

Mikal Andreassen

Hvordan sikre gode avhendinger mellom vognene i takttoget

Masteroppgave i byggeprosess

Veileder: Frode Drevland

Juni 2023



Mikal Andreassen

Hvordan sikre gode avhendinger mellom vognene i takttoget

Masteroppgave i byggeprosess
Veileder: Frode Drevland
Juni 2023

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



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Det siste tiåret har taktplanlegging opplevd økt oppmerksomhet innen miljøet for Lean construction og byggebransjen som helhet. Ved å dele prosjekter inn i taktområder og arbeidspakker som kan gjennomføres med fast frekvens, er taktplanlegging en metode for å strukturere produksjonen, med mål om å skape kontinuerlig flyt i prosjekter. Taktplanlegging illustreres ofte med et tog som beveger seg gjennom prosjektet, der hver vogn representerer en arbeidspakke. Hvis en vogn stopper, vil hele toget stoppe. Prosessen der en vogn er ferdig i et taktområde og neste vogn overtar området, blir i denne oppgaven omtalt som «avhending». Dersom det oppstår problemer med avhendingene, kan det forårsake forsinkelser og hindre kontinuerlig flyt. Litteraturen innenfor taktplanlegging sier lite om hvordan avhendinger bør gjennomføres og hvordan man kan legge til rette for gode avhendinger.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med entreprenørkonsernet Consto, som har benyttet taktplanlegging i en årrekke og ønsket å forbedre metoden sin ytterligere. Formålet til oppgaven var derfor å undersøke avhendinger ved taktproduksjon og svare på problemstillingen: *Hvordan kan man sikre gode avhendinger mellom vognene i takttog i Constos prosjekter?*

For å svare på problemstillingen ble det gjennomført et strukturert litteraturstudie for å avdekke hva litteraturen hadde å si om avhendinger. Videre ble det gjennomført et casestudie av prosjektet Nye Hammerfest Sykehus for å se nærmere på prosessen med avhendinger i Constos prosjekter. Casestudiet besto av intervjuer av representanter for forskjellige aktører involvert i taktplanen, støttet opp av et begrenset dokumentstudie av dokumenter fra prosjektet tilknyttet taktplanlegging.

Consto har en strategi om å benytte taktplanlegging i alle sine prosjekter og har utviklet en arbeidsmetode kalt Involverende Bygging i Consto (IBC), som gir retningslinjer for hvordan taktplaner bør utformes og følges opp. Ved utforming av taktplanen er blant annet involvering av de utførende viktig. Oppfølging av produksjonen blir gjort med en rekke møter, blant annet et kort daglig møte for å koordinere aktørene og avdekke problemer tidlig. Med bakgrunn i taktplanlegging ved Nye Hammerfest Sykehus identifiserte studien fire suksessfaktorer for bruk av taktplanlegging: god planlegging, involvering av utførende, oppfølging under gjennomføringen og god kommunikasjon mellom aktørene.

For å sikre god avhending av taktområder kan man se på problemene som oppstår ved avhending som symptomer på andre underliggende problemer. For å håndtere problemene har man derfor to alternativer, enten å hindre problemene i å oppstå, eller å lindre dem når de har oppstått. Det beste er å gjøre forebyggende tiltak rettet mot årsakene til at problemene oppstår. Når dette ikke er mulig, kan det iverksettes tiltak for å begrense effektene av problemene.

Problemer med avhending var hovedsakelig forårsaket av at arbeid ikke ble fullført i tide til avhending. Dette hadde igjen røtter i manglende materialer, utilstrekkelig bemanning eller at foregående arbeider ikke var fullført. Forebyggende tiltak adresserer disse problemene, for eksempel gjennom bruk av buffere eller hyppig oppfølging av framdriften. Tiltak for å begrense virkningen kan være å prioritere arbeid som andre er avhengige av, eller å nekte å overta taktområdet. Kommunikasjon mellom vognene ble også fremhevet som en nøkkel til mer fleksibel håndtering av problemer.

Abstract

In the past decade, takt planning has gained increased attention within the Lean construction community and the construction industry as a whole. Takt planning is a method to structure production with the aim of achieving continuous flow in projects by dividing projects into takt areas and work packages that can be executed at a fixed frequency. Takt planning is often illustrated by a train moving through the project, where each wagon represents a work package. If one wagon stops, the entire train stops. The process where one wagon completes work in a takt area and the next carriage takes over the area is referred to as "handoff" in this study. Problems with handoffs can cause delays and hinder continuous flow. However, the literature on takt planning provides limited guidance on how handovers should be conducted and how to facilitate effective handovers.

This study was conducted in collaboration with construction company Consto, which has been utilizing takt planning for many years, and aimed to further improve their method through this study. The purpose of the study was to examine handoffs in takt production and address the research question: How can good handovers between carriages in takt trains be ensured in Consto's projects?

To answer this research question, a structured literature review was conducted to explore what the literature had to say about handoffs. Additionally, a case study of the New Hammerfest Hospital project was carried out to examine the handover process in Consto's projects. The case study involved interviews with representatives from various stakeholders involved in the takt planning, supported by a limited document study of project documents related to takt planning.

Consto has a strategy to implement takt planning in all their projects and has developed a method called *Involverende Bygging i Consto (IBC)*, which provides guidelines on how takt plans should be designed and followed up. In the method, involvement of the stakeholders is important during the takt planning process. Production is monitored through a series of meetings, including a brief daily meeting to coordinate the stakeholders and identify issues early on. Based on takt planning at Nye Hammerfest Hospital, the study identified four success factors for the use of takt planning: good planning, involvement of the stakeholders, follow-up during construction, and effective communication between stakeholders.

To ensure proper handover of takt areas, problems that arise during handovers should be seen as symptoms of underlying issues. To address these problems, there are two alternatives: either prevent the problems from occurring or alleviate them once they have arisen. The best approach is to implement preventive measures aimed at addressing the root causes of the problems. When prevention is not possible, measures can be taken to limit the effects of the problems.

Issues with handovers were primarily caused by work not being completed in time for handover, which, in turn, stemmed from factors such as missing materials, inadequate staffing, or unfinished preceding tasks. Preventive measures tackle these problems include, using buffers or closely monitoring progress. Measures to limit the impact can include prioritizing work that others depend on or refusing to take over the takt area. Effective communication between wagons was also highlighted as a key factor for more flexible problem handling.

Forord

Denne masteroppgaven, skrevet våren 2023, markerer avslutningen for mitt femårige integrerte masterstudie innen Bygg- og Miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim.

Jeg ble introdusert for taktplanlegging første gang i forbindelse med sommerjobb hos Consto Nord AS i 2019. Dette var starten på min interesse for Lean construction og taktplanlegging. Siden den gang har jeg tilbragt ytterligere tre somrer i selskapet, alle med innslag av taktplanlegging. Bakgrunnen for denne masteroppgaven var derfor å følge opp denne interessen og bidra til videreutvikling av taktplanlegging i selskapet. I den anledning ønsker jeg å rette en takk til Consto Nord AS og Preben Røtvold for denne muligheten og samarbeidet i forbindelse med oppgaven. Jeg vil også takke intervjuobjektene som gledelig stilte opp og bidro til oppgaven.

En stor takk rettes også til Frode Drevland, min veileder fra NTNU, for veiledning både i prosjekt- og masteroppgaven, samarbeidet om konferanseartikkelen til IGLC, og lærerike semester som læringsassistent i emnet Praktisk prosjektledelse.

Ellers, ingen nevnt, ingen glemt.

Trondheim, juni 2023



Mikal Andreassen

Innhold

Figurer	xi
Tabeller	xi
Forkortelser	xi
1 Introduksjon	12
1.1 Bakgrunn for oppgaven	12
1.2 Formål og problemstilling	13
1.3 Avgrensninger	13
1.4 Oppgavens struktur	14
2 Teori	15
2.1 Produksjonsvitenskap	15
2.1.1 Variabilitet	16
2.1.2 Buffere	17
2.1.3 Push- og pull av arbeidsoppgaver	18
2.1.4 Syv forutsetninger for arbeid	19
2.1.5 Fagparader	19
2.1.6 Lokasjonsbasert planlegging	20
2.2 Taktplanlegging	21
2.2.1 Buffere ved taktplanlegging	22
2.2.2 Takt Time Planning	22
2.2.3 Takt Planning and Takt Control	23
2.3 Avhending av taktområder	24
2.3.1 Prosedyrer for avhending av taktområder	24
2.3.2 Problemer knyttet til avhending	24
2.3.3 Resultater av god avhending	27
3 Metode	29
3.1 Forskningsstrategi	29
3.2 Litteraturstudie	30
3.3 Casestudie	32
3.3.1 Intervjuer	33
3.3.2 Begrenset dokumentstudie	35
3.4 Vurdering av metode	35
3.5 Konferanseartikkel	37
3.6 Gjenbruk fra prosjektoppgave	38
4 Resultater	39
4.1 Casebeskrivelse Nye Hammerfest Sykehus	39

4.2	Erfaringer fra taktplanlegging ved Nye Hammerfest Sykehus	44
4.2.1	Underentreprenørenes opplevelse av taktplanlegging på prosjektet	44
4.2.2	Kontrakter tilpasset taktplanlegging	46
4.2.3	Bruk av buffere	47
4.2.4	Suksessfaktorer ved bruk av taktplanlegging	50
4.2.5	Effekter av å benytte taktplanlegging på prosjektet	53
4.3	Gjennomføring av avhendinger ved Nye Hammerfest Sykehus	55
4.3.1	Tidspunkt for avhending	55
4.3.2	Krav til taktområder ved avhending	57
4.4	Problemer relatert til avhending	58
4.4.1	Taktområdene var ikke klare til avhending	58
4.4.2	Arbeidet ble ikke ferdig i tide	59
4.4.3	Ta igjen arbeid	61
4.4.4	Arbeide i andres taktområder	62
4.5	Tiltak for bedre avhending	63
4.5.1	Tiltak for å forebygge problemer	63
4.5.2	Tiltak for å begrense virkningene av problemer	67
4.6	Oppsummering av resultater	71
5	Diskusjon	73
5.1	Taktplanlegging i Constos prosjekter	73
5.2	Proessen for avhending av taktområder	75
5.3	Tiltak for å sikre god avhending av taktområder	78
5.3.1	Tiltak for å forebygge problemer	78
5.3.2	Tiltak for å begrense virkningene av problemer	81
5.4	Begrensninger	82
6	Konklusjon	84
	Referanser	86
	Vedlegg	90

Figurer

Figur 1 Flytskjema for litteraturstudiet (Inspirert av Page et al., 2021).....	31
Figur 2 Utdrag av taktplanen for Nye Hammerfest Sykehus (Internt prosjektdokument gjengitt med tillatelse fra Consto).....	42
Figur 3 Taktområdene illustrert på en plantegning (Internt prosjektdokument gjengitt med tillatelse fra Consto)	43
Figur 4 Illustrasjon av taktplanen i StreamBIM	44
Figur 5 Oppsummering av resultater knyttet til FS1	71
Figur 6 Oppsummering av resultater knyttet til FS2	72
Figur 7 Oppsummering av resultater knyttet til FS3	72

Tabeller

Tabell 1 Oversikt over intervjuobjektene	33
Tabell 2 Kapitler med gjenbruk fra prosjektoppgaven	38
Tabell 3 Oversikt over aktørene i taktplanen	40

Forkortelser

BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
CPM	Critical Path Method
FS	Forskningsspørsmål
IBC	Involverende bygging i Consto
IGLC	The International Group for Lean Construction
LPS	The Last Planner® System
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
SSU	Standard Space Unit
TPTC	Takt Planning and Takt Control
TTP	Takt Time Planning

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Det siste tiåret har taktplanlegging opplevd økt oppmerksomhet både innen miljøet for Lean construction (Halttula & Seppänen, 2022) og byggebransjen som helhet (Lehtovaara et al., 2021). Metoden har blitt benyttet i flere land, eksempelvis USA (Frandsen et al., 2013), Tyskland (Haghsheno et al., 2016), Norge (Haugen et al., 2020; Vatne & Drevland, 2016) og Finland (Lehtovaara et al., 2020).

Begrepet takt er nok best kjent i forbindelse med musikk, hvor musikalske verk blir brutt ned i takter med en fast frekvens. (Haghsheno et al., 2016). Dette prinsippet har blitt overført til byggebransjen, hvor prosjekter blir brutt ned i arbeidspakker som kan gjennomføres med en fast frekvens. Det finnes flere fremgangsmåter for å gjennomføre prosjekter på denne måten, eksempelvis Takt Time Planning (Frandsen et al., 2013) og Takt Planning and Takt Control (Binninger et al., 2017). Begge har som mål å skape kontinuerlig flyt i prosjekter, ved å balansere arbeidspakker slik at de kan gjennomføres med en fast frekvens (Frandsen et al., 2013). Siden likehtene er mange, vil denne oppgaven omtale begge disse fremgangsmåtene med fellesbetegnelsen taktplanlegging.

Taktplanlegging illustreres gjerne med et tog (Haghsheno et al., 2016). En togvogn vil bestå av arbeidere hovedsakelig fra ett fag, som har faste arbeidsoppgaver. Organisert i en logisk rekkefølge og satt sammen til et tog, vil dermed alle arbeidsoppgavene være representert med en vogn i takttoget. Avhengigheten mellom vognene er illustrert ved at toget går på skinner, slik at ingen vogner kan passere hverandre. Bremses én vogn, vil hele takttoget bremse.

Taktplanlegging er en stegvis prosess der prosjektet blant annet deles inn i flere deler, kalt taktområder eller soner (Binninger et al., 2017; Frandsen et al., 2013). Toget beveger seg gjennom disse taktområdene i en forhåndsbestemt rekkefølge, slik at hver vogn er alene i ett taktområde av gangen. Tiden hver vogn har tilgjengelig i et taktområde kalles takttiden. Siden takttiden er den samme i alle taktområdene, må størrelsen på taktområdene justeres slik at arbeidsmengden for en vogn er lik i alle områdene. Prosessen der en vogn er ferdig i et taktområde, og at neste vogn overtar dette taktområdet, vil videre i oppgaven bli omtalt som «avhending». Mot slutten av hver takttid må hver vogn avhende taktområdet den er i til den påfølgende vognen.

Litteraturen om taktplanlegging omtaler noen problemer som kan oppstå i forbindelse med avhendinger. Lehtovaara et al. (2022) påpeker eksempelvis at arbeid som ikke blir ferdig i tide til avhending fører til forsinkelser som direkte påvirker de påfølgende vognene. Videre indikerer Frandsen et al. (2015) at problemer med avhendinger hindrer kontinuerlig flyt i taktproduksjonen. Flere påpeker også at gode avhendinger bidrar til å stabilisere produksjonen (Frandsen et al., 2014; Kujansuu et al., 2020; Lehtovaara et al., 2022) og gir mulighet for hyppig kvalitetssikring av utført arbeid (Frandsen et al., 2013; Haugen et al., 2020; Kalsaas et al., 2014; Lehtovaara et al., 2021; Tommelein & Emdanat, 2022). Til tross for dette avdekket litteraturstudiet gjennomført i forbindelse med oppgaven at litteraturen sier lite om hvordan avhendinger faktisk bør gjennomføres og hvordan man kan legge til rette for gode avhendinger.

Denne oppgaven er skrevet i samråd med entreprenørkonsernet Consto. De har benyttet taktplanlegging i en rekke prosjekter, blant annet to sykehusprosjekter, med stor suksess. Tilnærmingen de har til taktplanlegging har de utviklet selv basert på deres erfaringer, og går under navnet Involverende Bygging i Consto (IBC). Selv om metoden de benytter fungerer godt, ønsker de å bli enda bedre. I den anledning undersøkte Dahlberg og Drevland (2021) hvordan man kan unngå forsinkelsesparader ved taktproduksjon. Et av funnene var at avhending av uferdige taktområder kunne føre til flere forsinkelser videre i produksjonen. Consto hadde også opplevd at det var ved avhendinger at problemer kom til syne, og i jakten på å forbedre metoden sin for taktplanlegging ytterligere, ønsket de dermed å undersøke hvordan avhendinger kunne gjøres bedre.

1.2 Formål og problemstilling

Formålet med denne masteroppgaven er å undersøke avhendinger ved taktproduksjon i Consto, med sikte på å identifisere tiltak for å forbedre prosessen og sikre problemfrie avhendinger av taktområder mellom vognene. Oppgaven ønsker også å bidra til økt kunnskap om avhendinger i taktproduksjon generelt. Problemstillingen til oppgaven er derfor definert som følger:

«Hvordan kan man sikre gode avhendinger mellom vognene i takttog i Constos prosjekter?»

For å kunne utforske detaljene rundt hvordan avhendinger bør gjennomføres, er det nødvendig å forstå den større sammenhengen og dermed først bli kjent med hvordan taktplanlegging blir benyttet i Consto. Det er også få studier som gir en detaljert beskrivelse av hvordan taktplanlegging benyttes i selve produksjonen. Temaene til oppgavens forskningsspørsmål vil derfor være todelt, hvor det første forskningsspørsmålet tar for seg taktplanlegging mer generelt, mens de to siste ser nærmere på avhendinger. Forskningsspørsmålene (FS) blir dermed definert som følger:

FS1: Hvordan benytter Consto taktplanlegging i sine prosjekter?

FS2: Hvordan utføres avhending av taktområder?

FS3: Hvilke tiltak kan benyttes for å sikre god avhending av taktområder?

Ved å besvare disse forskningsspørsmålene vil oppgaven gi innsikt i både taktplanlegging og avhendinger, og bidra med forslag og tiltak som kan støtte opp under en vellykket taktproduksjon i Consto.

1.3 Avgrensninger

Gjennom problemstillingen blir oppgaven avgrenset til å se på bedriften Consto. Litteraturstudiet kan ikke svare på dette, og ser dermed mer generelt på avhendinger i taktproduksjon. Casestudiet er derimot rettet mot taktplanlegging og avhendinger i Consto. Videre er det gjort flere avgrensninger gjennom metodiske valg i Kapittel 3.

Siden temaet for oppgaven er avhendinger i taktproduksjon, som i seg selv er et begrenset fagfelt, ble det vurdert at ytterligere avgrensninger ikke var nødvendig. Dette vil bidra til å utforske temaet i sin helhet og muliggjøre en grundig analyse av relevante faktorer og utfordringer i forbindelse med avhendinger i taktproduksjon.

1.4 Oppgavens struktur

Oppgaven er delt inn i syv kapitler med tilhørende underkapitler.

Kapittel 1 Introduksjon

I introduksjonen gis det en bakgrunn for oppgaven. Videre blir formålet presentert sammen med problemstillingen som skal undersøkes og forskningsspørsmålene som skal bidra til dette. Så blir avgrensningene som er gjort i oppgaven kommentert. Til slutt beskrives oppgavens struktur kort, slik at leseren får en oversikt over hva som kommer.

Kapittel 2 Teori

I teorikapitlet legges det teoretiske grunnlaget for oppgaven. Først blir det sett på konsepter fra produksjonsvitenskapen, som variabilitet, buffere, fagparader og lokasjonsbasert planlegging. Deretter presenteres teorien om taktplanlegging, inkludert ulike metoder for taktplanlegging. Avslutningsvis presenteres resultatene fra det strukturerte litteraturstudiet om avhending av taktområder.

Kapittel 3 Metode

Metodekapitlet beskriver oppgavens valg av forskningsstrategi. Det gir en grundig gjennomgang av metodene som er brukt, inkludert innsamling og analyse av data. Her blir litteraturstudiet og casestudiet beskrevet, og metodene blir vurdert. I tillegg nevnes konferanseartikkelen som er utarbeidet, samt en oversikt over gjenbrukt materiale.

Kapittel 4 Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene fra oppgaven. Først gis det en gjennomgang av caseprosjektet. Deretter følger kapitlet en struktur basert på forskningsspørsmålene. Her diskuteres erfaringer fra taktplanlegging ved prosjektet, gjennomføring av avhendinger, problemer relatert til avhendinger og tiltak for bedre avhendinger.

Kapittel 5 Diskusjon

Diskusjonskapitlet drøfter resultatene og knytter dem opp mot teorien. Dette følger strukturen til forskningsspørsmålene og ser dermed på bruk av taktplanlegging i Consto, hvordan avhendinger utføres og tiltak for å sikre god avhending. Til slutt diskuteres også begrensningene til funnene i oppgaven.

Kapittel 6 Konklusjon

I konklusjonen oppsummeres oppgaven og de viktigste funnene blir presentert. Det gis også en omtale av videre arbeid som kan utføres basert på oppgavens resultater.

2 Teori

Mot slutten av 1950-tallet oppsto det en endring innen ledelsesvitenskapen hvor adferdsvitenskap, økonomi og kvantitativ modellering fikk økt oppmerksomhet (Koskela & Ballard, 2012). Som en følge av dette ble produksjonsvitenskapen ekskludert fra ledelsesvitenskapen og betraktet som et eget fagfelt. Lean Construction utfordrer dette tradisjonelle tankesettet ved å betrakte produksjon, ledelse og organisering som en helhetlig prosess. Innen Lean Construction finner vi taktplanlegging som metode nettopp for å planlegge, organisere og lede produksjonen i byggeprosjekter (Binninger et al., 2017). Gjennom taktplanlegging ønsker man å oppnå en jevn flyt i produksjonen, og for å oppnå dette benyttes grunnleggende prinsipper hentet fra produksjonsvitenskapen, som variabilitet og buffer.

Dette kapitlet har som formål å legge det teoretiske grunnlaget for å svare på oppgavens problemstilling ved å gi en grundig oversikt over relevant litteratur. For å oppnå dette, presenteres det først prinsipper fra produksjonsvitenskap som er relevante ved produksjon etter en taktplan. Dette inkluderer konsepter som variabilitet, buffere, push- og pull-tilnærminger for arbeidsoppgaver, forutsetninger for arbeid, fagparader, og lokasjonsbasert planlegging. Ved å forstå disse prinsippene, vil leseren kunne få innsikt i viktige faktorer som påvirker taktplanlegging og bruken av dette.

Videre gir kapitlet en innføring i taktplanlegging og hvordan de ulike typene av taktplanlegging gjennomføres. Dette inkluderer planlegging og produksjon etter Takt Time Planning og Takt Planning and Takt Control. Dette grunnlaget er viktig for å forstå de grunnleggende prinsippene rundt taktplanlegging, slik at man kan se nærmere på avhenginger.

Til slutt presenteres resultatene av det strukturerte litteraturstudiet, altså hva litteraturen sier om avhenging av taktområder. Dette delkapitlet vil derfor legge det teoretiske grunnlaget for å kunne gjennomføre casestudiet, diskutere resultatene av dette og dermed besvare problemstillingen.

2.1 Produksjonsvitenskap

Verket *Factory Physics* av Hopp og Spearman (2011) gir en grundig innføring i viktige prinsipper innen produksjonsvitenskap. Dette anerkjente verket er en vanlig kilde som dukker opp når prinsipper fra produksjonsteori omtales. Med fokus på produksjonsstyring gir boken en omfattende forståelse av blant annet variabilitet og buffere i et produksjonssystem. *Factory Physics* anses som en pålitelig ressurs som flere andre har benyttet som grunnlag for sine undersøkelser, og derfor vil denne kilden også danne grunnlaget for å beskrive prinsipper fra produksjonsteorien i denne oppgaven.

Ifølge Hopp og Spearman (2011, s. 203) er det avgjørende å forstå årsakene til variabilitet og bufferne som oppstår på grunn av variabilitet, for å kunne utvikle og styre effektive produksjonssystemer. I kjernen av Lean Construction ligger prinsippet om å redusere ikke-verdiskapende aktiviteter, altså sløsing (Koskela, 1992). Hvis man prøver å eliminere sløsing i et ledd i et produksjonssystem, men ikke har god nok forståelse for effektene av variabilitet og buffere, kan det føre til mer sløsing i et annet ledd (Hopp & Spearman, 2011, s. 202–203).

2.1.1 Variabilitet

Produksjonsvitenskap sier at et produksjonssystem transformerer ressurser til nye produkter for å møte etterspørselen etter produktet (Hopp & Spearman, 2011, s. 202–203). Produksjonssystemet blir derfor styrt av to faktorer: raten av etterspørsel etter produktet og raten på transformasjonen av ressursene. Den ideelle situasjonen er å ha lik rate for både transformasjon og etterspørsel, slik at transformasjonen i produksjonssystemet akkurat dekker etterspørselen etter produktet. I dette spesielle tilfellet vil ikke produksjonssystemet kreve noe ekstra inventar av ressurser, all kapasitet vil bli utnyttet, og det vil ikke være ventetid mellom arbeidsoppgavene. Altså vil ingenting i systemet være overflødig, og man har ingen sløsing. I den virkelige verden er ikke dette mulig å oppnå fordi variabilitet hele tiden endrer på raten av transformasjon og etterspørsel.

Hopp og Spearman (2011, s. 265) definerer variabilitet som mengden ulikhet innen en definert gruppe. Et eksempel de bruker er at en gruppe mennesker som alle veier det samme, ikke har variabilitet i vekt, og en gruppe der vekten spriker mye mellom menneskene, har stor variabilitet. For å vise effekten av variabilitet bruker Tommelein et al. (1998) terninger. En terning med bare tallet tre vil være uten variabilitet, mens en terning med halvparten enere og halvparten seksere vil ha stor variabilitet. Hopp og Spearman (2011, s. 265) påpeker dog at variabilitet ikke er det samme som tilfeldigheter, men at det henger sammen med sannsynligheten for at en hendelse inntreffer. Eksempler på variabilitet i et produksjonssystem kan derfor være hvor lang tid det tar å gjennomføre en oppgave, eller hvor ofte maskiner bryter sammen.

For å velge strategier for å lede produksjonssystemer i møte med variabilitet er det ifølge Hopp og Spearman (2011, s. 271–282, 307) viktig å forstå årsakene til variabiliteten. For å beskrive disse årsakene deler de variabilitet i to kategorier, prosessvariabilitet og produktvariabilitet.

Prosessvariabilitet kan igjen deles inn i transformasjonsvariabilitet og flytvariabilitet (Hopp & Spearman, 2011, s. 271–282). Begge er knyttet til variasjon i tiden det tar å fullføre en prosess. Ved en individuell arbeidsstasjon kalles variasjonen i tiden det tar å transformere en ressurs til et produkt for transformasjonsvariabilitet. I en fabrikk er det flere årsaker til denne variabiliteten. For eksempel vil det alltid være naturlig variasjon i gjennomføringstid uansett hvor godt kontrollert prosessen er. Dette skyldes forskjeller mellom personene som utfører oppgaven, maskinene og materialene som brukes. Den naturlige variabiliteten kan også skyldes at personen som utfører oppgaven bruker litt forskjellig tid hver gang. Derfor vil det være mindre variabilitet i automatiske operasjoner enn manuelle. Andre årsaker til transformasjonsvariabilitet kan være tilfeldige feil med maskinene eller at kvalitetsfeil i et produkt må rettes opp.

Flytvariabilitet er den andre typen prosessvariabilitet og beskriver variabiliteten i prosessen med å overføre ressurser mellom arbeidsstasjoner i et produksjonssystem (Hopp & Spearman, 2011, s. 271–282). Der transformasjonsvariabilitet beskriver variabiliteten i en enkelt oppgave, beskriver altså flytvariabiliteten sammenhengen mellom arbeidsstasjonene. Hvis en arbeidsstasjon oppstrøms i arbeidskjeden har stor variabilitet i sin produksjon, vil produktene som flyter til neste arbeidsstasjon også ha stor variabilitet. Dermed beskriver flytvariabilitet hvor jevnt ressurser kommer til og forlater arbeidsstasjoner.

Selv om byggeprosjekter skiller seg fra fabrikkproduksjon på enkelte områder, argumenterer Tommelein et al. (1998) for at mange av prinsippene som er utviklet for

fabrikkproduksjon, fortsatt gjelder i byggeprosjekter. En av forskjellene til byggeprosjekter er at produktet er stasjonært, mens arbeidsstasjonene beveger seg gjennom produktet. Dette gjør at det blir mer relevant å snakke om flytvariabilitet som flyten av arbeidere mellom områder med arbeidsoppgaver i byggeprosjekter.

Produktvariabilitet beskriver forskjellene mellom produktene som produseres, og skiller seg dermed fra prosessvariabilitet ved at det ikke avhenger av tid knyttet til produksjonsprosessen (Hopp & Spearman, 2011, s. 307). Mens man har begrenset kontroll over prosessvariabilitet, har man større grad av kontroll over produktvariabilitet. En bilprodusent kan for eksempel bestemme hvor mange farger en bil skal tilbys i. Ofte er det dog kundenes ønsker som styrer produktvariabiliteten. Selv om variasjoner øker mengden variabilitet i systemet, kan det gjøre produktet mer ettertraktet, slik at produktvariabilitet også kan være positivt. På den andre siden er prosessvariabilitet hovedsakelig negativt. Et grunnleggende prinsipp innenfor Lean Construction er dog å redusere mengden variabilitet i systemet, også produktvariabilitet (Koskela, 1992).

En grunn til å begrense variabiliteten i produksjonssystemer er at den forplanter seg gjennom systemet. (Hopp & Spearman, 2011, s. 306–309). Produktvariabilitet kan for eksempel føre til forskjeller i tiden det tar en arbeidsstasjon å produsere et produkt. Det resulterer altså i økt transformasjonsvariabilitet. Dette kan igjen føre til økt flytvariabilitet da det vil variere når produktet kan sendes videre til neste arbeidsstasjon. Loven om variabilitet fastslår derfor at større variabilitet alltid vil redusere ytelsen til et produksjonssystem. Dette støtter også Tommelein et al. (1998) som mener at variabilitet har større og mer skadelig effekt tidlig i produksjonssystemet, da dette vil påvirke flere av de nedstrøms arbeidsstasjonene.

2.1.2 Buffere

I et ideelt produksjonssystem, der raten av transformasjon er lik raten av etterspørsel, ville det ikke være behov for ekstra inventar av ressurser. All kapasitet i systemet ville bli utnyttet, og det ville ikke være ventetid i produksjonssystemet. På grunn av variabilitet kan ikke dette ideelle produksjonssystemet eksistere. Derfor definerte Hopp og Spearman (2011, s. 309) bufferloven, som sier at variabilitet i et system alltid vil bli bufret av enten tid, kapasitet eller inventar. En buffer kan defineres som ekstra tilgjengelige ressurser som har til hensikt å korrigere for forskjellen mellom transformasjon og etterspørsel i et produksjonssystem (Hopp & Spearman, 2011, s. 202). Disse ekstra ressursene kan ses på som sløsing, men er likevel uunngåelige på grunn bufferloven og dermed variabiliteten i systemet. Selv om buffere oppstår på grunn av variabilitet, kan de også ses på som et tiltak for å håndtere variabiliteten.

Det er ikke mulig å hindre variabilitet i å redusere ytelsen til et produksjonssystem (Hopp & Spearman, 2011, s. 306–309). Imidlertid kan effekten av variabilitet begrenses ved å innføre buffere i produksjonssystemet. Som tidligere nevnt kan buffere oppstå i tre forskjellige former: tid, kapasitet og inventar. Ved å bevisst legge inn noen av disse bufferne i produksjonssystemet kan man kontrollere hvordan variabilitet utfolder seg i systemet, og dermed unngå uønskede konsekvenser. Valget av hvilke type buffere som bør benyttes, avhenger av situasjonen og variabiliteten man ønsker å håndtere.

Som navnet tilsier, er tidsbuffere det at en prosess har ekstra tid til rådgighet (Hopp & Spearman, 2011, s. 306–309). Hvis en oppgave gjennomsnittlig tar ti minutter å gjennomføre, men man setter av et kvarter, har man en fem minutters tidsbuffer i tilfellet tidsbruken varierer. På samme måte er kapasitetsbuffere ekstra kapasitet, som

for eksempel å ha tre arbeidere tilgjengelig for en oppgave som normalt bare trenger to. Inventarbufferne er igjen tilsvarende, men at man for eksempel har ekstra materialer tilgjengelig om nødvendig. Som at et byggesett sender med noen ekstra skruer i tilfellet man skulle miste noen.

En videreføring av bufferloven sier at økende variabilitet i et produksjonssystem også øker størrelsen på bufferne i systemet (Hopp & Spearman, 2011, s. 309, 313–314). Størrelsen på bufferne kan dog begrenses ved å bruke mer fleksible buffere. Bufferfleksibilitet er et begrep som beskriver hvor allsidig en buffer er, altså hvor godt en enkelt buffer kan håndtere flere typer variabilitet i et system. Et eksempel kan være ekstra kapasitet med tverrfaglige arbeidere, som dermed kan bistå flere typer arbeidsstasjoner ved behov. En fleksibel buffer vil ha større sannsynlighet for å være til nytte når behovet oppstår, og vil på denne måten redusere antall buffere som er nødvendig for å håndtere variabiliteten i et system.

I konteksten av planlegging av byggeprosjekter, nevner Frandson et al. (2015) fire typer buffere. I tillegg til tids- og kapasitetsbufferne, trekkes plass og ekstra arbeidsoppgaver fram som buffere. Imidlertid argumentere Hopp og Spearman (2011) for at det bare finnes tre hovedtyper, nemlig de tidligere nevnte tid, kapasitet og inventar. Både plass og ekstra arbeidsoppgaver kan derfor anses som en form for inventarbuffer. Grunnen til at Frandson et al. (2015) trekker fram akkurat plass og ekstra arbeidsoppgaver som buffere er at disse i tillegg til kapasitetsbufferne benyttes spesifikt for å bufre variabiliteten i taktplaner.

2.1.3 Push- og pull av arbeidsoppgaver

Hopp og Spearman (2011, s. 356–359) beskriver to forskjellige måter å bestemme når arbeidsoppgaver skal bli gjort tilgjengelige i et produksjonssystem. Den mest tradisjonelle og mest brukte metoden er push. I et system basert på push, frigjøres arbeid etter en plan som er laget på grunnlag av estimater for når oppgaven kan gjennomføres. I et byggeprosjekt vil for eksempel en fremdriftsplan som angir datoer for når forskjellige arbeidsoppgaver skal gjennomføres, benytte prinsippet push.

På den andre siden finnes det systemer som benytter pull, hvor frigivelse av arbeid godkjennes basert på informasjon fra systemet selv (Hopp & Spearman, 2011, s. 356–359). Et eksempel på dette i et byggeprosjekt kan være at tømreren gir beskjed til maleren når de er ferdig og det er klart for maleren til å begynne med arbeidet sitt. I et system basert på pull er det altså ikke fastsatt et tidspunkt i en plan når maleren skal begynne, men de venter på å bli dratt inn når systemet sier at det er klart for de til å begynne arbeidet.

Forskjellen mellom push og pull er altså at ved push planlegges frigivelse av arbeidsoppgaver basert på informasjon utenfra systemet, som regel estimater. Ved pull blir frigivelse av arbeidsoppgaver godkjent basert på informasjon fra systemet selv, som at tømreren varsler maleren. I realiteten bruker de fleste produksjonssystemer en kombinasjon av både push og pull (Hopp & Spearman, 2011, s. 356–359). I eksempelet ovenfor ville man med push laget en plan som angir nøyaktig tidspunkt for når maleren skal begynne sitt arbeid. Med bare push, ville maleren begynt på sin arbeidsoppgave selv om ikke tømreren var ferdig med sin oppgave. I virkeligheten ville maleren ha varslet om at tømreren ikke var ferdig, og heller ventet på å bli dratt inn når det ble klart for deres arbeid. Dette kan da betraktes som pull, fordi den bruker informasjon fra systemet selv om at tømreren ikke er ferdig, til å avgjøre når arbeidsoppgaven kan gjennomføres.

Både push og pull har sine styrker, og i et byggeprosjekt vil det være behov for en plan som viser når de forskjellige arbeidsoppgavene skal utføres, slik at de utførende vet når de må være til stedet. Push er dermed bra fordi det gir en tydelig oversikt over arbeidsoppgavene og når de skal utføres. Imidlertid vil ren push ikke få informasjon tilbake fra systemet, slik at maleren vil møte opp på den oppsatte datoen i planen, uansett om tømmeren ikke er ferdig, eller om den ble mye tidligere enn planlagt. Fordelen med pull er at det bruker informasjon om systemets status for å frigi arbeidsoppgaver, slik at maleren vil bli tilkalt akkurat når den trengs. Dette vil unngå en ansamling av arbeidere som står i kø og venter på arbeid ved en forsinkelse, og tillater også at arbeid kan starte tidligere om noen blir ferdig tidligere enn forventet. Ulempen er at de utførende aldri vil vite nøyaktig når de trengs, slik at det vil være vanskelig for de å planlegge arbeidshverdagen. I praksis kan det være vanskelig å benytte ren pull, og derfor brukes gjerne begge prinsippene sammen.

2.1.4 Syv forutsetninger for arbeid

Byggeprosjekter består av en lang rekke arbeidsoperasjoner, som igjen krever at en rekke faktorer er på plass for å kunne gjennomføres (Koskela, 1999). For å sikre at arbeidet kan utføres som ønsket, er det derfor avgjørende å ha kontroll på alle forutsetningene som må være på plass. Selv om det kan være mange ressurser som er nødvendig for å utføre en enkelt oppgave, kan alle disse oppsummeres i syv forutsetninger:

1. Foregående arbeider må være ferdigstilt.
2. Informasjonen som er nødvendig for å utføre oppgaven må være tilgjengelig.
3. Mannskapet som skal utføre oppgaven må være på plass og ha riktig kompetanse.
4. Materialene og andre deler som skal benyttes, må være på plass.
5. Utstyret som skal benyttes, må være på plass og tilpasset oppgaven som skal utføres.
6. Plassen der arbeidet skal utføres må være tilgjengelig.
7. Ytre forhold må ligge til rette for at oppgaven kan utføres.

Hvis disse forutsetningene ikke er på plass, men arbeidsoppgavene likevel utføres, kan dette ifølge Koskela (1999) skade produktiviteten på flere måter. Hvis de foregående arbeidene ikke er ferdigstilt, kan det for eksempel føre til at arbeidsoppgavene må utføres i en ugunstig rekkefølge. Manglende mannskap eller kompetanse hos mannskapet, kan føre til at oppgaven tar lengre tid eller utføres feil. Arbeidet kan også oppleve at det må starte og stoppe flere ganger i påvente av informasjon, materialer eller utstyr. Å sikre at forutsetningene er på plass før arbeidet begynner, kan dermed sikre produktiviteten og hindre sløsing av ressurser.

2.1.5 Fagparader

Byggeprosjekter involverer som regel flere utførende fra forskjellige fag. Arbeidsoppgavene til de forskjellige fagene henger sammen, og må dermed gjennomføres i en spesiell rekkefølge. Arbeidsflyten i byggeprosjekter kjennetegnes derfor av kjeder med sammenhengende arbeidsoppgaver. Når et fag er ferdig med en oppgave, avhendes området til neste fag, slik at de stegvis jobber seg gjennom områdene i bygget. Dette kan sammenlignes med et samleband i fabrikkproduksjon, bare at arbeidet beveger seg og ikke produktet. Disse kjedene med avhengige arbeidsoppgaver kaller Tommelein et al. (1998) fagparader. Det finnes flere slike

fagparader i et byggeprosjekt, og utførelsen av bæresystemet, det tekniske anlegget og interiørarbeidet blir dratt frem som eksempel.

Rekkefølgen av arbeidsoppgavene i en fagparade har en logisk sammenheng. Stenderverk, skjultanlegg og gips må naturligvis være på plass før maleren kan begynne. Enkelte fagparader har strengere krav til rekkefølgen enn andre (Tommelein et al., 1998). Bæresystemet er eksempelvis påvirket av tyngdekraften, slik at dekker ikke kan støpes før forskalingen er montert. De minst fleksible oppgavene bør også gjennomføres tidlig i fagparaden. Et eksempel som dras frem, er at store ventilasjonsrør bør monteres før de mindre og mer fleksible føringene for det elektriske systemet. Dersom en arbeidsoppgave begrenser tilgangen for en annen, vil dette også påvirke rekkefølgen. I trange og arbeidsintensive områder er dessuten rekkefølgen arbeidet utføres viktigere enn i enklere områder.

Begrensningene og avhengighetene i fagparaden legger altså mange føringer som må hensyntas i planlegging. Enkelte disipliner må dele opp arbeidet og opptre flere ganger i samme fagparade (Tommelein et al., 1998). Elektrikeren må for eksempel montere skjultanlegget i starten av fagparaden, for senere å returnere og komplettere det elektriske anlegget. Planlegging blir ikke mindre kompleks av at forskjellige fagparader beveger seg med ulik hastighet og retning gjennom bygget. Bæresystemet må for eksempel begynne med fundamentene, mens interiøret kanskje bør begynne i øverste etasje.

Tommelein et al. (1998) uttrykker at fagparader er et kjent fenomen i byggebransjen, og som regel blir tatt hensyn til i planlegging av byggeprosjekter. På grunn av kompleksiteten av disse paradene, kan planleggingen ende opp med at fagene bare skal følge i helene på det foregående faget. Siden arbeidsoppgavene tar forskjellig tid og man ikke kan jobbe forbi de foregående fagene, vil man ikke kunne jobbe raskere enn det tregeste faget. Fremdriften til fagparaden er altså avhengig av helheten, noe som skaper ujevn arbeidsflyt og mannskapspådrag. Det kan også skade produktiviteten til de enkelte fagene, og er vanskelig å følge opp og planlegge med tradisjonelle aktivitetsbaserte planleggingsmetoder som Critical Path Method (CPM). På grunn av avhengigheten mellom fagene vil forsinkelser raskt forplante seg bakover i fagparaden. Det er derfor ønskelig å legge til rette for pålitelige avhendinger av arbeid mellom fagene.

2.1.6 Lokasjonsbasert planlegging

For å redusere tidsbruk og kostnader i byggeprosjekter har flere prøvd å overføre prinsipper fra andre bransjer til byggebransjen (Ballard & Howell, 1998). Utfordringen med dette er de fundamentale forskjellene mellom byggeprosjekter og eksempelvis mer tradisjonell fabrikkproduksjon. Koskela (1992) karakteriserer byggeprosjekter som unike produkter, laget av en midlertidig og flerdisiplinert organisasjon, på plassen det skal leveres. Noen av disse karakteristikkene finner man igjen i andre bransjer. Ballard og Howell (1998) mente derfor at de viktigste karakteristikkene for byggebransjen var at produktene måtte produseres på plass, og i omgivelser man ikke selv bestemmer. I motsetning til i fabrikker, kan man altså ikke sende produktet på et samlebånd mellom arbeidsstasjoner, men arbeidsstasjonene må bevege seg rundt i produktet. Frandson et al. (2015) uttrykker derfor at plass til å arbeide er en viktig ressurs i planlegging av byggeprosjekter. En måte å utnytte disse egenskapene til byggeprosjekter er gjennom lokasjonsbasert planlegging (Kenley, 2004).

Ifølge Kenley (2004) har planleggingsverktøy som regel to forskjellige tilnærminger. Den tradisjonelt sett mest brukte er aktivitetsbasert planlegging. Her brytes arbeid ned i et nettverk av aktiviteter med logiske sammenhenger. Et eksempel er CPM, hvor sammenhengen mellom, og varigheten av aktivitetene gir en kritisk linje som bestemmer gjennomføringstiden. Slike metoder presenteres gjerne i Gantt-diagram med aktiviteter på en akse, og tid på den andre. Opphavet til aktivitetsbaserte planleggingsmetoder kan spores tilbake til store prosjekter med mange mindre deler produsert på forskjellige steder, som til slutt ble satt sammen til et ferdig produkt. Karakteristikkene til slike prosjekter har lite til felles med byggeprosjekter, og kan forklare hvorfor disse metodene ikke alltid er egnet i byggeprosjekter.

Den andre, mindre utbredte tilnærmingen kaller Kenley (2004) lokasjonsbasert planlegging. Denne tilnærmingen tar høyde for at karakteristikkene til byggeprosjekter er knyttet opp mot lokasjoner, og legger dermed til rette for å utnytte plass som en ressurs. Arbeidet brytes ned i områder, og deretter aktiviteter som må gjennomføres i disse områdene. Slike planer har lokasjoner på akse hvor aktivitetsbasert planlegging har aktiviteter, og tid på den andre (Haghsheno et al., 2016). På denne måten blir det synlig hvilke aktiviteter som til enhver tid pågår i de forskjellige områdene. Dette gjør det mulig å styre produksjonen etter hvordan den beveger seg gjennom produktet, noe som bidrar til økt arbeidsflyt (Kenley, 2004). Strukturen til metoden legger også til rette for å utnytte de repetitive arbeidsoperasjonene i byggeprosjekter, eksempelvis like og gjentakende etasjer.

2.2 Taktplanlegging

Taktplanlegging har i senere tid blitt en av de mest utbredte formene for lokasjonsbasert planlegging (Frandsen et al., 2015). En taktplan er en måte å strukturere arbeid på (Tommelein, 2017), gjerne bygget opp rundt fagparadene (Frandsen et al., 2013). For å illustrere illustrerer takt, kan det kalles hjerterytmen til et produksjonssystem (Tommelein, 2017). Et fundamentalt prinsipp er at frekvensen til takten, takttiden, skal balansere produksjonsraten mot etterspørselen (Binninger et al., 2017; Frandsen et al., 2013). Etterspørselen kan i byggeprosjekter for eksempel være tiden kunden har satt av til bygging (Frandsen et al., 2013). Fra denne oppstår det en nødvendig takttid produksjonen må følge for å bli ferdig i tide. Den jevne produksjonstakten skal hovedsakelig bidra til at arbeid opplever en kontinuerlig flyt gjennom taktområdene (Binninger et al., 2017; Frandsen et al., 2013; Haghsheno et al., 2016; Tommelein, 2017), men ifølge Frandsen et al. (2013) er det også flere effekter av taktplanlegging:

- Gjennomføringen blir tilpasset ønskene til alle involverte, på grunn av samspillet mellom fagene i planleggingsfasen.
- Alle vet nøyaktig hvor de skal jobbe til enhver tid.
- Fokuset kan rettes mot planlegging innad i vognene, siden det ikke er behov for mer koordinering mellom vognene.
- Pålitelige planer gjør at arbeidet kan planlegges i mer detalj, og at det ikke blir behov for å planlegge for uforutsette hendelser.
- Øyeblikkelig tilbakemelding på fremdrift og kvalitet gjennom avhendinger.
- Økt produktivitet på grunn av det ovennevnte.

I tillegg til dette bidrar taktplanlegging til standardisering, jevnt arbeidspådrag (Tommelein, 2017), mindre overproduksjon, kortere ledetid, færre lagrede materialer, redusert ventetid (Haghsheno et al., 2016) og mindre partistørrelser (Frandsen & Tommelein, 2016).

2.2.1 Buffere ved taktplanlegging

Noe som skiller taktplanlegging fra andre typer lokasjonsbasert planlegging, er typen buffer som hovedsakelig benyttes (Frandsen et al., 2015). Dlouhy et al. (2019) viser at buffer kommer i flere former, men formålet er at alle skal kompensere for variabilitet som kan påvirke produksjonen. Målet til taktplanlegging om kontinuerlig flyt gjør ifølge Linnik et al. (2013) at man burde søke å minimere «arbeid som venter på arbeidere». Annen lokasjonsbasert planlegging fokuserer gjerne på å minimere «Arbeidere som venter på arbeid», og benytter derfor tidsbuffer for å sikre at det alltid er arbeid tilgjengelig for arbeiderne. Den viktigste typen buffer i taktplanlegging er kapasitetsbuffer (Tommelein, 2017). Siden alle vognene skal produsere med samme hastighet og avhende områdene sine samtidig, er det avgjørende at alle vognene planlegges med nok arbeidskapasitet til å bli ferdig i tide. Ideelt sett bør dermed hver vogn ha litt tid til overs før avhending. Siden produksjonen ikke er helt pålitelig, men utsatt for variabilitet, fungerer denne ekstra arbeidskapasiteten som en buffer som sikrer at vognen likevel blir ferdig i tide til avhending.

2.2.2 Takt Time Planning

Taktplanlegging ses gjerne på som én konkret metode. Sannheten er at tilnærmingen til taktproduksjon varierer mye fra land til land (Binninger et al., 2017). Det er også rapportert om store forskjeller mellom forskjellige selskaper som benytter takt (Gardarsson et al., 2019). De største miljøene med egne tilnærminger er knyttet til USA ved Berkley i California, og Tyskland ved Karlsruhe Institute of Technology.

Takt Time Planning (TTP) er en av tilnærmingene til bruk av takt. Med utløp i California ble metoden først utprøvd på prosjekter i San Franciscos Bay Area (Tommelein, 2017). Tilnærmingen skiller seg fra den tyske, og kjennetegnes ved at planleggingen gjøres fra bunnen av og opp «bottom-up» (Halttula & Seppänen, 2022; Sahlberg et al., 2021). I dette ligger det involvering av de som står for utførelsen i planleggingen (Frandsen et al., 2013). Å lytte til innspillene fra de utførende er essensielt, og produksjonen kan dermed tilpasses deres ønsker og behov. Involvering er funnet til å bidra til større engasjement og eierskap til planen, slik at planpåliteligheten også øker (Lehtovaara et al., 2021; Sahlberg et al., 2021).

Både Frandsen et al. (2015) og Tommelein (2017) peker på plass som en ressurs, og dette er noe av bakgrunnen for TTP. Ved å utnytte plass kan blant annet partistørrelsene i produksjonen reduseres, og produktiviteten til arbeiderne øke siden de får jobbe uforstyrret i et område. Tommelein (2017) legger frem fem mål ved å benytte TPP:

1. Alle fag får jobbe slik de ønsker.
2. Fast størrelse på arbeidslag, med jevn, uforstyrret arbeidsflyt.
3. Fag unngår å måtte jobbe samme plass som andre.
4. Avhendinger blir gjort i tide.
5. En rask, men balansert produksjon.

Taktplanlegging i henhold til TTP gjennomføres ifølge Frandsen et al. (2013) gjennom iterasjon av seks steg:

Steg 1 Samle informasjon: Alle de forskjellige fagene beskriver alle arbeidsoppgavene de skal utføre, og hvor det skal utføres.

Steg 2 Definere taktområder: Prosjektet deles inn i taktområder, også kjent som soner, slik at hvert enkelt fag opplever en jevn arbeidsmengde i taktområdene. Dette er

ønskelig siden takttiden er konstant, og tidsbruken for et fag derfor burde være tilnærmet lik i alle taktområdene.

Steg 3 Forstå rekkefølgen på arbeidet: Arbeidsoppgavene til alle fagene i hvert taktområde settes i rekkefølge etter hvordan de må utføres. Dette har gjerne en sammenheng med fagparadene, og de nøyaktige sekvensene for arbeid må struktureres.

Steg 4 Balansere arbeidsflyten: Med utgangspunkt i taktområdene og rekkefølgen på arbeidet kan arbeidsflyten balanseres. Er det store variasjoner i arbeidsmengde mellom taktområdene eller fagene kan dette justeres, for eksempel ved å justere på taktområdene.

Steg 5 Forstå tidsbruken til fagene: Takttiden blir valgt basert på stegene over, og hvert fag justerer antall arbeidere og utførelsesmetoder for å tilpasse seg takttiden.

Steg 6 Produksjonsplanlegging: Her planlegges selve utførelsen, og arbeidsoppgavene blir gjennomgått i detalj for å avdekke problemer, og gjøre det lettere å kontrollere utførelsen underveis.

2.2.3 Takt Planning and Takt Control

Takt Planning and Takt Control (TPTC) er en annen tilnærming til takt. Med røtter i tysk industri på 70-tallet, har selskaper fra bilindustrien videreutviklet dette til byggebransjen med hjelp av representanter fra Karlsruher Institute of Technology (Binninger et al., 2017). I motsetning til TTP, utføres TPTC tydelig ovenfra og ned, «Top-down» (Halttula & Seppänen, 2022; Sahlberg et al., 2021). Planleggingen gjøres hovedsakelig av eksperter med utgangspunkt i referansetall, og de utførende blir involvert senere i prosessen. Repetisjon er viktigere i TPTC, og metoden ble utviklet for bygg med mye repetisjon, som hoteller (Binninger et al., 2017). Dette finner man igjen ved at områdene deles inn i de minste repetitive delene av prosjekter, kalt Standard Space Unit (SSU). Haghsheno et al. (2016) argumenterer for at man kan finne repetisjon i alle prosjekter, og TPTC dermed er relevant for alle typer prosjekter.

Taktplanlegging med TPTC benytter tolv steg beskrevet av Binninger et al. (2017):

1. Definere områder etter funksjon, eksempelvis kontorer, forretningslokaler eller lager.
2. Definere hvordan disse områdene skal prioriteres. Her tas det hensyn til kundens behov.
3. Velg et område.
4. Definere alle SSUer området kan deles inn i.
5. Definere arbeidsoppgavene i hver SSU.
6. Regne ut hvor mye arbeid det er i hver arbeidsoppgave.
7. Dele arbeidsoppgavene inn i tydelige deloppgaver.
8. Taktområder deles inn ved å kombinere SSUer, og takttiden bestemmes.
9. Justering av variabler for å oppnå jevn flyt.
10. Arbeidsoppgavene slås sammen til egnede vogner med arbeid som kan utføres samtidig.
11. Steg 3 til 10 gjentas for alle områdene.
12. Samle dette og utarbeide en endelig taktplan.

Takt Control er en viktig del av TPTC, og handler om å kontrollere produksjonen fra der verdien skapes, på byggeplassen (Binninger et al., 2017). I dette ligger det daglige

møter der ledelsen møter de utførende og fremdriften til hver vogn presenteres. På denne måten kan man koordinere fagene og oppdage problemer tidlig.

2.3 Avhending av taktområder

Til tross for at den eksisterende litteraturen tar for seg mange viktige aspekter rundt taktplanlegging, ble det gjennom et omfattende litteraturstudie dette delkapitteler er resultatet av, ikke funnet noen verk som spesifikt ser på avhending av taktområder mellom vognene i takttoget. Blant litteraturen som nevner noe med avhendinger omhandlet de fleste forskjellige momenter knyttet til planlegging og gjennomføring av taktplaner. Noe av denne litteraturen handlet også om mer generelle planleggingsmetoder innen bygg og anlegg.

Selv om litteraturen om taktplanlegging har bidragsytere fra hele verden, er litteraturen som sier noe om avhending hovedsakelig knyttet til tre internasjonale fagmiljøer: Det amerikanske tilknyttet Berkley (Frandsen et al., 2013, 2014, 2015; Frandsen & Tommelein, 2016; Linnik et al., 2013; Salem et al., 2018; Tommelein & Emdanat, 2022), det finske tilknyttet Aalto University (Keskiniva et al., 2021, 2022; Kujansuu et al., 2020; Lehtovaara et al., 2020, 2021, 2022) og det norske tilknyttet NTNU (Dahlberg & Drevland, 2021; Gardarsson et al., 2019; Haugen et al., 2020). Det tyske miljøet rundt metoden Takt Planning and Takt Control står riktignok bak mye litteratur knyttet til taktplanlegging, men ingen av disse tar for seg avhending spesifikt.

2.3.1 Prosedyrer for avhending av taktområder

Blant litteraturen om avhending, er det lite som blir sagt om selve prosedyrene for avhending. Kujansuu et al. (2020) undersøkte et prosjekt som benyttet takttid på en uke. Bidragsyterne på prosjektet var fornøyde med dette og syntes at dette passet godt med deres kjente ukentlige rutiner. Den siste dagen i arbeidsuken ble her benyttet til å ferdigstille taktområdene, inspisere arbeidet og gjøre seg klar til å avhende taktområdene. Den ene entreprenøren Gardarsson et al. (2019) undersøkte, støttet også bruken av ukestakt med oppstart i et taktområde på mandager og avhendinger på fredager.

Utenom disse studiene er det bare Haugen et al. (2020) som sier noe om prosedyrene for avhending som er benyttet i reelle prosjekter. Disse prosedyrene ble imidlertid benyttet for å gjennomføre en studie om bruken av taktplaner. For å samle inn data ble det benyttet en avhendingsprotokoll. For å sikre at pålitelig data ble protokollen laget i fellesskap mellom vognen som var ferdig, og vognen som skulle ta over et taktområde. I protokollen ble det blant annet loggført om taktområdet var ryddet, om det var 100% ferdig, om vognen hadde måtte gjøre omarbeid i tidligere taktområder og om arbeidet ble gjennomført innenfor normale arbeidstimer. Hvis taktområdet var ryddet og 100% ferdig ble det kalt en perfekt avhending, og den påfølgende vognen skulle dermed kunne jobbe helt uavhengig den foregående. Det ble dog lagt merke til at det var nødvendig med oppfølging fra ledelsen for å sikre at protokollene faktisk ble levert, men at det var en god måte å dokumentere avhendingene.

2.3.2 Problemer knyttet til avhending

Selv om litteraturen sier lite om hvordan avhendinger burde gjennomføres i prosjekter, tar den for seg noe om problemer tilknyttet avhending. Lehtovaara et al. (2022) trekker frem flere årsaker til problemer med avhending, som arbeid som ikke blir ferdig i tide, ikke blir helt ferdigstilt, har for dårlig kvalitet, er i en ulogisk produksjonssekvens eller

mangler forutsetninger til å bli gjennomført. Yaw et al. (2020) påpeker også at et større antall avhendinger gir flere sjanser til å ha problemer med avhendingen. Intervjuobjektene til Dahlberg og Drevland (2021) mente at forsinkelser i leveranser av materialer, utstyr og andre nødvendige forutsetninger var den vanligste grunnen til at arbeid ikke ble ferdig i tide, og dermed at taktområder ikke ble avhendet. Å ikke bli ferdig i tide til avhending går dermed igjen i flere artikler.

Taktområder ikke fullført i tide til avhending

For å oppnå de ønskede effektene ved taktplanlegging, som jevn flyt i produksjonen, må alle vognene fullføre arbeidet sitt innen det satte tidspunktet for avhending (Frandsen et al., 2015). Dersom arbeidet i en vogn blir forsinket og taktområdet ikke blir avhendet, vil dette umiddelbart påvirke den påfølgende vognen (Lehtovaara et al., 2022). For å sikre at taktområder blir ferdige, og dermed avhendet i tide, benytter taktplanlegging som nevnt i Kapittel 2.2.1 kapasitetsbufferne (Frandsen et al., 2015).

Vognene i takttoget bør planlegge med at bare 70-80% av den tilgjengelige arbeidskapasiteten blir benyttet i et taktområde (Lehtovaara et al., 2021). På denne måten kan variabiliteten i arbeidsmengde håndteres, og forsinkelser unngås. På grunn av denne ekstra kapasiteten, vil arbeidet i teorien ta kortere tid enn takttiden. Denne ekstra tiden er ikke bortkastet, men kan bli benyttet til for eksempel å forberede taktområdet til avhending, bistå taktområder som ikke er ferdige, rette opp i tidligere arbeid, jobbe i bufferområder, eller benyttes til arbeid med kvalitetssikring, innovasjon og kontinuerlig forbedring (Frandsen et al., 2015; Lehtovaara et al., 2021, 2022). Lehtovaara et al. (2021) så også en sammenheng med god produksjonskontroll og prosjektene som klarte å benytte denne ekstra kapasiteten.

Undersøkelsene til Kujansuu et al. (2020) indikerer at produksjonen blir mer stabil når det legges mer innsats i avhendingen mellom vognene. Lehtovaara et al. (2022) og Frandsen et al. (2014) støtter begge opp under påstanden at de tydelige avhendingene ved bruk av taktplanlegging bidrar til en mer oversiktlig og stabil produksjon. For å oppnå denne stabiliteten, og sikre at taktområdene er klare til avhending, påpeker Lehtovaara et al. (2022) viktigheten av produksjonskontroll. I dette ligger det møter, målinger og visuelle hjelpemidler som indikerer om vognene er i rute til å bli ferdige i tide eller ikke.

Ifølge Frandsen et al. (2015) er det avgjørende å kontrollere fremdriften med kortere intervaller enn takttiden for å tidligst mulig avgjøre om avhendingene vil bli gjennomført til planlagt tid. I praksis kan dette gjøres gjennom korte daglige møter kalt «daily huddles», som har som mål å koordinere vognene og avdekke problemer, slik at alle vognene skal fullføre arbeidet sitt i tide til avhending (Frandsen et al., 2013; Lehtovaara et al., 2020). Ved lengre takttider, som ukestakt, kan også ukentlige møter benyttes til produksjonskontroll (Dahlberg & Drevland, 2021). Disse møtene holdes halvveis gjennom takttiden slik at forsinkelser blir oppdaget mens det fortsatt er tid til å gjøre tiltak for å sikre at avhendingen skjer i tide. Dersom det ikke er mulig å innhente forsinkelsen innen takttiden, kan et mer inngripende tiltak benyttes, nemlig å stoppe takttoget. Dette vil hindre at uferdige taktområder blir avhendet, men det vil også forsinke den påfølgende delen av toget med like lang tid som toget er stoppet. Denne forsinkelsen vil ikke være mulig å hente inn uten å gjøre større endringer i taktplanen.

Dahlberg og Drevland (2021) fant at uferdige taktområder som ble avhendet til påfølgende vogner kunne lede til enda flere forsinkelser senere i takttoget. Grunnen til dette er den irrasjonelle måten de påfølgende vognene må jobbe for å omgå det uferdige

arbeidet, og mangelen på de riktige forutsetningene til å gjennomføre arbeidet. Det resulterer også i at vogner må returnere til tidligere taktområder for å ferdigstille arbeidet. Alt dette bidrar til det de kaller en forsinkelsesparade. Salem et al. (2018) observerte en lignende effekt. De fant at arbeid som ble avhendet, men ikke var 100% ferdigstilt, skapte kostbart merarbeid senere. Manglene kunne være alt fra at arbeidsområdet ikke var ryddet, til at større arbeidsoppgaver gjensto. Arbeidet i et taktområde er ifølge Linnik et al. (2013) først ferdig når det er klart for avhending til neste vogn. Det må derfor være tydelig hva som skal til for å være ferdig i et taktområde.

Forskjellig oppfatning av hva ferdige taktområder er

Ifølge Salem et al. (2018) anser enkelte arbeidet sitt som «ferdig» når de har fullført nok til at de selv kan fortsette i neste arbeidsområde. Dette inkluderer altså ikke arbeidet som må være gjort for at påfølgende vogner skal kunne jobbe uhindret. Videre inkluderer det heller ikke opprydding og mindre arbeidsoppgaver de selv må ferdigstille før de er helt ferdige i et område. Dette illustrerer forskjellen mellom å være «ferdig» og «ferdig-ferdig».

Salem et al. (2018) fant flere årsaker til at arbeid ikke ble «ferdig-ferdig». I et av caseprosjektene de referer til var det ingen individer som ble holdt ansvarlig for opprydding etter arbeidet. Det var heller ingen prosesser for å sikre at områdene faktisk ble ryddet etter arbeidet var utført. Frandson et al. (2013) påpeker at avhending av taktområder faktisk gir en slik mulighet til å kontrollere at det foregående arbeidet er ferdigstilt.

Avhending skal ifølge Bølviken et al. (2015) bekrefte at arbeidet i et taktområde er gjennomført og holder riktig kvalitet. Salem et al. (2018) argumenterer for at kvaliteten på arbeidet som avhendes må møte standarden ikke bare til de som har utført arbeidet, men også de påfølgende vognene. Avhending er grensesnittet mellom vognene, slik at en dårlig avslutning fra en vogn vil gi en dårlig start til neste vogn. Utfordringen er at de foregående vognene har få insentiver til å legge til rette for de påfølgende, da det som regel er forskjellige personer som utfører oppgavene.

Et annet funn av Salem et al. (2018) var mangelen på en tydelig definert standard for hva som var et helt ferdig område. I intervjuer gjennomført av Lehtovaara et al. (2021) kom det fram at det burde være tydelig hvilke arbeidsoppgaver, inspeksjoner og renhold hver vogn må fullføre i et taktområde før avhending. I deres forskning, stilte Haugen et al. (2020) to krav til et taktområde før avhending. Disse kravene var ikke detaljert mer enn at 1) området skulle være rengjort og 2) at arbeidet skulle være 100% ferdig. Salem et al. (2018) kommer med flere eksempler på arbeid som fullført for å bli «ferdig-ferdig». Verktøy, utstyr, materialer og midlertidige konstruksjoner må ryddes vekk, feil må rettes opp, og området må være rengjort. Linnik et al. (2013) understreker at alle aktivitetene som må være gjort før avhending, skal være spesifisert i taktplanen.

Mangel på insentiver til å fullføre arbeidet

Keskiniva et al. (2022) undersøkte hvordan kontrakter mellom total- eller generalentreprenører og underentreprenører kunne tilpasses taktproduksjon. Et av funnene var at underentreprenørene hadde insentiver til å ikke gjøre seg ferdig i taktområdene før avhending på grunn av måten betalingen deres ble delt opp. Salem et al. (2018) støttet dette funnet og mente at den tradisjonelle måten å strukturere betalingene til underentreprenørene ikke tok høyde for at arbeidet skulle avhendes.

Tradisjonelt har utbetalingene til underentreprenører basert seg på målinger av en mengde utført arbeid (Salem et al., 2018). Det er flere måter å måle mengden arbeid som er utført, men uavhengig av hva som måles vil underentreprenørene gjøre en ekstra innsats for å forbedre disse parameterne. Dette vil gå på bekostning av det som ikke måles, som kvalitet eller om området som avhendes er 100% ferdig. Ifølge Keskiniva et al. (2022) vil godtgjørelser basert på slike målinger oppfordre underentreprenører til å etterlate små oppgaver i arbeidsområdene istedenfor å gjøre seg helt ferdig før de beveger seg videre.

En alternativ metode er å dele opp utbetalingene basert på milepæler (Keskiniva et al., 2022). Med denne metoden mottar underentreprenørene en prosentandel av kontraktsummen ved å nå bestemte milepæler. Dette gir de incentiver til å raskt nå milepælene, samtidig som det blir lett å følge opp fremdriften deres. Frandson et al. (2013) trekker fram at en av fordelene med taktplanlegging er at fremdriften kan måles i mindre og tydelig avgrensede deler, til for eksempel dette formålet. Keskiniva et al. (2022) anbefaler derfor å benytte ferdigstilte taktområder som milepæler, og å knytte utbetalingene til disse. Underentreprenørene får dermed større incentiver til å gjøre seg 100% ferdig i taktområdene.

Flere avhendinger byr på flere muligheter for problemer

For å øke flyten i produksjonen og hindre problemer foreslår Yaw et al. (2020) å redusere antallet avhendinger. Tanken er at færre avhendinger kan føre til mindre tid brukt på avhendinger, redusert ventetid for arbeiderne mellom arbeidsoppgavene og mindre tid brukt på å flytte arbeidsområdet. Dette blir støttet av Lehtovaara et al. (2021) som i en studie av seks prosjekter fant at taktplanene som ble gjennomført med mindre partistørrelser, og dermed flere avhendinger, krevde mer oppfølging og innsats fra ledere. Organisering av avhendinger ble nevnt som en spesiell grunn for det økte behovet for ledelse. Dette kunne ha en sammenheng med observasjonen om at små partistørrelser ga mindre tid til å gjennomføre avhendinger av taktområdene.

Små partistørrelser i taktplanlegging har fordeler som kortere gjennomføringstid (Lehtovaara et al., 2021) og lavere syklustid for kontroll av fremdriften (Dahlberg & Drevland, 2021; Frandson et al., 2013). Yaw et al. (2020) mener derfor det oppstår en strid mellom ønsket om lavere partistørrelser og fordelene med å redusere antall avhendinger. Videre mener de at grunnen til det store antall avhendinger i byggeprosjekter er at håndverkere er så spesialiserte at de kun kan utføre enkelte oppgaver. En anbefaling for å redusere antall avhendinger er derfor å benytte seg av tverrfaglige arbeidslag, slik at alle fagene kan gjøre seg helt ferdige i et arbeidsområde uten å måtte innta flere ganger.

2.3.3 Resultater av god avhending

Litteraturen påpekte ikke bare problemer knyttet til avhending, men trakk også fram noen resultater av god avhending. Som tidligere nevnt bidrar gode avhendinger til å stabilisere produksjonen (Frandson et al., 2014; Kujansuu et al., 2020; Lehtovaara et al., 2022). I tillegg påpeker flere at avhendinger gir en god mulighet til å jevnlig kvalitetssikre arbeidet som er utført (Frandson et al., 2013; Haugen et al., 2020; Kalsaas et al., 2014; Lehtovaara et al., 2021; Tommelein & Emdanat, 2022). På samme måte som de mange og jevnlig avhendingene i taktplanlegging gir øyeblikkelig tilbakemelding om framdrift, kan avhendinger også benyttes til kvalitetssikring (Frandson et al., 2013). Lehtovaara et al. (2020) påpeker at en av fordelene med å bruke avhendinger til

kvalitetssikring er at feil kan rettes opp i med en gang. Da forsvinner behovet for å returnere til tidligere taktområder og forstyrre andre med omarbeid.

Øyeblikkelige tilbakemeldinger om feil gjør også at de som står bak feilen blir oppmerksom på feilen, og dermed unngår å gjøre samme feil igjen (Lehtovaara et al., 2020). Over tid kan det dermed bli gjort færre feil, og kvaliteten heves. Kvalitetssikring ved avhending kan dermed også hindre påfølgende vogner fra å jobbe videre i områder med feil som må rettes opp (Tommelein & Emdanat, 2022).

3 Metode

I dette kapitlet beskrives metodene som ble benyttet for å svare på oppgaven. Først presenteres forskningsstrategien og metodene som ble valgt. Deretter følger en detaljert beskrivelse av hvordan litteraturstudiet ble gjennomført, inkludert valg av databaser, søkeord, utvelgelseskriterier og dataanalyse. Videre gis en beskrivelse av casestudiet og de valgene som ble tatt i forbindelse med intervju og dokumentstudie. Deretter vurderes metodene, før konferanseartikkelen som ble skrevet i forbindelse med oppgaven, blir presentert etterfulgt av en oversikt over gjenbrukt materiale.

3.1 Forskningsstrategi

Ifølge Saunders et al. (2019, s. 190) må forskningsstrategien tilpasses innenfor rammene som settes av problemstillingen og formålet til oppgaven, eksisterende kunnskap om emnet og tilgjengelige ressurser som tid og kilder til data. Formålet med oppgaven var å undersøke avhenging av taktområder og hvordan denne prosessen kan forbedres i Consto. For å besvare problemstillingen ble det benyttet en blandet forskningsstrategi som inkluderte et litteraturstudie og et casestudie.

For å etablere et teoretisk fundament for å svare på oppgaven, ble det utført et litteraturstudie. Ifølge Snyder (2019) kan systematiske litteraturstudier brukes til å summere all relevant litteratur for å besvare et spørsmål. Forskningsspørsmålet «Hvordan kan man sikre gode avhendinger mellom vognene i takttog i Constos prosjekter?» var konkret og dermed egnet til å bli besvart gjennom denne metoden. Både Snyder (2019) og Munn et al. (2018) påpeker at systematiske litteraturstudier kan avdekke eksisterende praksis og variasjoner av denne, samt gi forslag til forbedringer ved å etablere en beste praksis. Med disse begrunnelsene, i kombinasjon med den begrensede og dermed håndterbare mengden litteratur om taktplanlegging, ble det gjennomført et systematisk litteraturstudie i henhold til metodene beskrevet av Snyder (2019). Systematiske litteraturstudier kan også identifisere gap i kunnskap og dermed legge til rette for videre forskning med andre metoder (Munn et al., 2018).

Oppgavens problemstilling krevde en tilnærming som gikk utover det litteraturen kunne besvare alene, og derfor var det nødvendig å undersøke nærmere hvordan taktplanlegging og avhendinger ble gjennomført i Consto. For å gjøre dette ble det gjennomført et casestudie av et av Constos pågående prosjekter. Ifølge Yin (2014) er casestudier en hensiktsmessig metode når man ønsker å undersøke fenomener for å skape kunnskap og forstå hvordan de henger sammen med omstendighetene sine. Av denne grunnen ble casestudiet vurdert som en hensiktsmessig metode for å besvare oppgavens problemstilling. Ifølge Saunders et al. (2019, s. 196–199) kan casestudier utføres på ulike måter for å svare på forskjellige typer problemstillinger, og benytte forskjellige metoder for datainnsamling.

For at et casestudiet skal kunne besvare problemstillingen, er det ifølge Yin (2014) avgjørende å forstå konteksten rundt det valgte caseprosjektet. For å kunne undersøke hvordan avhendinger ble utført og hvordan de kunne forbedres i Consto, var det nødvendig å gå i dybden på hvordan taktplanlegging ble benyttet og gjennomført ved caseprosjektet. Både det å sette seg inn i et prosjekt for å forstå konteksten og å

analysere detaljene rundt taktplanlegging er tidkrevende oppgaver. På grunn av begrensninger i tilgjengelig tid for å gjennomføre denne masteroppgaven ble det derfor besluttet å fokusere på ett enkelt prosjekt i casestudien.

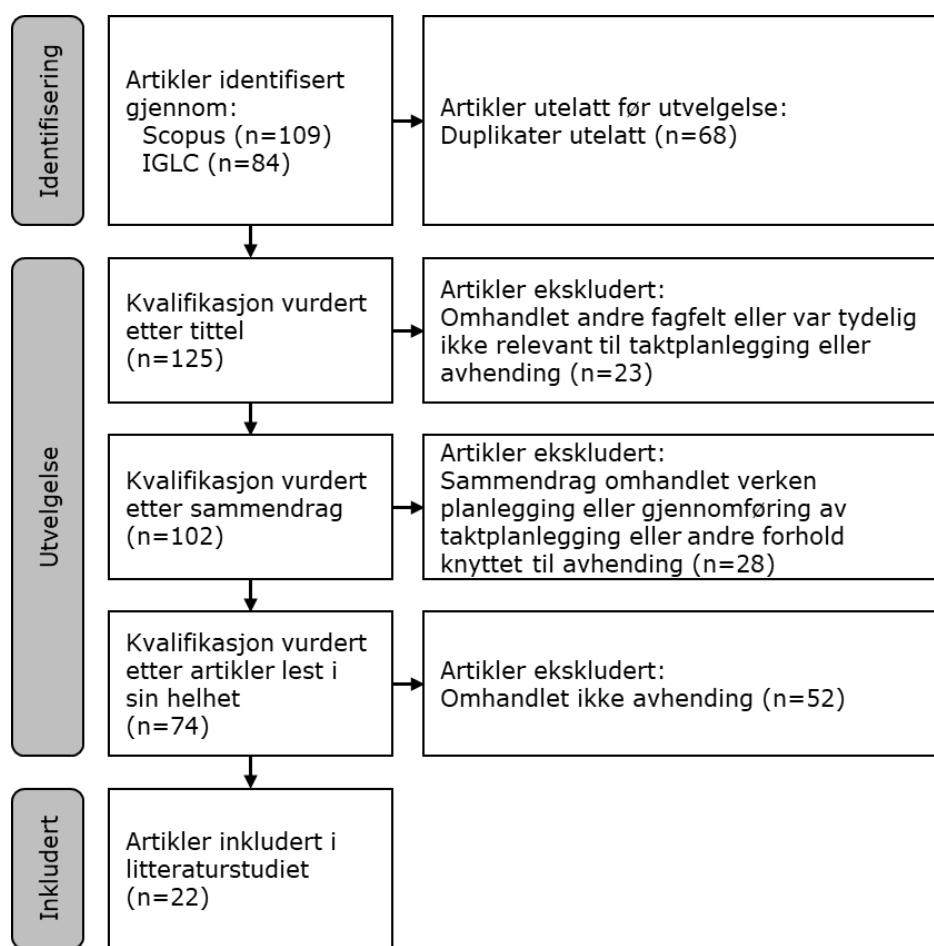
Valget av caseprosjekt ble basert på flere betraktninger. Først og fremst var prosjektet som ble valgt representativt for hvordan taktplanlegging blir benyttet i Constos prosjekter. Videre hadde de ansvarlige for taktplanlegging ved dette prosjektet betydelig erfaring med metoden. Dette sikret at det ikke var problemer med å implementere metoden som ville vise seg i resultatene, men at taktplanlegging ved prosjektet heller var modent nok til å kunne studere detaljene slik som hvordan avhendinger ble gjort og hvordan denne prosessen kan forbedres. På en annen side var prosjektet større og mer komplekst sammenlignet med gjennomsnittlige prosjekter i Consto. Denne størrelsen medførte et større antall avhendinger, noe som kunne bidra til å øke datagrunnlaget. De spesielle egenskapene til prosjektet gjorde også at dersom tiltakene kunne implementeres her, ville de også kunne overføres til enklere prosjekter.

Problemstillingen som skulle undersøkes var utforskende, og hadde som mål å skape en dypere forståelse for det lite undersøkte fenomenet avhending i taktproduksjon og hvordan dette kunne gjøres på best mulig måte. Ifølge Saunders et al. (2019, s. 187) er intervju en egnet måte for å samle inn data ved disse forholdene. Siden problemstillingen var utforskende, var det også hensiktsmessig å benytte mindre strukturerte metoder, slik at det var fleksibilitet til å tilpasse på undersøkelsen etter hvert som funnene ble gjort. Derfor ble det valgt å bruke semistrukturerte intervjuer som metode for datainnsamling, supplert med et begrenset dokumentstudie.

Ettersom målet var å undersøke hvordan taktplanlegging og avhendinger ble utført, var det nødvendig å innhente data som kunne beskrive disse prosessene. Intervjuene ble derfor brukt til å samle inn kvalitativ data. Ettersom ikke alle involverte aktører i prosjektet ble intervjuet, og deres bidrag varierte betydelig, ble det ikke ansett som hensiktsmessig å samle inn kvantitative data. Den semistrukturerte naturen til intervjuene ga heller ikke et solid grunnlag for å trekke konklusjoner basert på kvantitative data. Det ble vurdert å gjøre målinger i forbindelse med avhendinger, men det ble vurdert som for sent i prosjektets gjennomføring for å oppnå gode data. Consto hadde også et verktøy for registrering av avhendinger, men dette verktøyet hadde ikke historisk data som kunne benyttes til innsamling av relevant informasjon.

3.2 Litteraturstudie

For å danne det teoretiske grunnlaget for å svare på problemstillingen ble det gjennomført et systematisk litteraturstudie basert på metoden beskrevet i Snyder (2019). Søkestrategien som benyttes påvirker litteraturen man finner og dermed resultatene man ender opp med. På denne måten legger strategien grunnlaget for omfanget og kvaliteten til studien. Videre følger derfor en gjennomgang av valgene av databaser, søkeord, utvelgelseskriterier og metode for å analysere data som ble benyttet for å svare på problemstillingen. Et flytskjema for litteraturstudiet kan ses i Figur 1.



Figur 1 Flytskjema for litteraturstudiet (Inspirert av Page et al., 2021)

Databaser

Valget av databaser avgjør hvilke resultater som dukker opp og må dermed tilpasses for å avdekke all relevant litteratur i henhold til oppgavens formål (Harari et al., 2020). For å besvare problemstillingen ble det benyttet to databaser i studien: Scopus og litteratursamlingen på nettsiden til The International Group for Lean Construction (IGLC).

Scopus (u.å.) er en av verdens største databaser for fagfellevurdert litteratur og inneholder publikasjoner fra de mest anerkjente tidsskriftene innenfor en rekke fagfelt, inkludert bygg og anlegg. Det meste av relevant fagfellevurdert litteratur finnes derfor her. IGLC (u.å.) er et internasjonalt nettverk av aktører med interesse for Lean construction som arrangerer årlige konferanser der forskning innen fagfeltet, blant annet tilknyttet taktplanlegging, blir presentert. Som en del av denne konferansen har IGLC en søkbar database for artikler fra konferansene. Artikkene som blir publisert av IGLC blir også funnet av Scopus, men det kan ta noen år før de blir fanget opp og det var derfor behov for å søke i begge databasene. Ved å utføre søk i Scopus og supplere med IGLC-arkivet, ble det vurdert at det meste av relevant litteratur knyttet til taktplanlegging ville bli identifisert.

Søkeord

Søkeordene ble valgt med tanke på å begrense funnene så lite som mulig. Siden «takt» er et konkret begrep som hovedsakelig benyttes i sammenheng med taktplanlegging innen bygg og anlegg, og at den totale mengden litteratur om taktplanlegging var begrenset, kunne det brukes brede søkeord. Selv om det finnes flere tilnærminger til

taktplanlegging, som TTP og TPTC, benytter de alle begrepet «takt». Ved å bruke søkeordet «takt» kunne man derfor inkludere alle resultater som omhandlet de ulike typene taktplanlegging.

I Scopus ble følgende søkestreng benyttet: «TITLE-ABS-KEY (takt AND construction)». Siden Scopus er en stor database og ordet «takt» også kan brukes innenfor andre fagfelt, ble ordet «construction» inkludert for å begrense resultatene til bygg og anlegg. Det første søket gjennomført høsten 2022 resulterte i 106 artikler med «takt» og «construction» i enten tittel, sammendrag eller nøkkelord. Et supplerende søk gjennomført våren 2023 ga ytterligere 3 resultater.

I databasen til IGLC ble bare søkeordet «takt» brukt. Med samme argumentasjon som for Scopus ble dette søkeordet valgt for å inkludere resultater knyttet til alle typer taktplanlegging. Siden denne databases primært omhandler bygg og anlegg, var det ikke nødvendig å inkludere ordet «construction» for å begrense søket slik som i Scopus. Dette resulterer i 84 artikler med «takt» i tittel, sammendrag eller nøkkelord. Av disse var 68 duplikater av artikler allerede funnet i Scopus. Totalt identifiserte søkene dermed 125 artikler.

Utvelgelseskriterier

I et systematisk litteraturstudie er det viktig med tydelige utvelgelseskriterier for å sikre at prosessen er transparent og etterrettelig (Snyder, 2019). Seleksjonsprosessen i denne studien ble derfor gjennomført i tre trinn, med tydelige kriterier i hvert trinn. I første trinn ble titlene til artiklene lest, og 23 artikler ble ekskludert fordi de omhandlet andre fagfelt eller på andre måter tydelig ikke omhandlet taktplanlegging eller avhendinger i byggebransjen. I neste trinn ble sammendragene til de gjenværende 102 artiklene gjennomgått. Her ble 28 artikler ekskludert fordi sammendragene ikke omhandlet planlegging eller utførelse av taktproduksjon, og heller ikke omtalte andre forhold som kunne knyttes til avhending. I det tredje og siste trinnet ble de gjenværende 74 artiklene lest i sin helhet. Dette ble gjort for å sikre at alt som ble uttrykt om avhendinger skulle bli fanget opp, da dette ofte bare ble nevnt i korte trekk. Til slutt endte studien opp med 22 artikler som inneholdt relevant informasjon knyttet til avhendinger ved taktplanlegging.

Analyse av data

De 22 identifiserte artiklene ble analysert ved hjelp av tematisk kodeanalyse basert på metodene til Robson & McCartan (2016). For koding av funnene ble det anvendt det digitale verktøyet NVivo (u.å.). Alle de utvalgte artiklene ble importert til NVivo og nøye gjennomgått. Kodene ble utviklet underveis etter hvert som analysen avdekket informasjon knyttet til avhendinger. Dette var en iterativ prosess der kodene ble organisert og justert underveis, og flere av artiklene måtte gjennomgås to ganger for å sikre en konsekvent koding av all relevant informasjon.

3.3 Casestudie

Casestudier er godt egnet til å gi detaljerte beskrivelser av virkeligheten og på denne måten utvikle ny forståelse av et lite studerte fenomen (Jacobsen, 2015, s. 99). Dette var i tråd med formålet til oppgaven, som var å undersøke avhendinger av taktområder for å kunne forbedre denne prosessen.

Det finnes mange metoder for å gjennomføre casestudier, men Yin (2014, s. 102) beskriver seks metoder som kan benyttes til datainnsamling. Av disse ble intervjuer vurdert som den mest hensiktsmessige metoden for å svare på forskningsspørsmålene.

Fordelen med intervjuer er at de kan rettes direkte mot forskningsspørsmålene, slik at man kan få intervjuobjektens opplevelse og innsikt om akkurat det man ønsker å undersøke. I tillegg til intervjuer ble det gjennomført et begrenset dokumentstudie for å støtte opp om intervjuene.

3.3.1 Intervjuer

Gjennom intervjuene var målet å svare på forskningsspørsmålene definert i Kapittel 1.2. For å kunne besvare disse på best mulig måte, ble det gjort en rekke valg når det kommer til valg av intervjuobjekter, utforming av intervjuguide, den praktiske gjennomføringen av intervjuene og hvordan dataene ble analysert.

Valg av intervjuobjekter

Ideelt sett ville det vært ønskelig å intervju representanter fra samtlige aktører involvert i taktplanen, samt alle relevante parter i Consto. I praksis var ikke dette realistisk på grunn av at ikke alle var tilgjengelig til å bli intervjuet, og det var begrenset tid til både å gjennomføre intervjuene og behandle resultatene i etterkant. Av disse grunnene ble det nødvendig å ta til takke med å intervju et utvalg av disse. Jacobsen (2015, s. 177) påpeker at utvalget man velger påvirker oppgavens pålitelighet og troverdighet, slik at dette må tilpasses enhver oppgave.

For å sikre at intervjuobjektene kunne bidra med data til å besvare problemstillingen, var det ønskelig å intervju kilder som hadde tilstrekkelig kunnskap om taktplanlegging ved caseprosjektet. Det ble foretrukket personer som både hadde kontroll på hvordan arbeidet ble gjennomført ute på byggeplassen, i tillegg til administrative oppgaver, og eventuelt var med å lage taktplanen. Av denne grunnen ble det hovedsakelig intervjuet ledere fra forskjellige aktører som var involvert i taktplanen. I tillegg ble det intervjuet et par stykker fra Consto som hadde lederansvar for utvalgte aktører i takttoget.

Når det kom til aktørene som skulle intervjues, var det ønskelig å få med bredde og variasjon. Alt fra de store tekniske fagene som var med fra starten av utviklingen av taktplanen, til de mindre som ble kontrahert etter at mesteparten av taktplanen var utformet. Det var ønskelig å få så mange perspektiver som mulig, for å få nyanserte svar på spørsmålene. Det ble forsøkt å intervju så mange av aktørene som mulig, for å få et flere innspill til oppgaven, men begrenset til et intervju per aktør. Av 16 mulige aktører ble derfor 9 forskjellige intervjuet. Av de aktørene som ikke ble intervjuet var tre av dem ikke tilgjengelige da intervjuene ble gjennomført, og resten hadde kun mindre jobber som hadde lite påvirkning på taktplanen og dermed ikke ble prioritert. Intervjuobjektene er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over intervjuobjektene

Aktør	Intervjuobjekt
Innvendig tømrerarbeid	Arbeidsleder
Elektriker	To arbeidsledere
Rørlegger, VA og sprinkel	Arbeidsleder
Rørlegger, varme	Arbeidsleder
Rørlegger, kjøling	Driftsleder fra Consto
Ventilasjon	Arbeidsleder
Maler	Arbeidsleder
Systemhimling	Arbeidsleder
Dørmontasje	Driftsleder fra Consto

Intervjuguide

Det strukturerte litteraturstudiet ble brukt som utgangspunkt til intervjuguiden. Resultatene av dette studie ga utgangspunkter til videre forskning, og dermed momenter som var naturlig å undersøke nærmere gjennom intervjuene. Siden målet var å forbedre avhendinger i Constos prosjekter, var det også nødvendig å etablere en forståelse for hvordan de benytter taktplanlegging mer generelt, før intervjuet gikk inn på det mer spesifikke temaet avhending.

Intervjuene som ble utført var semistrukturerte. Målet var å ikke begrense resultatene fra intervjuene til de momentene som ble funnet i litteraturstudiet, men heller la intervjuobjektene løfte fram momentene de mente var viktige. For å ikke påvirke intervjuobjektens svar var det derfor ønskelig å holde spørsmålene så åpne som mulig og la intervjuobjektene lede samtalen, og heller stille oppfølgingsspørsmål for å følge tankerekken deres og knytte svarene til intervjuguiden. Intervjuguiden kan dermed sies å være mer på den ustrukturerte siden, der temaene for intervjuet var etablert sammen med en rekke spørsmål, men disse ble hovedsakelig brukt som støtte for å sikre at alle tema ble tatt opp, og spørsmålene fulgte dermed ikke en fast rekkefølge. Intervjuguiden finnes i Vedlegg A.

Praktisk gjennomføring av intervjuer

Intervjuene ble gjennomført fysisk ved caseprosjektet, alle i løpet av én uke i februar 2023. Ved hjelp fra anleggslederen på prosjektet, ble intervjuobjektene forespurt om å delta i intervjuene, noe de alle gledelig stilte opp på. Det ble dermed laget en plan for når intervjuene skulle gjennomføres, hvor det ble satt av halvannen time til hvert intervju. Målet var å holde intervjuene i underkant av en time lang for å få besvart alle spørsmålene og samtidig holde intervjuobjektene engasjert gjennom hele intervjuet.

Siden muligheten til å reise til prosjektet bød seg, ble intervjuene gjennomført ansikt-til-ansikt. Ifølge Jacobsen (2015, s. 147–148) tillater dette dynamisk og informasjonsrik kommunikasjon der uklarheter kan avklares underveis. I tillegg til disse momentene ble det foretrukket å gjøre intervjuene fysisk da det ville være mer engasjerende for intervjuobjektene, som helst ville unngå digitale møter. Å møte intervjuobjektene fysisk gjorde også intervjuene mer personlig, og ikke like formelt som et digitalt intervju. Dette bidro videre til å skape tillit hos intervjuobjektene, slik at de turte å være åpne og si deres meninger.

I tillegg til at intervjuene ble utført ansikt-til-ansikt, ble det gjort flere grep for å skape tillit og åpenhet hos intervjuobjektene. Først og fremst hadde intervjuobjektene møtt intervjuer, forfatteren av denne masteroppgaven, gjennom sommerjobb året før. Intervjuene ble gjennomført på tomannshånd ved et vanlig kontor der intervjuet kunne foregå uavbrutt og uten påvirkning av utenforstående. Intervjuet startet med en kort introduksjon om forfatter og formålet med masteroppgaven. Det ble gjort tydelig at forskningen ikke bare var for Constos del, men hovedsakelig for å kunne forbedre deres opplevelse av prosessen, slik at det var i deres interesse å bidra til forbedringene. De ble også opplyst om at det de sa ville bli anonymisert slik at det ikke ble knyttet tilbake til dem eller bedriften deres, og dette hadde ingen noen innvendinger mot. Alt dette bidro til å skape tillit hos intervjuobjektene, og skape en åpenhet slik at de ville svare ærlig på spørsmålene og ha en interesse til å bidra.

Med godkjenning fra intervjuobjektene ble det tatt lydopptak av intervjuene, og de ble informert om at dette kun skulle brukes til forskning og at Consto ikke fikk tilgang til rådataene. Underveis i intervjuene ble det også tatt notater, både for å notere ned viktige momenter eller gestikuleringer intervjuobjektene gjorde, men også for å virke engasjerende og uttrykke at det intervjuobjektene sa var interessant for å få de til å ville fortelle mer. Etter intervjuene ble det også notert ned hva som var viktige tema gjennom intervjuet og andre momenter som kunne være interessante for analysen av data.

Analyse av data

For å analysere data fra intervjuene ble det i likhet med litteraturstudiet benyttet tematisk kodeanalyse basert på metodene til Robson & McCartan (2016). Først og fremst ble intervjuene transkribert og notater ført inn der de hørte til i transkriptene. Denne prosessen ble gjennomført av samme person som utførte intervjuene, nemlig forfatteren, og bidro til å bli enda bedre kjent med den innsamlede dataen.

Videre ble koding av data gjennomført i det digitale verktøyet NVivo (u.å.). Her ble alt som kunne være relevant for å svare på oppgaven markert og kodet basert på innholdet. Kodene ble til underveis, noe som krevde at enkelte av intervjuene måtte kodes på nytt etter at flere koder ble laget. Underveis ble også kodene systematisert og sortert etter innhold, slik at de kunne bidra til å svare på forskningsspørsmålene. Resultatene av denne prosessen blir presentert i resultatkapittelet.

3.3.2 Begrenset dokumentstudie

I tillegg til intervjuer ble det som en del av casestudiet gjennomført et begrenset dokumentstudie. Dette baserte seg på sekundærdata, og som påpekt av Jacobsen (2015, s. 170–171) er denne samlet inn av andre, med andre hensikter enn forskning. Av denne gunnen er det begrenset hvor mye informasjon som kan hentes ut av disse dokumentene, og i hvor stor grad man kan stole på dem. Målet med dokumentstudiet var å forstå grunnlaget for taktplanlegging ved caseprosjektet og i Consto. Dokumentstudiet bidro dermed hovedsakelig til å se på hvordan taktplanlegging benyttes i Consto, hvordan taktplanen ble laget og for å verifisere det intervjuobjektene sa om denne prosessen.

Kildene som ble valgt å studere var interne dokumenter fra prosjektet tilhørende Consto. Blant disse var møtereferatene fra utviklingen av taktplanen, dokumenter som den ferdige taktplanen, og Constos veileder for IBC og taktplanlegging. Funnene fra dette studiet er med på å støtte opp casebeskrivelsen som er en del av resultatkapittelet.

3.4 Vurdering av metode

I denne delen vurderes det hvor egnet metodene som ble benyttet var til å svare på oppgavens problemstilling.

Litteraturstudiet

For å etablere et solid teoretisk grunnlag for oppgaven ble det gjennomført et systematisk litteraturstudie. Dette er en velprøvd metode, som ifølge Snyder (2019) er egnet for å svare på konkrete spørsmål ved å summere all eksisterende litteratur. Etersom mengden litteratur knyttet til taktplanlegging var begrenset, var denne metoden mulig å gjennomføre, og velegnet til å undersøke det meste av fagfelleverdert litteratur som finnes om emnet. Metoden var derfor godt egnet til å besvare på deler av problemstillingen.

Det systematiske litteraturstudiet involverte en grundig gjennomgang av all relevant litteratur i de mest relevante databasene. Ved å benytte brede søkeord ble det sikret at ingen relevante artikler ble utelatt, og det kan med sikkerhet hevdes at det meste av direkte relevant litteratur ble identifisert. Tydelige utvelgelseskriterier, som var nøye tilpasset problemstillingen, sikret også at den mest relevante litteraturen ble analysert og benyttet til å besvare problemstillingen.

De tydelige utvelgelseskriteriene i det systematiske litteraturstudiet bidro også til at metoden var tydelig og etterprøvbart. Dette begrenset behovet for subjektive vurderinger i utvelgelsesprosessen og gjorde metoden konsekvent og pålitelig. En begrensning med hensyn til påliteligheten er knyttet til analysen av data. Denne prosessen innebar en viss grad av subjektive beslutninger og tolkninger. For å sikre at dette ble gjort på en så objektiv måte som mulig, ble all data kodet på samme måte, og slutninger trukket basert på mønstre som oppsto mellom kodene.

På denne måten ble det tatt hensyn til validiteten og reliabiliteten til litteraturstudiet, og tiltak ble gjennomført for å styrke kvaliteten og påliteligheten av forskningen.

Casestudiet

For å kunne svare på delen av problemstillingen knyttet til Consto, som litteraturstudiet ikke kunne, ble det gjennomført et casestudie. Denne tilnærmingen gjorde det mulig å besvare problemstillingen med utgangspunkt i et reelt prosjekt. Datainnsamling til casestudiet ble hovedsakelig gjort gjennom intervjuer. Dette ble ansett som en egnet måte å besvare problemstillingen og de tilhørende forskningsspørsmålene, da temaene i intervjuene tilpasses spesifikt disse spørsmålene.

En begrensning med den valgte metoden var at det bare ble benyttet ett enkelt caseprosjekt til å svare på en problemstilling som skulle gjelde for hele Consto. Jacobsen (2015, s. 100) poengterer at det kan være utfordrende å generalisere momenter fra ett enkelt caseprosjekt til andre tilfeller, siden man ikke kan være sikker på om observasjonene man gjør er avhengige av den spesifikke konteksten til dette ene caseprosjektet eller ikke. For å gjøre casestudiet mer generaliserbart, ble det derfor valgt et caseprosjekt som ble ansett som representativt for hvordan taktplanlegging gjennomføres i Consto. Samtidig var dette caseprosjektet mer komplekst enn andre prosjekter i Consto, slik at tiltak som fungerte her, også burde fungere på enklere prosjekter. Litteraturen bidro også til å triangulere funnene og dermed bidra til generalisering av funnene til noe som kunne besvare problemstillingen.

Denne oppgaven skulle egentlig benytte en annen måte for å sikre at funnene kunne generaliseres og være gyldig for hele Consto. En mulighet var å benytte flere caseprosjekter, men dette ble utelukket fordi det ville drastisk øke arbeidsmengden. Den opprinnelige planen var derfor å verifisere gyldigheten til funnene gjennom intervjuer med de ansvarlige for taktplanlegging ved andre prosjekter i Consto. På grunn av større omfang på oppgaven enn antatt, lot ikke dette seg gjennomføre, noe som senker validiteten til oppgaven.

Valget av intervjuobjekter påvirket også oppgavens validitet. For sikre at problemstillingen ble besvart, ble intervjuobjekter valgt ut på bakgrunn av deres relevante kunnskap og erfaring med taktplanlegging ved caseprosjektet. Et så stort antall intervjuobjekter som tiden tillot, ble også intervjuet for å få flest mulige perspektiver. Dataene fra intervjuene representerte i utgangspunktet intervjuobjektene egne tolkninger og meninger. For å vurdere om disse kunne besvare problemstillingen, var det

nødvendig å sammenligne intervjuobjektene oppfatninger og dermed triangulere disse mot hverandre. I tillegg ble det begrensede dokumentetsøket benyttet for å verifisere enkelte av påstandene til intervjuobjektene.

Intervjuguiden bidro også til casestudiets evne til å svare på problemstillingen. Denne ble utformet med bakgrunn i teorigrunnlaget fra litteraturstudiet og forskningsspørsmålene. Intervjuguiden ble også formulert med åpne spørsmål for å unngå å påvirke intervjuobjektene svar. Når nye momenter ble nevnt av et intervjuobjekt, tillot de semistrukturerte intervjuene at disse momentene kunne utforskes videre i intervjuet og i påfølgende intervjuer. Dette gjorde det mulig å triangulere påstander i større grad og besvare forskningsspørsmålene.

På grunn av intervjuene, ble casestudiets reliabilitet i stor grad påvirket av intervjuobjektene og deres evne til å gi nøyaktig og ærlig informasjon. For å sikre at intervjuobjektene var villige til å være åpne og bidra med pålitelig informasjon, ble det gjort flere tiltak for å skape tillit. Intervjuene ble gjennomført en-til-en, ansikt-til-ansikt, og intervjuobjektene hadde allerede litt kjennskap intervjueren fra arbeid sammen sommeren før. De fikk også forklart at deres svar ville bli anonymisert, og at resultatene ville bli brukt til å forbedre hele prosessen, noe som også ville gagne dem. Den som intervjuet var også bevisst sin egen påvirkning på intervjuobjektene, og strebet derfor etter å være en nøytral observatør som lyttet og viste interesse for det som ble sagt. Disse grepene var ment å bidra til at intervjuobjektene følte seg komfortable og ga ærlige og pålitelige svar under intervjuene.

Det faktum at intervjuene var semistrukturerte bidro til økt validitet, men samtidig påvirket det også reliabiliteten til metoden. Siden semistrukturerte intervju gir noe variasjon i hvordan spørsmålene blir stilt, kan kontinuiteten mellom intervjuene bli svekket, noe som gjør metoden mindre etterprøvable. Imidlertid bidro intervjuguiden til å opprettholde kontinuitet ved å definere spørsmål som alle intervjuobjektene skulle besvare, selv om veien dit kunne variere. Denne formen for intervjuer tillot også muligheten til å stille oppfølgingsspørsmål eller å oppklare eventuelle uklarheter, og bidro dermed til større pålitelighet i metoden. På samme måte som med litteraturstudiet, krevde analysen av dataene fra intervjuene subjektive vurderinger, men dette ble også håndtert på en tilsvarende måte som i litteraturstudiet.

Samlet metode

Samlet sett ble metoden vurdert til å ha god validitet. Casestudien ble tilpasset for å svare på problemstillingen, blant annet gjennom bruk av intervjuer. Basert på et grundig litteraturstudie var grunnlaget for disse intervjuene solid, og dermed burde metoden være godt tilpasset å svare på problemstillingen.

Reliabiliteten til den samlede metoden ble også vurdert som god, da flere metoder ble benyttet for å samle inn data, hovedsakelig intervjuer og et litteraturstudie. Ved å triangulere funnene fra disse ulike metodene kunne påliteligheten av svarene styrkes.

3.5 Konferanseartikkel

Parallelt med denne masteroppgaven ble det i samarbeid med veileder Frode Drevland utarbeidet en konferanseartikkel til konferansen arrangert av the International Group for Lean Construction. Konferanseartikkelen presenterer funnene fra litteraturstudiet som ble gjennomført som en forstudie til masteroppgaven i forbindelse med forfatterens prosjektoppgave høsten 2022. Medforfatter Drevlands rolle i denne prosessen var å

oversette teksten fra prosjektoppgaven til engelsk, forbedre strukturen, presisere språket og foreslå forbedringer generelle forbedringer. Konferanseartikkelens tittel er *HANDOFFS BETWEEN TAKT TRAIN WAGONS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW* og kan finnes i Vedlegg B. Artikkelen har blitt akseptert for publisering.

3.6 Gjenbruk fra prosjektoppgave

Som en forberedelse til denne masteroppgaven ble det skrevet en prosjektoppgave høsten 2022. Prosjektoppgaven fungerte som et forstudie til denne masteroppgaven, og flere elementer kunne derfor gjenbrukes. I tillegg ble store deler av prosjektoppgaven forbedret i forbindelse med utarbeidelsen av en konferanseartikkel, blant annet med bakgrunn i tilbakemeldingene fra fagjuryene som vurderte oppgaven. Disse tilbakemeldingene inspirerte også forbedringer i de delene som ble gjenbrukt i masteroppgaven. Det meste av det gjenbrukte materialet ble i det minste lettere bearbeidet for å heve kvaliteten og tilpasses denne oppgaven. Tabell 2 gir en oversikt over de delene i masteroppgaven som helt eller delvis er hentet fra prosjektoppgaven.

Tabell 2 Kapitler med gjenbruk fra prosjektoppgaven

Kapittel	Kommentar
Forord	Lettere bearbeidet
1.1 Bakgrunn	Lettere bearbeidet
2.1.5 Fagparader	Lettere bearbeidet
2.1.6 Lokasjonsbasert planlegging	Lettere bearbeidet
2.2 Taktplanlegging	Lettere bearbeidet
2.3 Avhending av taktområder	Lettere bearbeidet, også med forbedringer inspirert av konferanseartikkel. Også lagt til nye resultater fra siste søk
3.2 Litteraturstudie	Mye bearbeidet, også med forbedringer inspirert av konferanseartikkel

4 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra undersøkelsene etter en struktur som følger forskningsspørsmålene. Til å begynne med blir caseprosjektet beskrevet for å gi leseren innsikt i prosjektet og vise aspekter rundt prosjektet som har betydning for studien. Dette bidrar også til å beskrive hvordan taktplanlegging ble benyttet ved prosjektet. Her følger også intervjuobjektene betraktninger om taktplanlegging på prosjektet, hvordan kontraktene med underentreprenører var tilpasset taktplanlegging, bruken av buffere, suksessfaktorer for taktplanlegging og de observerte effektene ved bruk av taktplanlegging. Sammen bidrar dette til å beskrive hvordan Consto benytter taktplanlegging i sine prosjekter.

De påfølgende delene tar for seg avhendinger mer spesifikt, i tråd med forskningsspørsmålene. Etter å ha fått innsikt i bruken av taktplanlegging på prosjektet, rettes søkelyset mot detaljene rundt avhending. Først undersøkes hvordan avhendingen ble gjennomført i prosjektet. For å kunne identifisere mulige forbedringer, rettes deretter oppmerksomheten mot problemer som kan oppstå i forbindelse med avhendinger. Til slutt presenteres ulike tiltak som kan benyttes for å håndtere disse problemene, og dermed besvares de siste forskningsspørsmålene.

4.1 Casebeskrivelse Nye Hammerfest Sykehus

Sykehuset i Hammerfest har i dag oppgaven med å dekke innbyggerne i Vest-Finnmarks behov for en rekke helsetjenester. På grunn av et kommende oppgraderingsbehov besluttet Helse Nord RHF i 2015 at Finnmarkssykehuset HF skulle starte idéfasen for et nytt sykehus i Hammerfest. Etter fullført idéfase, begynte konseptfasen i 2017, hvor tomten på Rossmolla i utkanten av Hammerfest ble valgt. Her skulle Finnmarkssykehuset, Universitetet i Tromsø og Hammerfest kommune samarbeide og ha integrerte arealer i et nytt sykehusbygg. Consto ble i 2018 innstilt til forprosjektet til Nye Hammerfest Sykehus. Prosjektet skulle gjennomføres som en totalentreprise, med Sykehusbygg HF som byggherre på vegne av de tre nevnte samarbeidspartene. Bygging av nytt sykehus ble vedtatt i 2019, og som totalentreprenør begynte Consto byggingen av det 33 000 kvadratmeter store sykehuset i 2020. Planlagt ferdigstilling og overlevering av bygget er satt til januar 2025.

Som totalentreprenør hadde Consto ansvaret for utførelsen og innkjøpet av alle elementer av sykehuset, med unntak av medisinsk utstyr, som Sykehusbygg HF hadde ansvaret for som byggherre. Hoveddelen av arbeidet ble satt ut til underentreprenører, men Consto utførte også enkelte oppgaver i egenregi. Råbygget ble gjennomført med prefabrikkerte betongelementer som ble levert og montert av en lokal produsent. Consto sto selv for arbeidet med de utvendige veggene, og dette ble gjennomført etter en tradisjonell framdriftsplan.

For å strukturere det innvendige arbeidet ble det benyttet en taktplan. Til dette arbeidet ble det engasjert en rekke ulike underentreprenører, og Tabell 3 viser en oversikt over alle aktørene som var en del av taktplanen. Omfanget av prosjektet krevde store mengder ressurser, og siden Hammerfest er en kommune med rundt 10 000 innbyggere (Statistisk sentralbyrå, 2022), ble det kontrahert aktører fra hele landet. Et par av

aktørene holdt til i Hammerfest, noen kom fra nabobyen Alta to timer unna med bil, andre kom med fly fra Tromsø, Oslo og Stavanger. Av denne grunnen jobbet bare noen av arbeiderne vanlige uker mandag til fredag. Noen pendlet hver uke og jobbet mandag til torsdag, andre hadde rotasjonsordninger med to uker på, og en uke av. Adkomsten til Hammerfest var også værutsatt, noe som kunne påvirke de reisende og vareleveranser til prosjektet.

Tabell 3 Oversikt over aktørene i taktplanen

Aktør	Involvert i utformingen av taktplanen fra begynnelsen
Innvendig tømrerarbeid	
Elektriker	X
Rørlegger, VA og sprinkel	X
Rørlegger, varme	X
Rørlegger, kjøling	X
Rørlegger, gass	X
Ventilasjon	X
Maler	
Brannetting	
Pasientløftere	
Gulvbelegg	
Systemvegger	
Systemhimling	
Dørmontasje	
Låsesmed	
Utvask	

For å planlegge og styre prosjekter har Consto utviklet en egen arbeidsmetode kalt Involverende Bygging i Consto (IBC). IBC bygger på prinsipper og metoder fra Lean Construction og anvendes i samtlige av Constos prosjekter. En sentral del av IBC er taktplanlegging, hvor Consto har lang erfaring fra en rekke forskjellige prosjekter, blant annet en sykehusfløy i Tromsø. Allerede i forprosjektet for Nye Hammerfest Sykehus ble det derfor besluttet og lagt til rette for å gjennomføre de innvendige arbeidene etter en taktplan.

Proessen med å lage taktplanen begynte i februar 2021, åtte måneder før oppstart av første vogn. I løpet av denne perioden ble taktplanen utviklet gjennom et samarbeid med bidrag fra flere involverte aktører. På samme måte som i Takt Time Planning (TTP), følger planleggingen i IBC en tilnærming fra bunnen av og opp. Altså at aktørene som skal utføre arbeidet blir involvert i planleggingen. Dette var viktig for å skape eierskap blant aktørene og mer pålitelige planer.

Ved Nye Hammerfest Sykehus var alle tekniske fag involvert i utformingen av taktplanen fra begynnelsen, som vist i Tabell 3. I henhold til IBC er involvering en viktig del av prosessen med å utforme taktplaner, men på grunn av kompleksiteten til dette prosjektet var ikke alle fag involvert fra begynnelsen. Consto har egne tømrere som brukes i flere prosjekter, og har dermed bred erfaring med ulike typer for tømrerarbeid. Da utformingen av taktplanen begynte, var det imidlertid ikke besluttet om Consto selv skulle utføre dette arbeidet i egenregi eller kontrahere underentreprenører. Av denne grunnen benyttet Consto sine egne erfarne formenn som representanter for

tømrerarbeidet, i stedet for å involvere underentreprenører fra begynnelsen. Etter hvert som de øvrige fagene ble kontrahert, deltok også disse i utformingen av taktplanen. Når forskjellige fag, som innvendig tømrerarbeid, systemvegger, systemhimling og dørmontasje, ble kontrahert, var dermed en grov plan allerede etablert, men de måtte selv være med på å planlegge detaljene.

Taktplanleggingen ved prosjektet ble gjort i henhold til IBC og fulgte åtte steg, hvor de seks første var iterative og ble gjentatt flere ganger:

1. Etablere taktområder
2. Finne arbeidsrekkefølge (vogner)
3. Tog formes
4. Kalkulere arbeidsmengde
5. Toglengde bestemmes
6. Taktområder kontrolleres og eventuelt justeres
7. Byggestrategi utformes
8. Taktplan etableres

Metoden utviklet av Consto viser tydelige likheter med TTP, selv om rekkefølgen på fremgangsmåtene er litt forskjellig. Vanligvis har Consto gjennomført fysiske workshops med alle aktørene for å utarbeide taktplaner. Ved Nye Hammerfest Sykehus ble imidlertid disse gjennomført digitalt på grunn av pandemien i 2020. Stegene beskrevet over ble derfor gjennomført i ukentlige workshops holdt ved hjelp av det digitale verktøyet Miro (u.å.), som erstattet de fysiske tavlene med Post-it-lapper. Mellom workshops fikk aktørene også hjemmelekser for å forberede seg til stegene som skulle gjennomføres i de påfølgende møtene. Prosessen var iterativ, og taktplanen gjennomgikk flere iterasjoner i løpet av de åtte månedene det tok å utarbeide den.

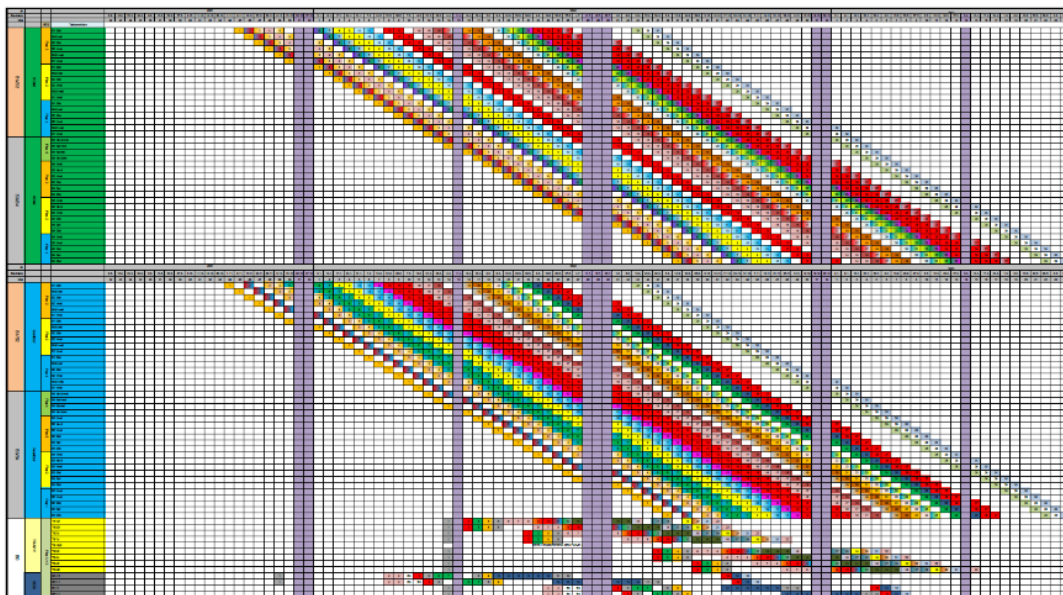
Det første steget i henhold til IBC er å etablere taktområder, som tilsvarer det andre steget i TTP. I fellesskap deler aktørene prosjektet inn i taktområder. I denne prosessen blir det som regel funnet en takttid som passer for prosjektene. Ved Nye Hammerfest Sykehus var det takttid på en uke som passet best, men Consto har også gjennomført flere prosjekter med takttid på tre, to og til og med én dag. Størrelsen på taktområdene tar vanligvis utgangspunkt i aktøren som har størst ressursbruk og hvor mye denne aktøren klarer å utføre innenfor takttiden. Noe som var unikt i dette prosjektet, var at taktplanen ble tilpasset hvordan de tekniske systemene skulle testes før overlevering. Dermed ble grensene på taktområdene satt basert på de tekniske systemene, slik at disse kunne testes så tidlig som mulig.

Videre blir rekkefølgen på arbeidsoppgavene avdekket og satt sammen til et tog. Disse to stegene i IBC kan sammenlignes med første og tredje steg i TTP. Her dreier det seg om å avdekke alle arbeidsoppgavene som må gjøres og identifisere koblingene mellom dem. Avhengighetene mellom arbeidsoppgavene danner grunnlaget for de ulike fagparadene i produksjonen. Aktørene skriver derfor ned alle arbeidsoppgavene de skulle utføre, og gjennom samarbeid med de andre blir rekkefølgen for utførelsen av arbeidet og dermed grunnlaget for takttoget bestemt.

De påfølgende stegene etter IBC, består av å kalkulere tidsbruken for hver arbeidsoppgave og deretter kombinere arbeidsoppgavene som kan utføres samtidig til en togvogn, og dermed danne selve takttoget. Dette samsvarer med steg fire og fem i TTP. Taktområdene blir videre kontrollert og justert i fellesskap, og ved behov blir disse seks første stegene gjentatt. Til slutt blir strategien for å gjennomføre taktplanen utformet, og

selve taktplanen etableres. Dette tilsvarer det sjette steget i TTP, hvor utførelsen blir planlagt. I dette steget ble det ved Nye Hammerfest Sykehus for eksempel bestemt hvordan man skulle håndtere helligdager og ferier, områder med byggeheiser, og hvordan de forskjellige togene skulle samkjøres.

Resultatet av denne prosessen ble ved Nye Hammerfest Sykehus en taktplan som startet i uke 45, 2021, og som blir fullført til fellesferien, uke 28, 2023. Kjernen i taktplanen var to parallelle takttog som gikk gjennom henholdsvis korridorene og rommene i hoveddelen av bygget. Taktplanen omfattet også av en rekke takttog for forskjellige deler av bygget, som trapperom, IKT-rom og operasjonsstuer. Figur 2 illustrerer et utdrag av taktplanen. Figur 3 viser taktområdene markert på en plantegning som er representativ for alle etasjene i bygget. Korridorene er illustrert med blått, og de vanlige rommene med grønt i figurene. Disse to parallelle togene, som utgjorde hoveddelen av taktplanen, besto av 30 vogner, gikk gjennom 39 taktområder og involverte 16 forskjellige fag.



Figur 2 Utdrag av taktplanen for Nye Hammerfest Sykehus (Internt prosjektdokument gjengitt med tillatelse fra Consto)



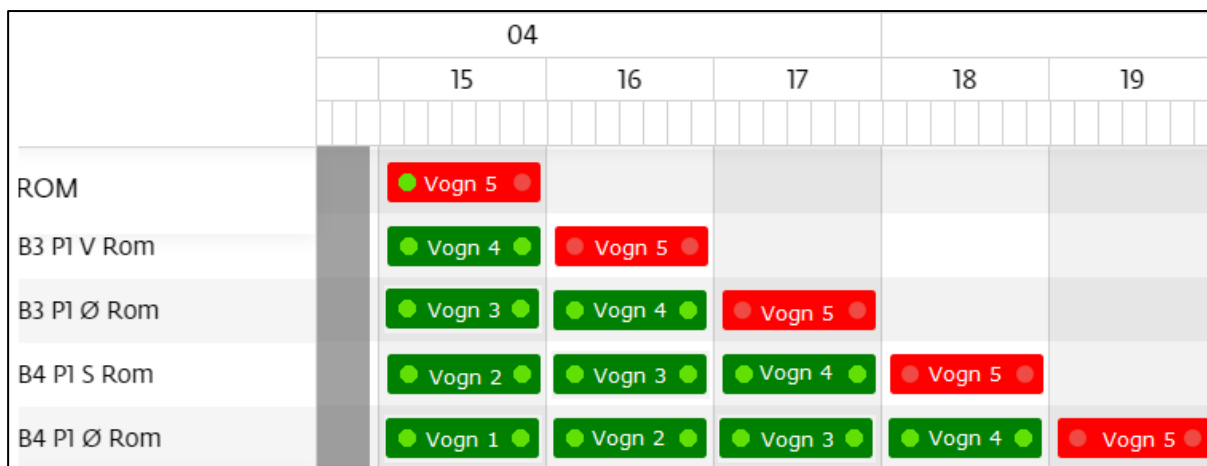
Figur 3 Taktområdene illustrert på en plantegning (Internt prosjektdokument gjengitt med tillatelse fra Consto)

I likhet med Takt Planning and Takt Control (TPTC) fokuserer ikke IBC bare på utformingen av taktplanen, men også på oppfølging av produksjonen. I Constos prosjekter benyttes det derfor tre forskjellige typer møter for å følge opp produksjonen og koordinere alle aktørene i henhold til IBC. Hver morgen avholdes et kort morgenmøte ute på byggeplassen, der representanter fra alle aktørene deltar. Dette møtet, kjent som «daily huddle», tar opp HMS, ryddighet, logistikk, fremdrift og eventuelle andre momenter. Målet er å koordinere arbeidet til aktørene og raskt løse eventuelle problemer som oppstår. På tirsdager avholdes et lengre driftsmøte der ledelsen fra alle aktørene samles. I dette møtet behandles saker knyttet til HMS, KS, bemanning, rigg, og framdrift, og alle har muligheten til å ta opp saker de trenger å få avklart. Den siste møteformen, som finner sted på torsdager, omhandler kun taktplanen. Her møtes alle aktørene med vogner i takttoget, og alle rapporterer om framdrift, forbereder de kommende ukene, og eventuelle problemer som har oppstått tas opp og behandles. Gjennom disse møtene følger ledelsen i de forskjellige prosjektene til Consto opp framdriften hyppig og med ulike tidsperspektiv.

I tillegg til disse møtene som er en generell del av IBC, ble produksjonen ved Nye Hammerfest Sykehus også fulgt opp ved hjelp av et digitalt verktøy kalt StreamBIM (u.å.). StreamBIM ble opprinnelig utviklet for å samle ulike tjenester som prosjekthotell, sjekklister, avvikshåndtering og bygningsinformasjonsmodellering (BIM). Til prosjektet Nye Hammerfest Sykehus utviklet Consto i samarbeid med StreamBIM en egen modul for oppfølging av taktplanen. På denne måten ble taktplanen knyttet til 3D-modellen av bygget, sjekklister og avvikssystem.

Figur 4 viser et eksempel på hvordan taktplanen kunne se ut i StreamBIM. Når en vogn kom til et nytt taktområde, måtte den sjekke inn i området i StreamBIM. Dette ble markert med et grønt lys til venstre for navnet på vognen, som indikerte at vognen hadde tatt over området. Når vognen var ferdig i et taktområde, sjekket den ut i StreamBIM og fikk dermed et grønt lys også på høyre side. Dersom en vogn ble forsinket og lå bak planen, ble vognen markert i rødt, som vist med vogn 5 i figuren. På denne måten kunne man hele tiden ha en oppdatert oversikt over fremdriften til vognene basert

på hvem som hadde sjekket inn og ut av taktområdene. Røde vogner ble veldig synlige slik at tiltak kunne iverksettes raskt.



Figur 4 Illustrasjon av taktplanen i StreamBIM

4.2 Erfaringer fra taktplanlegging ved Nye Hammerfest Sykehus

Taktplaner må skreddersys til hvert enkelt prosjekt og er derfor unike og ikke direkte overførbare til andre prosjekter. Imidlertid kan erfaringer fra et prosjekt ha stor verdi for framtidige prosjekter. Selv om hvert prosjekt har sine unike omstendigheter, er det ikke nødvendig å finne opp alle metoder på nytt hver gang. Taktplanlegging i henhold til IBC er et eksempel på hvordan Consto gjennom flere år har utviklet en metode basert på deres erfaringer. Ved Nye Hammerfest Sykehus ble taktplanen utformet med utgangspunkt i IBC, slik som alle Constos prosjekter. Dette delkapittelet undersøker derfor erfaringene aktørene gjorde seg med taktplanlegging etter denne metoden, med et blikk på både hvordan de forskjellige delene skulle gjøres, og hvordan de faktisk ble gjort.

Denne delen tar videre for seg hvordan underentreprenørene opplevde bruken av taktplanlegging etter Constos metode på prosjektet, hvordan kontraktene var tilpasset taktplanlegging, hvordan buffere ble benyttet, hvilke suksessfaktorer som ble tydelige i forbindelse med taktplanleggingen, og til slutt hvilke effekter aktørene opplevde ved å benytte taktplanlegging.

4.2.1 Underentreprenørens opplevelse av taktplanlegging på prosjektet

Blant de ni som ble intervjuet, hadde fem av dem tidligere erfaring med taktplanlegging. Blant disse hadde en erfaring med taktplanlegging fra flere prosjekter med ulike totalentreprenører, mens en annen kun hadde erfaring fra et boligprosjekt der Consto var totalentreprenør. Et annet intervjuobjekt hadde selv benyttet taktplanlegging flere ganger, men dette var første gang deres ansatte fulgte en taktplan. De ansvarlige for de to siste aktørene hadde begge tidligere benyttet taktplanlegging, men hadde erfart at dette ikke fungerte og at planen ikke ble fulgt. Imidlertid hadde begge disse en helt annen og mer positiv opplevelse av taktplanlegging ved Nye Hammerfest Sykehus.

For mange var taktplanlegging en ny arbeidsmetode som stilte andre krav til underentreprenørene enn tradisjonell fremdriftsplanlegging. Til tross for dette var samtlige intervjuobjekter positive til opplevelsen av taktplanlegging på Nye Hammerfest

Sykehus. Selv om noen opplevde enkelte forsinkelser eller andre utfordringer, ga alle positive tilbakemeldinger om gjennomføringen. En aktør uttalte at taktplanlegging hadde fungert utrolig bra og at taktplanen la godt til rette for effektiv produksjon på prosjektet. Andre brukte så sterke ord som at taktplanlegging hadde fungert fantastisk bra og var et verdifullt verktøy å bruke.

Et intervjuobjekt var overbevist om at taktplanlegging var fremtiden for gjennomføringen av innvendig arbeid. En annen kommenterte at de hadde lært mye av taktplanleggingen på dette prosjektet og ønsket å ta med seg disse erfaringene til framtidige prosjekter. Flere uttrykte et ønske om å bruke taktplanlegging på framtidige prosjekter, spesielt hvis det ble fulgt opp like godt som ved Nye Hammerfest Sykehus. De mente også at Consto hadde en respektfull tilnærming til underentreprenørene og var konstruktive ved håndtering av utfordringer. Planleggingen og oppfølgingen fra Consto ble positivt omtalt og bidro til aktørenes opplevelse av taktplanlegging.

Med tanke på kompleksiteten, størrelsen og antall involverte aktører, var et av intervjuobjektene overbevist om at taktplanlegging var den eneste effektive måten å gjennomføre dette prosjektet på. En annen støttet dette synspunktet og mente at prosjektet aldri ville hatt samme framdrift uten taktplanen. Taktplanen ga ikke minst god oversikt over prosjektet, og spesielt muligheten til å se detaljene i et så omfattende prosjekt. Flere bemerket at taktplanlegging gjorde arbeidsdagen deres enklere, gjennom lettere oppfølging av fremdrift og ledelse av arbeiderne. Selv om det krevde betydelig planlegging og oppfølging for å oppnå effektiv produksjon, var taktplanlegging mindre arbeidskrevende enn deres tidligere erfaringer fra prosjekter uten taktplanlegging.

Flere intervjuobjekter uttrykte også at de opplevde et positivt press for å opprettholde framdriften og følge taktplanen. Ved slutten av hver takttid var det viktig for dem å være ferdig, og de gjorde dermed tiltak underveis for å sikre at dette skjedde. Et intervjuobjekt opplevde at alle aktørene ønsket å være trofaste mot taktplanen, og at dette førte til færre konflikter mellom aktørene i prosjektet. De var alle klar over at neste vogn ventet rett bak dem, og et av intervjuobjektene sammenlignet det med en «vakthund». Hvis de ikke var ferdige i tide, ville det bli bjeffing. For å unngå støy også neste uke, skjønnte aktørene dermed at de måtte iverksette tiltak.

Selv om det ikke alltid var mulig for alle å følge planen til punkt og prikke, mente intervjuobjektene at alle gjorde sitt beste for å følge taktplanen. Ingen ønsket å videreføre sine forsinkelser til neste vogn. En aktør som opplevde å bli forsinket, uttrykte at den kjente det på samvittigheten når den forstyrret vognene bak, men samtidig var de andre aktørene forståelsesfulle og la til rette for at de skulle komme tilbake igjen på planen.

Gode forhold mellom vognene

Forholdet mellom vognene som fulgte hverandre i takttoget var godt. Alle delte målet om å ferdigstille bygget i henhold til taktplanen, og dette bidro til å samkjøre de utførende. Det skapte også en felles mentalitet der alle ønsket å følge taktplanen og var villige til å hjelpe hverandre for å oppnå dette. Flere intervjuobjekter la også vekt på viktigheten av god kommunikasjon med de tilstøtende vognene. Et intervjuobjekt la til at god kommunikasjon skapte godvilje hos de påfølgende vognene, slik at de var mer tilgivende og hjelpsomme ved forsinkelser.

Noen vogner i takttoget opplevde aldri forsinkelser, noe som bidro til et godt forhold til de påfølgende vognene da de ikke forstyrret hverandre. Andre vogner opplevde et tett

samarbeid med de omkringliggende vognene. For disse var samarbeid nøkkelen til mer effektiv produksjon, og som nærmere omtalt i Kapittel 4.2.3, ga det dem muligheten til å benytte flere typer buffere. For eksempel oppsto det et nært samarbeid mellom rørleggeren og ventilasjonsmontøren, der arbeiderne kunne jobbe fritt i deres påfølgende taktområder for å oppnå mer hensiktsmessig produksjon.

I tillegg til samarbeid ble det nevnt at respekten for hverandres taktområder også var viktig. Jevnt over opplevde de fleste at taktområdene ble respektert, men enkelte aktører opplevde tidvis at andre aktører arbeidet i deres taktområde uten avtale. Dette senket produktiviteten deres og skapte følgelig dårlig stemning mellom vognene. Selv om det lett kan oppstå utfordringer når et stort antall aktører skal jobbe sammen, mente et intervjuobjekt at det oppsto svært få problemer til å være et prosjekt på denne størrelsen. De utfordringene de støtte på kunne også i flere tilfeller løses gjennom kommunikasjon og samarbeid mellom aktørene.

Arbeidernes opplevelse

Under intervjuene ble aktørene spurt om hvordan arbeiderne deres opplevde å jobbe etter en taktplan. De påpekte flere faktorer som førte til at arbeiderne var fornøyde. Taktplanen satte klare mål å forholde seg til, slik at de visste nøyaktig hva de måtte gjøre og når det skulle være ferdig. Planen ga også en tydelig oversikt over prosjektet, slik at de til enhver tid visste hvor de skulle jobbe og hvor de skulle være neste takttid. Arbeiderne opplevde at dagene deres ble enklere og mer strukturerte, og de trengte ikke å stoppe opp for å spørre om hva de skulle gjøre. De kunne i større grad styre seg selv, noe som også var positivt for deres ledere. Gjentakelsen i taktplanen førte til at arbeiderne ble rutinerne i arbeidet og de aktørene som benyttet det samme mannskapet gjennom hele prosjektet, observerte at arbeiderne etter hvert visste nøyaktig hva de skulle gjøre og jobbet mer effektivt.

I tillegg ga de klare målene i taktplanen også tydelige milepæler å jobbe etter. Et av intervjuobjektene mente at dette motiverte arbeiderne og ga dem noe å strekke seg etter. Ved å nå milepælene opplevde arbeiderne en følelse av mestring, og dette gjorde arbeidet mer engasjerende. På den andre siden trodde intervjuobjektet manglende måloppnåelse flere uker på rad kunne påvirke motivasjonen negativt. Til tross for dette satte arbeiderne pris på denne måten å jobbe på, og når de så tilbake på tidligere prosjekter, var de svært tilfredse med bruken av taktplanlegging. Et intervjuobjekt hadde også opplevd at arbeidere som hadde flyttet videre til nye prosjekter, ønsket at taktplanlegging også skulle benyttes der.

4.2.2 Kontrakter tilpasset taktplanlegging

Basert på Constos tidligere erfaringer med å bygge sykehus, ble det fra begynnelsen planlagt å bruke taktplanlegging som metodikk for gjennomføringen av de innvendige arbeidene ved Nye Hammerfest Sykehus. Som en følge av dette ble det lagt til rette for bruk av taktplanlegging allerede fra kontraktsinngåelsen med underentreprenørene. For enkelte underentreprenører var også involvering i utformingen av taktplanen en del av deres bidrag til prosjektet, mens andre ble kontrahert etter at mesteparten av taktplanen allerede var utarbeidet. I begge tilfeller ble det inkludert bestemmelser i kontraktene som skulle legge til rette for bruk av taktplanlegging.

Samtlige kontrakter utrykte at bygget skulle ferdigstilles i henhold til IBC. Dette innebar at aktørene skulle være involvert i planleggingen av arbeidet, delta i møter og «daily huddle», og ikke minst være en del av taktplanen. For de aktørene som ble kontrahert

etter at taktplanen var utformet, var det også en forutsetning i kontrakten at de skulle bemanne prosjektet med tilstrekkelige ressurser for å følge taktplanen. Dette kravet ble ikke eksplisitt uttrykt i kontraktene til aktørene som var involvert i utformingen av taktplanen, ettersom planen ble tilpasset deres ønsker og kapasitet. Intervjuobjekter fra både underentreprenører som var involvert i utformingen av taktplanen og de som ble kontrahert senere, uttrykte tilfredshet med forutsetningene i kontraktene.

I kontraktene til aktørene som ikke var med i utformingen av taktplanen, ble det tydeliggjort flere forutsetninger. Dette inkluderte blant annet at materialer skulle ankomme byggeplassen i henhold til taktplanen, og at lagring av materialer kun skulle skje i deres egne taktområder. Når det ble spurt om forbedringspotensialer, påpekte et intervjuobjekt at det ville være hensiktsmessig å avklare konsekvensene av å ikke følge taktplanen allerede ved inngåelse av kontrakten. Denne aktøren hadde opplevd at vognene foran ikke var ferdige til avtalt tid, og at dette påvirket deres arbeid. Ved å avklare konsekvensene på forhånd mente intervjuobjektet at det ville bli mer oversiktlig og redusere unødvendig støy når slike situasjoner oppstår.

4.2.3 Bruk av buffere

Gjennom kontrakten med totalentreprenøren forpliktet aktørene seg til å alltid ha tilstrekkelige ressurser tilgjengelig for å følge taktplanen i prosjektet. Selv om arbeidsmengden i taktområdene var planlagt til å være omtrent like, kunne det likevel variere noe, i tillegg til at det kunne oppstå annen variabilitet i produksjonssystemet. For å håndtere variabiliteten og sikre at aktørene kunne overholde taktplanen, var det derfor nødvendig med buffere i produksjonssystemet. I den forbindelse ble det identifisert flere forskjellige buffere aktørene benyttet, og som var tilpasset deres egne foretrukne arbeidsmetoder.

Teorien beskriver i utgangspunktet tre former for buffere: kapasitet-, inventar- og tidsbuffere. I praksis er bufferne mer dynamiske enn definisjonene antyder, slik at en inventarbuffer eksempelvis kan skape en buffer i form av ekstra kapasitet, eller ekstra kapasitet kan resultere i at arbeidet blir ferdig tidligere, og dermed skaper en tidsbuffer. Selv om en og samme buffer kan kategoriseres på flere måter, ble de identifiserte bufferne forsøkt knyttet til kategoriene fra teorien. Dette ble gjort primært gjort for å strukturere funnene og illustrere at alle de tre typene buffere finnes i taktproduksjon.

Kapasitetsbuffere

Ifølge kontrakten skulle aktørene ha tilstrekkelig kapasitet til å fullføre arbeidet innenfor hver takttid. På grunn av variabiliteten i produksjonen benytter taktplanlegging i utgangspunktet kapasitetsbuffere for å sikre fremdriften. I sin reneste form innebærer dette å ha flere tilgjengelige arbeidere enn det som er nødvendig for å fullføre arbeidet i tide. Blant intervjuobjektene ble dette imidlertid lite brukt, da det var en lite fleksibel buffer. Tre intervjuobjekter beskrev at de planla bemanning etter nøyaktig den kapasiteten som var nødvendig i henhold til planen, uten noen kapasitetsbuffer. De betraktet ekstra kapasitet i denne formen som ressurskrevende og sløsende. Et annet intervjuobjekt påpekte at det å ha en ekstra arbeider ville ha kostet mye og gått ut over deres økonomi i prosjektet.

De lokale aktørene hadde større fleksibilitet når det gjaldt å justere antall arbeidere på prosjektet enn aktørene som benyttet pendlere. De lokale aktørene var flinke til å regulere og sende arbeidere til andre prosjekter hvis de hadde for mye kapasitet. En aktør som benyttet pendlere, opplevde imidlertid å ha for mye kapasitet i begynnelsen av

prosjektet uten å ha denne muligheten til å hurtig regulere antall arbeidere. Siden dette var tidlig i prosjektet hadde den heller ikke noen andre steder den ekstra kapasiteten kunne utnyttes, noe som førte til sløsing av ressurser. Det var derfor tydelig at ekstra kapasitet uten mulighet for å benytte den var ugunstig. Av denne grunnen ble det hovedsakelig benyttet andre, mer fleksible former for buffere i prosjektet.

Inventarbuffere

I stedet for å ha en ren kapasitetsbuffer som ville blitt sløst bort ved overkapasitet, benyttet de fleste intervjuobjektene en mer fleksibel buffer i form av et inventar av pågående oppgaver. Disse var enten i form av oppgaver utenfor taktplanen i buffersoner, eller i form av flere vogner i takttoget. I begge tilfeller fikk de ekstra kapasitet gjennom å kunne flytte arbeidere mellom arbeidsoppgavene etter behov. På denne måten kunne arbeidskapasiteten justeres i de ulike taktområdene uten behov for å hente inn nye eller sende arbeidere vekk fra byggeplassen.

Nesten alle hadde en form for buffersoner utenfor det vanlige takttoget, som for eksempel tekniske rom i kjelleren. Arbeidet i disse sonene hadde også fastsatte frister, så det var vanlig å alltid ha noen arbeidere her i tillegg til de i takttoget. Dermed kunne disse arbeiderne bidra med sin kapasitet når det oppsto behov for ekstra kapasitet i takttoget. Eventuell ekstra kapasitet i taktområdet kunne også flyttes ned til buffersonen for å utnyttes der. På denne måten ble ingen kapasitet sløst, men det oppstod en form for kapasitetsbuffer på grunn av inventaret av arbeidsområder. Utfordringen var imidlertid at disse bufferområdene også måtte ferdigstilles, og aktørene kunne derfor oppleve å måtte fullføre både sitt ukentlige taktområde og buffersonene samtidig.

Mange aktører hadde flere vogner i takttoget. Ved å flytte arbeidere mellom vognene, kunne de dermed utnytte dette inventaret av vogner som buffer. Tanken bak var at det gjennomsnittlige kapasitetsbehovet for flere vogner ville variere mindre enn i en enkelt vogn, og dermed jevne ut kapasitetsbehovet som aktørene opplevde. Fordelen med denne bufferen var at det var enkelt å justere bemanningen, noe som også kunne gjøres flere ganger i uken ved behov. Denne bufferen krevde heller ikke ekstra ressurser, men for å utnytte den effektivt krevde det hyppig oppfølging av fremdriften. Siden de fleste hadde minst to vogner i takttoget, var dette den mest brukte formen for buffer. Flere påpekte at muligheten til å flytte arbeidere mellom vognene var en stor fordel, som kunne sikre at de kunne fullføre taktområdene i tide.

En annen form for inventarbuffer som ble benyttet, var knyttet til ekstra plass. De store taktområdene i prosjektet gjorde det mulig for flere aktører å jobbe i samme område uten å forstyrre hverandre. Av grunner som blir beskrevet senere, var det tidvis noen som ikke ble ferdig med arbeidet sitt innenfor takttiden, eller av andre grunner måtte returnere til tidligere taktområder. Ved å kommunisere med eierne av taktområdet kunne de få tillatelse til å jobbe der. Dette var som regel uproblematisk så lenge de ikke kom i veien, noe som på grunn av størrelsen på taktområdene sjeldent var et problem. De store områdene fungerte dermed som en buffer som hindret at andres forsinkelser påvirket de påfølgende vognene i like stor grad. Imidlertid var noen aktørers vogner mindre egnet til dette enn andre. Elektrikerne hadde for eksempel veldig mange arbeidere i hver vogn, og malerne sitt arbeid krevde hele området tilgjengelig uten forstyrrelser. De fleste aktørene hadde likevel få innvendinger mot å tillate andre å jobbe i deres taktområder, så lenge de ble spurt på forhånd. På denne måten kunne et godt forhold mellom aktørene åpne opp for denne typen buffere.

Tidsbuffer

Et virkemiddel flere av intervjuobjektene benyttet seg av, og som reduserte behovet for andre buffere, var at det ble benyttet ukestakt. Aktørene kunne dermed utnytte helgen hvis de trengte ekstra tid. Selv om takttiden i utgangspunktet var planlagt over fem arbeidsdager, ga det faktisk at takttiden strakte seg fra mandag til mandag vognene en tidsbuffer ved å ha områdene tilgjengelig også lørdag og i verste fall søndag. Flertallet av intervjuobjektene planla å være helt ferdige med arbeidet på fredager. Selv aktørene som også jobbet på lørdager, ønsket å være ferdig på fredag for å kunne bruke lørdagen til andre formål. Takket være andre buffere hadde ikke elektrikerne på tidspunktet for intervjuet hatt behov for å benytte helgen som buffer en eneste gang, men de satte pris på å ha det som en ekstra mulighet. Et par av de andre intervjuobjektene måtte derimot flere ganger ta lørdagen til hjelp. Dette hadde imidlertid en sammenheng med at de ikke hadde andre områder som buffer i like stor grad som andre aktører, og derfor benyttet disse mindre fleksible bufferne som lå i systemet.

Flere av intervjuobjektene var kreative når gjaldt å skape buffere. Et par av dem oppdaget at de kunne skape en ekstra tidsbuffer ved å utnytte det faktum at enkelte vogner ikke hadde avhengigheter til påfølgende vognene. Dette betydde at de kunne variere når arbeidsoppgaven ble utført uten å påvirke noen andre. For eksempel var den siste vognen til rørleggeren montering av utstyr som servanter og toalettskåler. Ingen av de påfølgende vognene var avhengige av dette, slik at rørleggeren kunne samle opp og utføre flere taktområder samtidig. Dette ble gjort hovedsakelig for å oppnå en mer effektiv arbeidsflyt enn originalt planlagt, samtidig som de kunne bruke de samme arbeiderne til å utføre jobben hver gang.

For å unngå varierende bemanningsbehov, brukte dørmontørene en lignende tilnærming. Arbeidsmengden deres i hvert taktområde var direkte knyttet til antall dører og varierte derfor fra område til område. Intervjuobjektet påpekte imidlertid at taktplanen var tilpasset slik at antall dører på to og to påfølgende vogner ville være tilnærmet like. Derfor lot dørmontørene taktområdene overlapse slik at de kunne jobbe seg litt frampå i områdene med færre dører og ha mer tid til rådighet uken etter i et område med flere dører. På denne måten kunne de alltid være på taktplanen annenhver uke og samtidig sikre kontinuitet i bemanningen.

Noen av aktørene skapte også en ekstra tidsbuffer ved å utnytte overskuddskapasitet til å jobbe seg frampå. Eierne av den første vognen i takttoget var spesielt opptatt av dette, og som et resultat lå denne vognen ukevis foran planen. Dette intervjuobjektet mente videre at muligheten til å jobbe seg så langt frampå var unik for dette prosjektet og at den ikke hadde opplevd lignende på andre prosjekter. Tankegangen bak var at med et tilstrekkelig forsprang ville de alltid klare å fullføre arbeidet i tide, uansett hvilke utfordringer de skulle møte. En annen fordel med å jobbe seg frampå var at arbeiderne i denne vognen kunne brukes andre steder ved behov, ettersom de allerede lå flere uker foran planen. Dette gjorde det mulig å flytte arbeidere til andre vogner uten å påvirke den planlagte fremdriften. Det å ligge foran planen på denne måten mente aktøren at hadde hjulpet dem enormt i prosjektet, blant annet når store deler av bemanningen havnet i karantene, og på grunn av dette likevel klarte å fullføre taktområdene i tide.

Ettersom den første vognen i takttoget lå foran planen, fulgte den andre vognen like godt etter siden den likevel hadde kapasitet til det. Under intervjuene kom det fram at så lenge aktørene fikk beskjed av vognen foran om at de var ferdige, ønsket den påfølgende vognen ofte å ta over området tidligere enn planlagt, slik som den andre vognen hadde

gjort. Flere av intervjuobjektene uttalte også at de ikke bare ville sitte å vente hvis de var ferdig før tiden, men heller ønsket å begynne i neste taktområde. Bare det å få en halv dag ekstra i et taktområde ble betraktet som en betydelig fordel, og noe som kunne bidra til å ikke måtte bruke helgen til å ta igjen arbeid. Å kommunisere med de omkringliggende vognene ble dratt frem som en nøkkel til dette. Ved å avtale internt om de kunne få tillatelse til å begynne litt tidligere i taktområdet foran, så lenge de unngikk å forstyrre eieren av vognen, gikk det som regel greit at de begynte tidligere for å få et forsprang uken etter.

4.2.4 Suksessfaktorer ved bruk av taktplanlegging

Etter å ha benyttet taktplanlegging ved Nye Hammerfest Sykehus, uttrykte alle aktørene en positiv opplevelse av metoden Consto benyttet. Mange bemerket at måten taktplanleggingen ble gjennomført på i dette prosjektet skilte seg fra deres tidligere erfaringer hos andre entreprenører, hvor taktplanene gjerne skled ut og til slutt ikke fungerte som tiltenkt. Flere aktører uttrykte et ønske om å benytte taktplanlegging igjen, og spesielt hvis det kunne gjennomføres like godt som i dette prosjektet. De positive tilbakemeldingene gjorde det derfor interessant å undersøke hva som bidro til den suksessfulle bruken av taktplanlegging i dette prosjektet, og hvordan denne suksessen kunne gjenskapes i andre prosjekter. Gjennom intervjuer ble det derfor identifisert fire suksessfaktorer. Disse var god planlegging, involvering av de utførende aktørene, oppfølging under gjennomføringen og god kommunikasjon mellom de involverte partene.

God planlegging

Ut fra intervjuene ble det tydelig at grundig planlegging var avgjørende for suksessen til taktplanen. Flere av intervjuobjektene understreket viktigheten av å starte planleggingen i god tid før produksjonen begynner. Ved Nye Hammerfest Sykehus begynte prosessen med å lage taktplanen åtte måneder før første vogn skulle begynne. Denne prosessen krevde betydelig innsats både fra totalentreprenør og underentreprenører. I et tidligere prosjekt hadde en av aktørene opplevd at taktplanen ikke fungerte som den skulle, rett og slett fordi totalentreprenøren ikke var interessert i å legge ned nødvendig innsats i planleggingen. Flere intervjuobjekter understreket at planleggingen måtte gjøres grundig og at det krevde en skikkelig innsats. Til gjengjeld ga forarbeidet god avkastning, og en aktør kommenterte at de fikk «i både pose og sekk» for arbeidstimene de investerte her.

Flere av intervjuobjektene fremhevet spesielt hvor viktig det var å planlegge riktig rekkefølgen på vognene. Rekkefølgen var vanskelig å endre etter at arbeidet hadde startet, og måtte derfor være riktig fra begynnelsen av. Rekkefølgen var knyttet til grensesnittene mellom fagene, og hvis den ble feil, kunne det i verste fall gjøre det umulig å utføre oppgavene som planlagt. Dette var ikke et problem på prosjektet, og intervjuobjektene mente at dette skyldtes involvering av de utførende i planleggingen. På denne måten kunne de bidra med sin erfaring og kunnskap om gjennomføringen, og sikre at rekkefølgen på arbeidsoppgavene ble riktig.

Selv om intervjuobjektene mente det var mye arbeid for de som lagde taktplanen, påpekte de også at det førte til mindre arbeid med å følge opp utførelsen senere. Flere av dem nevnte for eksempel at bemanningsbehovet allerede var planlagt som en del av taktplanen. Når arbeidet skulle utføres, trengte de derfor bare å bestille arbeiderne i tide og sørge for at riktig antall arbeidere dukket opp på byggeplassen. En aktør som aldri opplevde problemer med fremdriften, pekte på at bestillinger, nødvendig bemanning og hvordan arbeidet skulle utføres allerede var planlagt i forkant. Gjennom taktplanen

hadde den kontroll over alle disse momentene, og kunne til og med se behovene flere måneder fram i tid.

Med all denne planleggingen utført så tidlig i prosjektet, uttrykte en aktør at det var bemerkelsesverdig godt tilrettelagt for effektiv produksjon på prosjektet. Imidlertid understrekte den også at det krevde at underentreprenørene var flinke til å planlegge arbeidet sitt underveis i gjennomføringen. Et intervjuobjekt understrekte at den som leder for arbeiderne hele tiden måtte ligge noen uker foran arbeidet. Det var mange ting som måtte være på plass før arbeidsoppgavene kunne utføres, som bestilling av materialer, kontroll av tegninger og sikre at de hadde riktig bemanning. Alt dette ble lettere takket være den omfattende planleggingen som allerede var gjort i taktplanen.

Involvering av de utførende aktørene

I tillegg til suksessfaktoren planlegging, trakk intervjuobjektene frem noe som er tett tilknyttet, nemlig involvering av de utførende aktørene. Intervjuobjektene mente at involvering var avgjørende for å utvikle en god og gjennomførbar taktplan. I stedet for at en liten gruppe fra totalentreprenøren utarbeidet taktplanen basert på deres antakelser, ble flere av de utførende involvert. Dette ga dem muligheten til å bidra med sine innspill basert på sine erfaringer og synspunkter om hvordan arbeidet best kunne gjennomføres. I en slik prosess er det også lett å overse noe, og ved å ha flere aktører med kjennskap til sine respektive arbeidsoppgaver var det enklere å ta hensyn til alle aspekter. Flere av intervjuobjektene mente at denne involveringen hadde fungert svært godt i prosjektet og spilte en viktig rolle i at taktplanen fungerte så godt.

Involveringen av utførende i utvikling av taktplanen ble gjort gjennom ukentlige møter ledet av totalentreprenøren, der representanter fra de utførende aktørene deltok. Fra begynnelsen av denne prosessen var alle de tekniske fagene representert, og etter hvert som andre fag ble kontrahert, ble også disse involvert i planleggingen. Dette gav alle muligheten til å komme med sine innspill, slik at aspekter som rekkefølge på vognene, størrelse på taktområdene og tidsbruk kunne avklares. Denne involveringen skapte også eierskap til taktplanen, og aktørene hadde derfor et større ønske om å følge den. Det gjorde det også mulig å oppdage hindringer tidlig og iverksette tiltak før de utviklet seg til problemer. Ifølge intervjuobjektene var det imidlertid avgjørende at totalentreprenøren som ledet prosessen hadde kompetansen og evnen til å lede disse møtene, og flere ga honnør til Consto for jobben de hadde gjort.

Blant intervjuobjektene var fire av dem involverte fra begynnelsen av prosessen med å lage taktplanen. Disse var alle fornøyde med involveringen og så stor verdi i å være med helt fra starten. De fem siste intervjuobjektene var enten ikke involvert i utformingen av taktplanen, eller kom inn mot slutten av prosessen. Av disse fem ønsket to av disse at de hadde vært mer involvert. Den ene av disse to hadde tidligere vært med på utformingen av taktplanen på et annet prosjekt, og mente at det kunne vært verdifullt å være involvert på samme måte her også. Den påpekte videre at noen detaljer av deres arbeidsoppgaver var blitt oversett, og om de hadde vært involvert fra begynnelsen ville de kunne påpekt dette.

De resterende tre intervjuobjektene mente at det hørtes fint ut å være involvert, men at de ikke anså det som nødvendig. De uttalte at deres bidrag kanskje kunne ha forbedret noen detaljer i taktplanen, men at Consto hadde gjort en god jobb på deres vegne. Disse fagene var innvendig tømmerarbeid, himlings- og dørmontasje, noe Consto har god kjennskap til da de har egne utførende som gjør dette på andre prosjekter. Disse aktørene hadde derfor mottatt en skisse av taktplanen som en del av tilbudsunderlaget.

Et av intervjuobjektene kommenterte at det var like greit å få en tilnærmet ferdig plan for prosjektet der de bare trengte å planlegge egen utførelse. Ellers var det enighet blant intervjuobjektene om at det ikke nødvendigvis var behov for at alle aktørene skulle være like involvert fra starten av.

Oppfølging under gjennomføringen

Et intervjuobjekt med erfaring fra flere prosjekter som benyttet taktplanlegging understrekte at dersom taktplaner skulle fungere, var det avgjørende at alle involverte aktører faktisk fulgte planen. Selv små avvik fra planen i en vogn, kunne føre til problemer som forplantet seg bakover gjennom takttoget. Ifølge intervjuobjektet måtte problemer derfor håndteres umiddelbart, før de fikk mulighet til å påvirke resten av vognene. Blant intervjuobjektene nevnte tre av dem at de på tidligere prosjekter hadde opplevd at taktplanen på denne måten skled ut og ikke fungerte. Alle mente at dette skjedde fordi totalentreprenøren ikke fulgte opp taktplanen godt nok.

Det nytter ikke å ha en god plan hvis ingen følger den, og derfor var oppfølging av taktplanen avgjørende for dens suksess. Forskjellen mellom gjennomføringen ved Nye Hammerfest Sykehus, kontra tidligere prosjekter et av intervjuobjektene hadde vært med på, var at her la Consto ned den nødvendige innsatsen og daglig fulgte opp fremdriften for å kunne iverksette tiltak så tidlig som mulig om problemer skulle oppstå. Det ble sagt at jo lengre man kommer utav kurs, desto vanskeligere blir det å komme tilbake på rett spor. Flere intervjuobjekter påpekte derfor hvor viktig oppfølging var for å fange opp forsinkelser og problemer før de forplantet seg til andre vogner i taktplanen.

Måten Consto fulgte opp takten ble beskrevet i Kapittel 4.1, og var gjennom daglige koordineringsmøter kalt «daily huddle», to ukentlige fremdriftsmøter og det digitale verktøyet StreamBIM. Flere av intervjuobjektene ga gode tilbakemeldinger om Constos oppfølgingen gjennom disse plattformene. I StreamBIM måtte for eksempel vognene sjekke ut av taktområdene når de var ferdige med sitt arbeid. Hvis vognene ikke sjekket ut av et taktområde i tide, fulgte Consto raskt opp for å identifisere årsaken. Intervjuobjektene understreket at totalentreprenøren måtte være streng og stille krav til de vognene som lå bak skjema, slik at de raskt skulle ta igjen forsinkelsen. Samtidig som de var strenge, ble det sagt at Consto var rettfærdige og konstruktive i sin tilnærming til de som opplevde utfordringer, og at dette hjalp vognene tilbake på riktig spor. Enkelte intervjuobjekter ønsket imidlertid at Consto var enda strengere, da de følte at enkelte vogner slapp billigere unna enn andre.

Gjennom intervjuene kom det fram at det krevde mye av alle parter for å få taktplanen til å fungere skikkelig. Ikke bare måtte totalentreprenøren følge opp underentreprenørene, men underentreprenørene måtte også følge opp sin egen fremdrift. Flere understrekte hvor viktig det var å følge med ute i produksjonen, for å raskt kunne gjøre nødvendige justeringer og tiltak for å unngå forsinkelser. På denne måten kunne de håndtere hendelser mens de var små og før det ble nødvendig for totalentreprenøren å gripe inn. Intervjuobjektene mente at oppfølgingen var god på prosjektet, både fra totalentreprenør og underentreprenørene, og følgelig hadde ikke taktplanen sklidd ut slik flere hadde opplevd på tidligere prosjekter.

God kommunikasjon mellom aktørene

God kommunikasjon mellom aktørene var et gjennomgående tema i de fleste intervjuene. Det ble understreket at ved å kommunisere med hverandre, kunne aktørene sammen finne løsninger på de fleste problemer. Som nevnt i Kapittel 4.2.1, var det et

godt forhold mellom vognene som fulgte hverandre i takttoget. Alle aktørene arbeidet mot det felles målet om å fullføre bygget i henhold til taktplanen, noe som skapte en felles mentalitet der de var villige til å hjelpe hverandre mot målet. Det gode forholdet mellom vognene og deres evne til å kommunisere med hverandre resulterte i økt fleksibilitet rundt utførelsen av arbeidsoppgaver og implementering av tiltak når problemer oppsto.

I begynnelsen av produksjonen merket et intervjuobjekt at de var litt tilbakeholdne med å rapportere rot eller andre mangler de oppdaget etter vognen foran. Etter hvert som prosjektet skred fram og vognene ble mer kjent med hverandre, ble de imidlertid mer komfortable med å si ifra om problemer. Baktanken var at dette skulle være konstruktivt og hindre at de samme problemene skulle oppstå uke etter uke. Sammen kunne vognene avtale hvordan disse problemene skulle håndteres, og her var begge parter som regel hjelpsomme. De visste også at selv om det var vognen foran som hadde problemer den uken, kunne de selv havne i en lignende situasjon neste uke. Alle aktørene var i samme båt, og vognene hadde gjensidig forståelse og vilje til å tilpasse seg for å sikre suksess for hele prosjektet.

Det oppsto også nært samarbeid mellom enkelte vogner, der aktørene kommuniserte hyppig. Dette gjorde at de kunne bli varslet tidlig dersom en av vognene ikke ville bli ferdig til avtalt tid, slik at de kunne tilpasse seg deretter. I flere tilfeller ble noen vogner også ferdige før tiden, og de kunne da spørre vognen foran om det var mulig å starte litt tidligere i neste vogn. Dette ble som regel godt mottatt så lenge det ikke forstyrret den opprinnelige vognens arbeid i taktområdet. Gjennom denne kommunikasjonen oppnådde aktørene større spillerom og fleksibilitet.

Generelt sett var god kommunikasjon avgjørende for suksessen til taktplanleggingen, da den tillot aktørene å samarbeide, løse problemer og tilpasse seg underveis.

4.2.5 Effekter av å benytte taktplanlegging på prosjektet

I tillegg til suksessfaktorer, påpekte intervjuobjektene flere effekter de hadde opplevd av å benytte taktplanlegging på prosjektet.

Bedre oversikt

Flere intervjuobjekter fremhevet at taktplanen ga bedre oversikt over prosjektet. Denne effekten ble ikke bare oppfattet av lederne, men også av arbeiderne, som følte de hadde bedre oversikt over arbeidet som skulle utføres. Taktplanen gjorde det mulig for alle involverte å vite hva de skulle gjøre, hvor de skulle være og når de skulle være ferdige. Avhengighetene mellom arbeidsoppgavene ble også tydeligere, slik at alle visste hvem som hadde jobbet i et område før dem, og hvem som skulle ta over etter dem.

Mer forutsigbarhet og lettere å planlegge langt fram i tid

Ifølge flere intervjuobjekter gjorde taktplanen arbeidet mer forutsigbart, og at det derfor ble enklere å planlegge langt fremover i tid. Som beskrevet i Kapittel 4.2.4 var god planlegging en viktig faktor i utformingen av taktplanen. Etter at taktplanen var utarbeidet, viste den klart og tydelig hvor alle skulle arbeide neste uke, neste måned og i lang tid fremover. Dette gjorde det mulig for aktørene å planlegge bestillinger og bemanning langt frem i tid. Selv om det kunne oppstå mindre endringer, kommenterte et intervjuobjekt at de i alle fall hadde et utgangspunkt å forholde seg til, og dette kunne strekke seg opp mot et år frem i tid. Det var dermed kun spesielle ting som gikk ut over taktplanen, som riggoppgaver, som måtte planlegges dag for dag.

Enklere å planlegge ressursbehov

Taktplanen ga ikke bare oversikt og forutsigbarhet over arbeidet som skulle utføres, men gjorde det også enklere å ha riktig bemanning til enhver tid. Flere av intervjuobjektene kommenterte at de brukte tid på å beregne mannskapsbehovet for hver vogn i hvert taktområde på forhånd. Selv om arbeidsmengden kunne variere noe mellom taktområdene, kunne de dermed se hvor mange arbeidere de til enhver tid trengte, og ikke minst se toppene av kapasitetsbehovet lenge før de kom. Mens noen aktører ikke planla bemanningen så detaljert, kunne de som gjorde det, enkelt bare bestille mannskapet de trengte noen uker før, og sikre at de faktisk var på plassen når arbeidet skulle utføres.

Som beskrevet i Kapittel 4.2.4, ga planleggingen tidlig i prosessen god avkastning for aktørene. De fleste planla bemanningen etter nøyaktig det antallet de kom til å trenge i hvert område, og syntes at dette var relativt enkelt takket være taktplanen. Utfordringen lå derimot i å ha riktig bemanning for arbeid som lå utenfor taktplanen eller hendelser som plutselig kunne oppstå. Det var derfor tydelig at taktplanen gjorde det enklere å ha riktig bemanning på arbeidsplassen til enhver tid, enn hvis man ikke hadde hatt en taktplan.

Mer stabilt ressurspådrag

Flere intervjuobjekter la vekt på å opprettholde en stabil bemanning gjennom taktplanen. Det jevne ressurspådraget var ønsket fordi det kunne være vanskelig å få tak i arbeidere, og ved å sende vekk arbeidere kunne det være vanskelig å få dem tilbake igjen hvis behovet skulle oppstå. Dette gjaldt spesielt for aktører med arbeidere som jobbet etter en rotasjonsplan og pendlet hjem, eller de som måtte øke bemanningen ved hjelp av innleid arbeidskraft. For å opprettholde stabil bemanning på tross av varierende arbeidsmengde mellom taktområdene, ble det benyttet buffere som nevnt i Kapittel 4.2.3.

Enkelte intervjuobjekter bemerket at det ikke var mulig å unngå toppe i kapasitetsbehovet når alle vognene deres i takttoget var i arbeid samtidig. Imidlertid kunne disse toppene planlegges på forhånd, slik at aktørene kunne gjøre tiltak for å håndtere disse. En større utfordring oppsto hvis aktørene ble forsinket og falt bak taktplanen. Da måtte de øke bemanningen på kort varsel for å ta igjen arbeidet.

Mer rutinerde arbeidere

En effekt av å ha jevn bemanning som flere av intervjuobjektene utnyttet, var at de kunne benytte samme personell gjennom hele prosjektet. Arbeidsoppgavene i en vogn var forholdsvis like i alle taktområdene i prosjektet, slik at arbeiderne kunne venne seg til en ukentlig rutine. Flere intervjuobjekter rapporterte at arbeiderne fant mer effektive måter å jobbe på og at arbeidet gikk raskere når de kom inn i en rutine. Det var også ønskelig å utnytte hver enkelt arbeider sine styrker, og at de kunne jobbe med det de likte best og var flinkest til gjennom hele prosjektet.

Enklere ledelse

Et intervjuobjekt opplevde at den i oppstartsfasen av produksjonen ofte måtte være ute og fortelle arbeiderne hva de skulle gjøre. Etter noen taktområder når rutiner ble etablert var ikke dette nødvendig lengre, og arbeidet gikk nærmest av seg selv. Takket være den oversiktlige planen og rutinene, visste arbeiderne hele tiden hva de skulle gjøre, noe som gjorde det enklere å lede arbeidet. Et annet intervjuobjekt uttrykte også at det var mye lettere å lede arbeiderne siden de hadde tydelig plan å forholde seg til med taktplanen.

Større ønske om å opprettholde fremdriften

En av fordelene med taktplanlegging ifølge et intervjuobjekt, var at de hadde en fastsatt tidsramme for hvert taktområde, og når tiden var ute skulle arbeidet være ferdig. Flere av de andre intervjuobjektene påpekte at dette tidspresset var en positiv effekt av taktplanleggingen, da det hjalp dem med å fokusere ekstra på å opprettholde fremdriften. De var alle klar over at det kom en vogn rett bak, og at de derfor ikke kunne ta til takke med å fullføre arbeidet senere. Avslutningen av hvert taktområde ble en milepæl og et tydelig mål for de utførende, som hele tiden ville strekke seg for å nå det. Ved å vite at de måtte holde seg til planen og fullføre arbeidet i tide, ble dette også mentaliteten på prosjektet og de fleste klarte seg innen fristene.

Økt ryddighet på byggeplassen

En effekt av taktplanleggingen som ble observert på prosjektet, var at byggeplassen ble holdt ryddig. Flere bemerket at dette var den ryddigste byggeplassen de noen gang hadde opplevd. Å rydde etter seg var en del av arbeidet som måtte utføres før vognene kunne flytte videre til neste taktområde. Hvis områdene ikke var ryddige, ville den påfølgende vognen varsle om det slik at områdene ble holdt ryddige. Det faktum at hvert taktområde var avgrenset, gjorde at arbeidslaget bare måtte rydde etter seg selv og heller ikke kunne skyldes på andre for eventuelt rot. Noen av intervjuobjektene bemerket også at denne ryddigheten bidro til at de lettere kunne fokusere på kvaliteten i arbeidet og redusere antallet produksjonsfeil, da feil var lettere å få øye på uten rot og at prosessen med å rydde kunne avdekke feil.

4.3 Gjennomføring av avhendinger ved Nye Hammerfest Sykehus

På grunn av omfanget av prosjektet ble det gjennomført et betydelig antall avhendinger hver uke. Gjennom intervjuene kom det fram at det ikke var definert noen konkret metode for hvordan disse avhendingene skulle gjennomføres. Totalentreprenøren ga med vilje vognene frihet til å utvikle metoder som passet for dem. Behovet for oppfølging, og dermed hvor strukturert metoden for avhending måtte være, varierte mye mellom de forskjellige vognene. Avhending etter vogner som konsekvent var ferdig før tiden og forlot taktområdene ryddig, krevde mindre enn vogner som av og til avhendet uferdige og rotete taktområder. Et av intervjuobjektene kommenterte at den aldri hadde merket noe til vognen foran, og at avhendingen gikk helt av seg selv. Andre kommenterte at de stadig kom til rotete områder, og derfor måtte legge inn en innsats og kontrollere området ved avhending. At vognene hadde friheten til å tilpasse avhendingene til sin situasjon var derfor noe intervjuobjektene mente var viktig, men at det måtte være innenfor noen rammer. Føringerne som ble gitt fra Consto, var derfor begrenset til når avhendingene skulle finne sted, og hvilke krav som skulle stilles til taktområdene.

4.3.1 Tidspunkt for avhending

Prosjektet ble gjennomført med takttid på en uke. Føringerne som ble gitt var at taktområdene skulle bli avhendet og vognene flyttet til neste taktområde hver mandag morgen. Dette ga alle vognene totalt en uke i hvert taktområde. Alt arbeid var i utgangspunktet planlagt til å bare trenge fem arbeidsdager, slik at områdene skulle være ferdig på fredager. Når en vogn var ferdig i et taktområde, skulle den sjekke ut av området og registrere det i det digitale verktøyet StreamBIM. Den påfølgende vognen skulle også sjekke inn i området i StreamBIM når den tok over. På denne måten fikk alle en oversikt over fremdriften til vognene og hvilke taktområder som det til enhver tid ble

arbeidet i. Hvis utsjekk og innsjekk i StreamBIM ikke var gjort innen klokken tolv på mandag, ble det automatisk sendt ut en påminnelse til den ansvarlige på E-post. Funksjonærene i Consto fulgte også opp vognene de var ansvarlige for både fysisk og gjennom StreamBIM.

I praksis varierte det når vognene avhendet taktområdene. Selv om avhendingen etter planen skulle skje ved starten av arbeidsdagen på mandager, avtalte flere at det var greit å utsette avhendingen noen timer. Flere intervjuobjekter nevnte eksempelvis at de hadde avtalt med de andre at de skulle være ute av taktområdet innen lunsj på mandager. Det var tre grunner til at aktørene ønsket spillerom for når avhendingen skulle skje. Den ene var at det kunne ta litt tid å flytte utstyret sitt til det neste taktområdet. Den andre var at de på «daily huddle» om morgenen, kunne si ifra om noe var galt med vognen de skulle overta, slik at de som skulle ut av området hadde tid til å rette opp i manglene. Den siste grunnen var at flere aktører benyttet pendlere, noe som kunne medføre at de ikke var til stedet på arbeidsplassen ved arbeidsgangens start.

Selv om det kunne ta noen timer før taktområdene offisielt ble avhendet mellom vognene på mandagene, uttrykte intervjuobjektene at dette ikke var en ulempe for arbeidsuken som helhet. Siden de fleste måtte bruke tid på overflyttingen, gjorde det ikke noe at de ikke hadde taktområdene helt for seg selv fra starten av dagen. Den store størrelsen på taktområdene gjorde det også mulig for vognen som skulle sjekke inn å begynne å arbeide fra starten av dagen, selv om den tidligere vognen ikke hadde flyttet alt utstyret sitt og sjekket ut av taktområdet. Ellers var forholdet mellom vognene godt, og ved å kommunisere med hverandre fant de fleste vognene rutiner for avhending som passet for dem.

De fleste intervjuobjektene var fornøyde med at avhendingene fant sted på mandager. Ett intervjuobjekt mente imidlertid at mandag ikke var den mest ideelle dagen for å gjennomføre avhendingene. Det var to grunner til dette, hvor den første var at alle arbeiderne deres pendlet ukentlig, og dermed ankom noen timer etter avhendingene skulle ha funnet sted på mandagene. At de pendlet gjorde også at de ikke var til stedet i helgene, og de ønsket ikke å ha ansvaret for området gjennom helgen etter at de hadde forlatt byggeplassen.

Torsdag ble foreslått som en bedre dag å sjekke ut av taktområdet, siden dette var det tidligere nevnte intervjuobjektets siste arbeidsdag i uken. Dette synspunktet ble imidlertid ikke støttet av de andre intervjuobjektene. De uttrykte at de planla å være ferdige med arbeidet sitt enten torsdag eller fredag, og at de likte å bruke den siste arbeidsdagen eller helgen til å rydde ut og ferdigstille taktområdene sine. Av denne grunnen var de bekymret for at avhendinger torsdager ville begrense deres muligheter til å jobbe i helgene og ha disse som en buffer. Flere av de andre aktørene jobbet dessuten noen timer på hver lørdag, og mente at det å forberede seg til avhendingen på mandag var en god måte å avslutte uken. Dette passet dermed fint med de kjente ukentlige rutinene til arbeiderne, noe avhendinger på torsdager ikke ville ha gjort siden de likevel jobbet fredag og lørdag.

Ved bruk av StreamBIM til å registrere framdriften, hadde aktørene i prinsippet muligheten til å sjekke ut av et taktområde når de selv ønsket. Til tross for dette, valgte få aktører å benytte seg av muligheten til å sjekke ut på torsdag eller fredag. Flere av intervjuobjektene ga uttrykk for skepsis mot å registrere at de var ferdig i et taktområde uten å ha vært fysisk til stedet og kontrollert arbeidet. Siden lederne vanligvis dro hjem

på torsdager, valgte de fleste å vente med å sjekke ut til de var tilbake igjen på arbeidsplassen på mandager.

Mange nedprioriterte også å sjekke ut av taktområdene i StreamBIM, og noen gjorde det konsekvent mot slutten av mandagene, selv om de fysisk hadde avhendet taktområdet om morgenen. Denne manglende registreringen i StreamBIM gjorde det vanskelig å vite om den foregående vognen var ferdig i taktområdet, noe som resulterte i at flere tok over taktområder uten engang å ha sjekket StreamBIM. Selv om flere intervjuobjekter uttrykte ønske om å kunne begynne tidligere i et taktområde bare de fikk beskjed om at det var greit, gikk altså denne muligheten for å innføre pull i produksjonssystemet tapt ved at aktørene ikke registrerte i StreamBIM når de faktisk var ferdige.

4.3.2 Krav til taktområder ved avhending

Ved avhending av taktområdene ble det stilt noen krav til hvordan området skulle være. Viktigste av alt var at arbeidet skulle være ferdigstilt. På grunn av avhengighetene mellom arbeidsoppgavene i taktplanen, var det avgjørende at en vogn gjorde seg ferdig med sitt arbeid før de avhendet taktområdet til neste vogn. Hvis arbeidet ikke var ferdig, kunne dette hindre neste vogn i å gjøre seg ferdig. I tillegg til dette kravet, trakk intervjuobjektene fram at taktområdene skulle være ryddet, støvsugd og tømt for alt av materiell, verktøy, stillaser og andre håndverkere. Dette var de eksplisitte kravene som var avtalt ved starten av taktplanen, med tanken om at de som tok over taktområdet dermed skulle kunne jobbe uhindret med sine arbeidsoppgaver.

Et par intervjuobjekter beskrev også kravene de satte til seg selv. Deres tanke var at de skulle forlate et taktområde slik de ville ønsket å overta det. Taktområdene skulle altså se likedan ut når de sjekket inn i et område, som når de sjekket ut, hvor den eneste forskjellen var utstyret de selv hadde montert. Med denne tankegangen visste også aktørene at de måtte rydde skikkelig opp etter arbeidet sitt, og tok dermed ekstra hensyn til å rydde underveis i arbeidsuken. Dette kan ha bidratt til at flere kommenterte til at dette var et av de mest ryddige prosjektene de hadde jobbet på.

Flere intervjuobjekter fremhevet viktigheten av å se over områdene ved avhending. Vognen som var ferdig i et taktområde burde ha sett over taktområdet sitt, og utbedret eventuelle feil i forhold til kravene før avhendingen fant sted. På samme måte var det lurt av vognen som tok over taktområde å kontrollere at alt var i orden. I utgangspunktet var det to gode grunner til å gjøre dette. Den viktigste var knyttet til ansvaret som fulgte med å ha eierskap for et taktområde. Dersom det lå søppel eller rot igjen etter forrige vogn og den nye eieren av taktområdet valgte å ta over området, tok de også over ansvaret for rotet hvis de ikke rapporterte inn dette. Den andre grunnen til å se over områdene ved avhending, var at problemer og mangler kunne bli tatt opp på «daily huddle», slik at dette ble tatt tak i og ordnet med en gang. Det ble sagt at «daily huddle» var den mest effektive arenaen for å ta opp slike problemer, siden ansvarlige fra alle aktørene møtte opp og problemer kunne tas direkte med dem.

Dersom det ble funnet mangler på denne inspeksjonsrunden ved avhending, var det også mulig å ta over taktområder som hadde mangler. Da var det viktig å få oversikt over manglene, og bli enige med den foregående vognen om ansvarsforholdet rundt mangelen. Noen av aktørene tok også bilder og registrerte eventuelle skader ved overtakelse av vognene. Dette gjorde de på eget initiativ, og handlet om å kunne loggføre hvilke skader som var i taktområdet før de begynte, slik at de ikke skulle bli holdt ansvarlig for disse.

De fleste intervjuobjektene var fornøyde med disse kravene, og mente det ikke var behov for flere krav til et taktområde ved avhending. Flere intervjuobjekter mente derimot at alle kunne være strengere med hverandre om vognen foran ikke møte kravene. Generelt ønsket ingen å bli uvenner, og noen vegret seg derfor for å si fra om det var noen problemer for å ikke virke vrang. Det ble derfor sagt at totalentreprenøren måtte være streng mot de som ikke klarte å følge kravene. Det var nemlig ikke underentreprenørens jobb å klage på at andre ikke gjorde jobben sin.

4.4 Problemer relatert til avhending

For å kunne forbedre prosessen og sikre at avhendinger blir gjennomført på en god måte, er det nødvendig å vite hvilke problemer som kan påvirke avhendingene. Denne delen tar derfor for seg de problemene intervjuobjektene knyttet til avhending av taktområder, årsakene til disse, og hvordan de påvirket arbeidet.

Intervjuobjektene nevnte alle at de var fornøyde med bruken av taktplanlegging på prosjektet, og flere uttrykte at det hadde vært færre problemer med fremdriften på dette prosjektet enn det som var vanlig. Det hadde også vært få problemer knyttet til avhending, men det var én trend som var tydelig: Når vognene hadde god kontroll på fremdriften og var ferdig i tide, oppsto det ikke problemer med avhending. Der det oppsto problemer med avhending, kunne disse knyttes til at taktområdet på en eller annen måte ikke var klart til avhending. Problemer med avhending ble dermed et tydelig symptom på andre problemer.

4.4.1 Taktområdene var ikke klare til avhending

Intervjuobjektene nevnte flere grunner til at taktområdene ikke var klare til avhending. Felles for disse årsakene var at de kunne knyttes til kravene som ble satt til ferdige taktområder, nevnt i Kapittel 4.3.2. Disse kunne plasseres i to kategorier. Den første kategorien var knyttet til å ikke ha ryddet ut av taktområdet før avhending. I dette lå det at området skulle være støvsugd og tømt for materialer, verktøy, stillaser og andre håndverkere. Den andre kategorien omhandlet arbeidsoppgaver i produksjonen som ikke ble fullført i tide. Disse kunne i verste fall hindre neste vogn fra å fullføre sine arbeidsoppgaver.

Flere av intervjuobjektene sa at de sjeldent hadde opplevd å komme til taktområder som ikke var klare til avhending. Av og til kunne det være mindre ting som at materialer lå igjen etter vognen foran, men dette ble raskt rettet opp i slik at det ikke var et problem. Enkelthendelser ble som regel møtt med forståelse, da aktørene visste at det fort kunne være de selv som hadde glemt noe en annen gang. Det ble likevel sagt at det var viktig å gjøre tiltak slik at dette ikke skulle skje igjen, da det ville være irriterende for de andre om dette ble en gjentakende hendelse.

Et av intervjuobjektene hadde dog opplevd gjentakende problemer med vognen foran. Nesten hver uke ble den møtt av uferdig arbeid, kombinert med materialer, lifter og annet utstyr som ikke var ryddet ut av taktområdene. At taktområdet ikke var klart til avhending opplevde de som frustrerende, og det var tydelig at vognen foran hadde systematisk problemer med framdriften. Selv om vognen foran fikk gjentatte tilbakemeldinger om problemene, fortsatte disse. Intervjuobjektet sa at de ble nødt til å bare prøve å jobbe i taktområdet hvis det var mulig, siden det ikke var noen enkle tiltak de kunne gjøre. Det å jobbe i et uferdig taktområde ble dog sagt at påvirket produktiviteten deres betraktelig. Siden takttoget fortsatte å gå, var det tross alt bedre for dem å bare begynne å jobbe, enn å vente til taktområdet ble helt klart. Dette

illustrerte et tydelig skille mellom enkelthendelser og mer systematiske problemer som ledet til at taktområdene ikke var klare til avhending.

Ved enkelthendelser der et taktområde ikke var klart til avhending var det enkelt å gjøre umiddelbare tiltak slik at neste vogn kunne begynne å jobbe. Et intervjuobjekt kommenterte at det var noe de sjeldent hadde opplevd, men at de bare sa ifra til vognen foran de gangene de hadde opplevd det. En annen poengterte at det bare var å ta det opp på «daily huddle», også ble problemene rettet opp i. Ved å snakke med hverandre kunne altså det meste løses.

Tiltakene som kunne iverksettes for å hindre at enkelthendelser ble gjentakende var også enklere å iverksette, som for eksempel å gå en runde og kontrollere området før avhending. Der taktområdene systematisk ikke var klare til avhending måtte det derimot mer inngripende tiltak til. Her ble det nødvendig å finne årsaken til problemene for å kunne gjøre tiltak. Både enkelthendelsene og der taktområdene mer systematisk ikke var klare for avhending hadde begge røtter i at vognen foran ikke ble ferdig i tide til avhending. Det var dog flere årsaker til at arbeidet ikke ble ferdige i tide.

4.4.2 Arbeidet ble ikke ferdig i tide

Når intervjuobjektene ble spurt om de noen gang ikke hadde blitt ferdig med arbeidet sitt i tide til avhending, svarte to av dem at de aldri ville latt det skje. Felles for disse aktørene var fokuset deres på å planlegge arbeidet, og mentaliteten rundt å følge opp og gjøre tiltak underveis. For enkelte var det altså en fjern tanke å ikke bli ferdig i tide, men de fleste andre hadde tidvis opplevd å bruke mer tid enn den som var tilgjengelig. Årsakene til at de hadde brukt mer tid var todelt, knyttet enten til planlegging eller hendelser utenfor aktørenes kontroll. Dårlig planlegging ledet enten til for lav bemanning eller på mangel av materialer. Av hendelser utenfor aktørenes kontroll ble problemer med foregående arbeider eller endringer fra byggherre nevnt.

Manglende bemanning

En fordel med taktplanlegging flere av intervjuobjektene trakk fram i Kapittel 4.2.5, var at det ble lettere å planlegge bemanning. Likevel var underbemanning en av årsakene til at arbeid ikke ble ferdig i tide. Intervjuobjektet som opplevde gjentakende problemer med vognen foran, mente at grunnen var at de rett og slett hadde for lite ressurser i form av bemanning til å fullføre arbeidet sitt. Dette gjorde at de havnet bakpå, og ressursbehovet ble enda større siden de måtte ta igjen arbeidet uken etter. Denne syklusen fortsatte og var vanskelig å stoppe.

Flere intervjuobjekter trakk også fram variabilitet som årsak. En aktør påpekte at det var forskjellige mennesker med forskjellig erfaring som skulle utføre arbeidet. Noen uker kunne man møte på problemer, andre uker ikke. Størrelsen på taktområdene og arbeidsoppgavene som skulle utføres kunne også variere. Av disse grunnene ble det derfor vanskelig å beregne nøyaktig tidsbruk i hvert taktområde. I et område trengte en vogn kanskje to arbeidere, og i neste område fire. Taktplanen var utformet for at de fleste skulle kunne ha jevn bemanning, men det var ikke alltid dette var tilfellet. Til tross for dette understrekte et intervjuobjekt at varierende bemanningsbehov ikke kom som en overraskelse på dem, siden de hadde brukt tid på å lage en plan for bemanning allerede da taktplanen ble utformet.

Et intervjuobjekt kommenterte at de gangene de hadde vært forsinket, var det på grunn av lav bemanning. For å løse dette måtte de få firmaet sitt til å sende flere arbeidere til prosjektet. Dette var ikke like enkelt for alle aktørene, da noen var avhengige av å leie

inn bemanning, og slet med å få tak i nok arbeidere. En annen aktør opplevde også at flere av sine utenlandske arbeidere brått måtte reise hjem på grunn av pandemi og krig, og disse var vanskelige å erstatte.

Manglende materialer

Gjennom intervjuene kom det fram at flere hadde opplevd å ikke bli ferdig i tide på grunn av manglende materialer. Flere påpekte også viktigheten av å planlegge leveranser for å sikre at forutsetningene lå til rette for å kunne utføre arbeidet. Det viste seg dog at å skaffe materialer tidvis kunne være utfordrende, og selv aktørene som ellers var flinke til å planlegge bemanning, kunne oppleve å mangle materialer.

Intervjuobjektene trakk frem flere årsaker til at de hadde manglet materialer. Byggetiden var for eksempel preget av to større internasjonale hendelser som i stor grad påvirket tilgangen på materialer, nemlig pandemi og krig. Dette var hendelser som normalt sett ikke oppstår, og dermed var vanskelig for aktørene å ta høyde for. Over natten ble det plutselig vanskelig for aktørene å få tak i enkelte produkter, og selv leverandørene av disse produktene måtte omstille seg før produktene ble tilgjengelig igjen.

En annen årsak et par intervjuobjekter nevnte, var lokasjonen til prosjektet. Det var spesielt ledetiden fra bestilling til varen var fremme på plassen de kommenterte. Den ansvarlige for rørleggeren kommenterte for eksempel at deres fag var avhengig av et stort antall forskjellige deler. Sør i Norge mente den at den kunne få varer fra lager og til byggeplassen i løpet av fem timer, i Hammerfest kunne det ta flere dager eller uker. Skulle den plutselig trenge materialer den ikke hadde, ville det dermed ta lang tid å få tak i dem. Logistikken var dermed annerledes, og de fikk et mye større behov for å ha et lager av deler. Samtidig ønsket de ikke å sitte med for mye materiell på lager, da det bandt opp kapital. Av denne grunn prøvde de, som mange, andre å bestille materialer noen uker i forkant og få de levert akkurat når de hadde behov for dem. Likevel var det en annen faktor med lokasjonen, og det var at veiene fort kunne bli stengt, og materialene dermed ikke kom fram til planlagt tid.

På samme måte som med bemanning, kommenterte flere intervjuobjekter at også dette problemet hadde røtter i dårlig planlegging. Det ble påpekt at lokasjonen til prosjektet gjorde det nødvendig å vie mer oppmerksomhet til å ha materialene til stedet enn andre steder i Norge. Vanlige byggematerialer kunne de til nød få tak i lokalt, men skulle de trenge mer spesialiserte varer til for eksempel ventilasjonsanlegget, måtte disse bestilles fra andre steder. Den lange ledetiden på materialer krevde at materialer måtte bestilles lengre i forkant enn andre steder, men flere påpekte at det ble enklere å vite hva de trengte og når de trengte dem på grunn oversikten taktplanen ga dem. Mange av aktørene hadde dessuten laget et bestillingsplan i forbindelse med taktplanen, slik at de til enhver tid hadde oversikt over materialene de kom til å trenge.

Uferdige foregående arbeider

At arbeid ikke ble ferdig i tide kunne også skyldes årsaker utenfor en aktørs kontroll. Et av intervjuobjektene uttrykte eksempelvis frustrasjon over at de hadde brukt masse ressurser på ledelse og planlegging for å sikre at de skulle bli ferdig i tide, bare for at vognen foran skulle hindre dem i å fullføre sitt arbeid. Flere av intervjuobjektene hadde opplevd at de ikke kunne fullføre sitt eget arbeid på grunn av uferdige arbeidsoppgaver opp til flere vogner foran. Eksempler på dette kan være at gulvbelegget ikke var ferdigstilt slik at dørene ikke kunne monteres som planlagt i vognen etter. Uten dørene kunne dermed ikke den neste vognen montere beskyttelsesplater på veggene i

korridorene. At en aktør ikke klarte å fullføre arbeidet sitt i tide, påvirket dermed mange påfølgende vogner uten at disse vognene kunne noe for det.

Noen av intervjuobjektene hadde erfaring fra andre prosjekter som benyttet takt. Flere av disse beskrev at lignende forsinkelser hadde oppstått på disse prosjektene, og at hele taktplanen dermed skled ut og ble ubrukelig. Det kunne være flere årsaker til uferdige foregående arbeider, der manglende bemanning og materialer var vanlige årsaker. Viktigheten av å planlegge riktig rekkefølge på vognene ble også understreket i Kapittel 4.5.1. Med feil rekkefølge på vognene i takttoget kan en vogn oppleve at det er umulig for dem å fullføre sin arbeidsoppgave, fordi arbeid de er avhengige av kommer i en vogn etter dem.

Endringer av utførelse

Den siste konkrete årsaken intervjuobjektene nevnte til at arbeid ikke ble fullført i tide, var endringer. I endringer, lå det at byggherren ønsket å gjøre endringer i forhold til den originale planen som ble laget for en del av bygningen. Et av intervjuobjektene påpekte at den lange byggetiden til sykehuset gjorde at utstyr kunne bli utdatert før sykehuset ble tatt i bruk hvis det ble kjøpt inn for tidlig. De hadde derfor forståelse for at ikke alle detaljer var avklart fra begynnelsen, men de mente at mer kunne vært avklart enn det var.

Flere av de mer spesialiserte rommene som operasjonsstuer og tekniske rom var utsatt for flere endringer. I mange tilfeller var det ikke nødvendig for de utførende å ha alle detaljene på plass, men elektrikerer trengte for eksempel bare å vite hvor mange ledninger den skulle trekke til et enkelt rom. Når selv ikke dette var avklart førte det til at områder ble forlatt uferdig og i noen tilfeller måtte gjøres om. Igjen var dette en årsak utenfor vognenes kontroll, men det gikk ut over deres evne til å bli helt ferdig i et område og skapte mye ekstra arbeid.

Et annet intervjuobjekt kommenterte at endringer var mangler man hadde oversikt over, og man gjerne visste om før man kom til et taktområde. Likevel kunne det være enkelte rom som var uavklarte, og dermed ikke kunne bli utført i henhold til taktplanen. Det kunne også komme endringer på områder som allerede var produserte. I begge tilfellene førte dette til at vognene måtte forlate taktområder uferdige, og dermed måtte komme tilbake senere for å ferdigstille dem.

4.4.3 Ta igjen arbeid

Arbeid som ikke ble ferdig i tide til avhending måtte på en eller annen måte tas igjen for at en vogn skulle være helt ferdig i et taktområde. Siden de påfølgende vognene som regel var avhengig av at arbeidet var ferdigstilt før de kunne begynne, var det sjeldent mulig å forlate taktområdet og fortsette i neste for å senere komme tilbake å rette opp manglene. Forsinkelsene måtte derfor helst tas igjen så fort som mulig for å ikke også forsinke de påfølgende vognene. Et intervjuobjekt kommenterte at det var utfordrende bare å miste mandagen på grunn av at vognen foran var forsinket. Mister man en arbeidsdag, må også denne tas igjen i løpet av arbeidsuken.

Flere intervjuobjekter påpekte at det å ta igjen arbeid i tidligere taktområder forstyrret fremdriften til den vanlige vognen deres i taktplanen. For at forsinkelser ikke skulle vokse, ble det nødvendig å bemanne på en annen måte enn normalt. I tillegg til bemanningen som krevdes for å fullføre arbeidet i henhold til taktplanen, måtte de ha ekstra bemanning til å ta igjen forsinkelsen. Et intervjuobjekt la til at den store bemanningen prosjektet krevde, gjorde at selv korte forsinkelser ble kostbare. Som

eksempel trakk den fram deres vogn med 15 arbeidere. Hvis denne ble forsinket i tre uker, mente de at det tilsvarte et helt årsverk som måtte tas igjen. De hadde også opplevd at hvis de lå tre uker bak taktplanen, tok det dem syv ekstra arbeidere i to måneder å hente seg inn. Realiteten var derfor at det tok mye lengre tid å ta igjen arbeid enn man skulle tro. Dette ble støttet av et annet intervjuobjekt, som kommenterte at det tok dem flere måneder å komme tilbake på takten etter en forsinkelse.

Siden det var så vanskelig å ta igjen forsinkelser, trakk intervjuobjektene fram at det var avgjørende å iverksette tiltak så fort som mulig. Jo lengre forsinkelsene ble, des verre var det å ta de igjen. Et intervjuobjekt påpekte også at det ikke skulle mye til for å bli forsinket, og at arbeidet ikke gikk på autopilot selv om man benyttet taktplanlegging. Viktigheten av aktiv oppfølging av framdriften og umiddelbare grep for å hindre videre forsinkelser ble dermed påpekt av flere intervjuobjekter.

Proessen med å ta igjen forsinkelser, eller å eventuelt måtte gå tilbake senere å rette opp i arbeidet de ikke ble ferdig med i tide, ble av intervjuobjektene beskrevet som ugunstig og kostbar. Hvis det bare var mindre mangler som å montere et enkelt toalett var det ikke like problematisk. Større mangler som eksempelvis at alle toalettene i et område måtte monteres, ville det gå med mye ekstra tid og energi på transport av materialene og å rigge seg opp for å arbeide. Flere intervjuobjekter påpekte at arbeidet alltid tok lengre tid hvis de måtte gå tilbake å gjøre det senere. Da hadde de ikke utstyret på plass, og forutsetningene var ikke like gunstige som da de originalt var der for å gjennomføre oppgaven. Et av de største problemene med å ta igjen arbeid var dog at de måtte benytte andre vogners taktområder.

4.4.4 Arbeide i andres taktområder

Et av de grunnleggende prinsippene med taktplanlegging er at aktørene får tildelt et taktområde der de får være alene og jobbe uforstyrret. Når en vogn ikke blir ferdig med sitt arbeid i tide og må ta dette igjen etter at takttiden er omme, innebærer det at de må jobbe i andre vogners taktområder. En vogns forsinkelse kan dermed gå ut over en uskyldig tredjepart. Noen aktører, som maleren og gulvleggeren, har større behov enn andre for å jobbe alene i et taktområde. Uansett behov mente et intervjuobjekt at de ufortjent kunne bli stemplet som litt vrang om de ikke lot andre jobbe i deres taktområde. I realiteten var det mange fordeler med å være alene i området, og det ble kommentert at produktiviteten ble negativt påvirket av at flere skulle jobbe i samme område. For at forsinkelsene ikke skulle gå for mye ut over den påfølgende vognen, var det derfor nødvendig å bli enige om hvordan begge best mulig kunne få jobbe i taktområdet.

På grunn av utformingen til bygget, kunne ikke alle taktområder ha en separat inngang. Dermed var det nødvendig å gå gjennom andre taktområder for å komme til taktområdene lengst inne i bygget. I tillegg til at korridorene fungerte som føringsveier for alle tekniske systemer, og dermed krevde mye arbeid, var det altså behov for å benytte korridorene til transport av materialer. At korridorene var såpass travle til vanlig, gjorde at det var ekstra utfordrende å skulle gå tilbake i andres taktområder for å jobbe i disse. Arbeidet som foregikk her krevde også i mange tilfeller bruk av lift, noe som bortimot stengte korridoren og dermed var veldig merkbart for andre. En av aktørene som opplevde å ikke bli ferdig i tide på grunn av manglende materialer, valgte av denne grunnen å benytte materialene den faktisk hadde i korridorene, og heller vente med sengerommene der den ville være mindre i veien for eieren av taktområdet.

Flere intervjuobjekter poengterte at det som oftest gikk greit å la andre jobbe i deres taktområde, men at det var avgjørende å kommunisere godt og finne løsninger som passet begge parter. Vognen som eide området hadde i utgangspunktet enerett, og det ble sagt at hvis andre ville jobbe i området måtte det lages skikkelige avtaler. Det nyttet ikke å bare komme og kreve plass til å jobbe, og flere påpekte at det var frustrerende når andre tok seg til rette i deres områder uten avtale. Flere intervjuobjekter påpekte at det meste løste seg ved å snakke sammen, og spesielt at de ble enige om hvor og når de andre kunne få lov til å jobbe. Et par intervjuobjekter påpekte også at de foretrakk at andre ventet med å arbeide i taktområdet til de var ferdige for dagen eller uken. På denne måten ble de ikke forstyrret, samtidig som de andre fikk mulighet til å jobbe i området.

4.5 Tiltak for bedre avhending

Etter å ha identifisert flere mulige problemer knyttet til avhending, er det neste steget å undersøke hvilke tiltak som kan benyttes for å håndtere disse og dermed sikre gode avhendinger. Siden mange av problemene ble avdekket gjennom intervjuene, var det ikke mulig å be intervjuobjektene om spesifikke tiltak for akkurat disse utfordringene i intervjuene. Når de ble spurt om de hadde forslag til forbedringer knyttet til avhendinger, kom intervjuobjektene med noen få mer generelle tiltak som ikke nødvendigvis var direkte relatert til de identifiserte problemene. Disse foreslåtte tiltakene blir også omtalt i denne delen, men flertallet av tiltakene er basert på slutninger som kunne trekkes fra svarene på andre spørsmål i intervjuene.

Problemene som ble identifisert i forbindelse med avhending var gjerne symptomer på underliggende problemer i systemet. Avhending fungerte dermed som en slags helsesjekk, der problemer som kanskje ikke ville blitt oppdaget ved bruk av andre metoder enn taktplanlegging, ble synliggjort på grunn av deres innvirkning på flyten til vognene gjennom taktområdene. Ved å videreføre analogien med symptomer, kan det derfor identifiseres to typer tiltak for å håndtere disse problemene. Enten kan man hindre at symptomene oppstår, eller så kan man lindre dem når de allerede har oppstått. Med andre ord kan man iverksette tiltak som tar tak i rotårsakene og sikrer at taktområdene blir ferdigstilt i tide for avhending, eller man kan benytte tiltak som begrenser skadevirkningene av problemer etter at de har oppstått.

4.5.1 Tiltak for å forebygge problemer

Ved spørsmål om hvordan man kunne unngå at forsinkelser påvirket andre vogner, svarte et av intervjuobjektene at det beste tiltaket rett og slett var å unngå forsinkelser. Selv om dette kanskje ikke er et konkret tiltak, illustrerer det likevel et viktig poeng. Det er alltid bedre å forebygge problemer enn å måtte håndtere dem når de oppstår. Et annet intervjuobjekt ga et eksempel som understøttet dette synspunktet, der vedkommende mente at det ville være langt mer kostnadseffektivt å betale lønnen til en ekstra arbeider og dermed sikre å at de blir ferdig i tide, enn å påføre kostnadene det ville medføre å forsinke hele takttoget.

Problemene som ble identifisert i Kapittel 4.4 var knyttet til at taktområdene ikke var klare til avhending, og i de fleste tilfellene skyldtes dette at arbeidet som skulle utføres av vognen ikke ble fullført i tide. Videre ble det identifisert fire årsaker til dette: manglende bemanning, manglende materialer, uferdige foregående arbeider og endringer i utførelsen. Videre presenteres derfor flere tiltak rettet mot disse årsakene for

å bidra til at taktområdene blir ferdigstilt i tide. I tillegg inkluderes noen tiltak som ikke direkte adresserer disse årsakene, men som likevel ble foreslått av intervjuobjektene.

Involvering og planlegging for riktig rekkefølge i takttoget

Problemene som oppstår ved avhending av taktområder kan ha røtter som strekker seg tilbake til selve utformingen av taktplanen. En av årsakene til at taktområdene ikke var klare for avhending, var at en vogn ikke kunne fullføre sitt arbeid på grunn av at det foregående arbeidet de var avhengige av, heller ikke var fullført. Dette kunne utløse en dominoeffekt bakover i takttoget, der alle ventet på at vognene foran dem skulle bli ferdige. For å hindre at dette oppstår, er det avgjørende at alle vognene faktisk har mulighet til å fullføre sine arbeidsoppgaver når de er i taktområdet, og at de dermed ikke blir den som utløser dominoeffekten.

Flere av intervjuobjektene understreket viktigheten av utformingen av taktplanen, og la spesielt vekt på å få riktig rekkefølge på vognene i takttoget. Et byggeprosjekt består av flere kjeder av oppgaver som er avhengige av hverandre, og det er denne rekkefølgen som danner grunnlaget for sammensetningen av vognene i takttoget. Et illustrerende eksempel er at dørene må monteres før låsesmeden kan installere låsekassene i dørene. Hvis rekkefølgen av vognene er planlagt feil, kan det oppstå situasjoner der i dette eksempelet låsesmeden kommer før dørmontørene.

I prosjektet var det ingen slike åpenbare feil i rekkefølgen, men maleren opplevde tidvis å komme til områder der de skulle male taket, og rørleggeren allerede hadde vært der og montert sprinklere i taket. Maleren mente at visse områder var oversett i planleggingen, og rekkefølgen på arbeidsoppgavene ble dermed feil, noe som resulterte i at arbeidsoppgavene tok betydelig lengre tid å gjennomføre. Maleren mente at hvis de hadde blitt involvert fra starten av utformingen av taktplanen, ville de oppdaget dette. At det var så få slike feil i rekkefølgen kan også skyldes at de fleste fagene var involvert i utformingen av taktplanen.

Et tiltak som kan bidra til at taktområdene blir helt ferdige i tide for avhending og forhindre at noen ikke kan fullføre sitt arbeid på grunn av uferdige foregående arbeider, er derfor å involvere alle aktørene og planlegge grundig, spesielt med fokus på å få riktig rekkefølge av arbeidsoppgavene når taktplanen utformes.

Planlegge bemanning og bestillinger før arbeidet begynner

Tilgangen på bemanning og materialer var begge faktorer som aktørene selv hadde kontroll over og måtte planlegge. Selv om enkelte hendelser som pandemi eller krig ikke kunne forutsies eller forhindres, påpekte flere intervjuobjekter at uansett årsak var planlegging avgjørende for å sikre riktig bemanning og tilgjengelighet av nødvendige materialer til enhver tid. I Kapittel 4.2.4 ble god planlegging nevnt som en suksessfaktor for taktplanlegging, og det var en klar sammenheng mellom aktørene som la ned en innsats i planlegging og de som opplevde færre problemer med produksjonen.

For å sikre at de hadde riktig bemanning og tilgang på nødvendige materialer, og dermed sikre god avhending, understreket flere intervjuobjekter betydningen av planlegging. For de aktørene som gjorde en grundig jobb i utviklingen av taktplanen, var den ukentlige planleggingen av utførelsen enklere. Et intervjuobjekt uttrykte for eksempel at de planla bemanningsbehovet for hvert taktområde mens taktplanen ble utarbeidet. Under utførelsen kunne de dermed enkelt henvise til den allerede utarbeidede planen for å vite antallet arbeidere som ville være nødvendig i kommende uker. På denne måten trengte de i utførelsen bare å kontrollere at tallene stemte og bestille tilstrekkelig bemanning.

Tilsvarende kunne materialbestillingene til hvert taktområde også planlegges i god tid i henhold til taktplanen.

Et tiltak for å sikre at taktområdene er klare til avhending kan derfor være å oppfordre alle involverte til å planlegge bemanningsbehovet og bestillingene for hvert taktområde parallelt med utviklingen av taktplanen. Et intervjuobjekt bemerket at selv om en slik plan kanskje ikke ville vise seg å være helt presis når arbeidet nærmet seg, ville den likevel være et utgangspunkt å støtte seg på i gjennomføringen når bestillingene måtte gjøres.

Planlegge for bruk av buffere

Manglende bemanning og materialer var to av de mest fremtredende årsakene til at arbeid ikke ble ferdig i tide. Dette var Consto klar over, og gjennom kontraktene forpliktet aktørene seg til å alltid ha tilstrekkelige ressurser tilgjengelig for å fullføre arbeidet innen avtalt tid. Med andre ord måtte alle aktørene ha tilstrekkelige buffere for å kunne håndtere variasjonene i produksjonen, for eksempel gjennom metodene beskrevet i Kapittel 4.2.3. I praksis klarte imidlertid ikke alle å oppfylle denne forpliktelsen, noe som resulterte i forsinkelser i arbeidsoppgavene og problemer med avhending.

Taktplanlegging legger i utgangspunktet opp til bruk av kapasitetsbuffere gjennom ekstra bemanning. Intervjuobjektene ga uttrykk for at de foretrakk mer fleksible buffere enn bare rene kapasitetsbuffere. For dem innebar ekstra kapasitet en kostnad, og derfor var det viktig å ha muligheter for å utnytte denne ekstra kapasiteten for å unngå sløsing. De foretrakk derfor å ha buffere gjennom et inventar av arbeidsoppgaver, som tillot dem å justere bemanningen mellom arbeidsoppgavene etter behov. Flere aktører fant også ulike måter å skape buffere på, for eksempel ved å benytte den ekstra kapasiteten til å jobbe seg frampå og ligge foran taktplanen. Dette ga dem en ekstra margin hvis et taktområde skulle ta lengre tid enn planlagt.

Bruken av buffere er et viktig tiltak for å sikre tilstrekkelig bemanning og tilgang på materialer. Intervjuobjektene satte pris på muligheten til å velge hvordan de implementerte buffere, og denne friheten stimulerte også deres kreativitet og evne til å finne buffere som passet deres behov. Imidlertid klarte ikke alle aktørene å sørge for tilstrekkelige buffere på egen hånd, og derfor bør buffere også planlegges i utviklingen av taktplanen. Dette kan for eksempel inkludere å sikre at alle har bufferområder eller flere vogner i takttoget for å balansere kapasitetsbehovet.

Hyppig oppfølging av framdriften

Intervjuobjektene understreket at det ikke bare holdt å planlegge, men at planene også måtte følges opp. På grunn av takttiden hadde aktørene begrenset tid til å håndtere eventuelle problemer med bemanning, materialer eller framdrift, og det var derfor nødvendig å iverksette tiltak så tidlig som mulig. Ved spørsmål om aktørene hadde noen kontrollpunkter for oppfølging av framdriften underveis i uken, ga samtlige intervjuobjekter uttrykk for at de hadde det. Flere av dem nevnte at de benyttet daglige kontroller for å vurdere framdriften. Noen hadde for eksempel tegninger som viste hvor langt de skulle ha kommet hver dag. De erfarne intervjuobjektene sa at de hadde så god kjennskap til arbeidet at de kunne vurdere hvor mye som gjensto, og derfor daglig vurdere om det var behov for å øke bemanningen for å bli ferdig innen takttiden.

Noen aktører hadde også faste tidspunkter i uken, enten midt i uken på onsdag eller torsdag morgen, der de kontrollerte framdriften. Hvis arbeidet på dette tidspunktet lå etter planen, iverksatte de tiltak som å øke bemanning ved å flytte arbeidere fra andre

vogner eller bufferområder, eller skaffet manglende materialer. Slike justeringer underveis var avgjørende for å sikre at arbeidet ble ferdig til rett tid, og kontroll av framdriften hadde en betydelig effekt.

I tillegg til de interne kontrollpunktene hos aktørene, benyttet også Consto ulike metoder for å følge opp framdriften, som beskrevet i Kapittel 4.1. Hyppige møter i løpet av uken for å evaluere framdriften viste seg å være en effektiv tilnærming. Intervjuobjektene uttrykte at Constos oppfølging av framdriften bidro til at taktplanen faktisk fungerte og at de unngikk problemer som de hadde opplevd i andre prosjekter der taktplanen skled ut og til slutt ikke var gjeldende.

Strengere oppfølging av forsinkelser

Intervjuobjektene uttrykte at det generelt sett gikk greit og at de var villige til å tilpasse seg dersom vognen foran dem opplevde problemer i en uke. Imidlertid påpekte de at gjentakende problemer kunne være svært forstyrrende for påfølgende vogner. Et intervjuobjekt foreslo derfor at totalentreprenøren burde være strengere i oppfølgingen av vognene, slik at problemene ikke skulle bli gjentakende.

Dersom en vogn ikke ble ferdig til avtalt tid, mente intervjuobjektet at det burde stilles strenge krav til at de forbedret seg. Manglende materialer eller bemanning på en vogn kunne føre til forsinkelser, som igjen kunne forsinke påfølgende vogner fordi det nødvendige foregående arbeidet ikke var fullført. Dette intervjuobjektet foreslo derfor at totalentreprenøren skulle identifisere årsakene til problemene og kreve spesielle tiltak for å rette opp i dem. For eksempel kunne de kreve at en vogn økte bemanningen sin dersom forsinkelser skyldtes lav bemanning. Ved å være strengere med vognene som opplevde slike problemer, mente intervjuobjektet at man kunne unngå gjentakende problemer.

Dermed kan en strengere oppfølging av vognene som opplever problemer være et tiltak for å sikre at aktørene blir ferdig i tide og dermed unngå at forsinkelser sprer seg til påfølgende vogner.

Kontroll av taktområdet før avhending

Det ble identifisert to typer årsaker til at taktområdene ikke ble klare i tide til avhending. Enten var det ikke ryddet ut av taktområdene, eller så var ikke arbeidsoppgavene til vognen fullført. Hvis det bare var noen få gjenværende arbeidsoppgaver som kunne fullføres raskt, eller hvis taktområdet bare var rotete, kunne dette enkelt løses ved å benytte et par arbeidere i noen få timer til å ordne opp. Det virkelige problemet oppsto når slike hendelser ble gjentakende hver uke. Dette ble irriterende for den påfølgende vognen, da de hver mandag måtte minne den forrige vogna om å rydde opp etter seg, og dermed bruke unødvendig tid på å kontrollere den forrige vogna. Et intervjuobjekt foreslo derfor at som en del av avhendingsprosedyren burde alle vognene gått gjennom taktområdet og kontrollere at alt arbeid var fullført og at taktområdet var ryddig. På denne måten ville hver vogn oppdage og rette opp sine problemer før neste vogn ankommer taktområdet, og dermed unngå gjentakende problemer som unødvendig forstyrret den påfølgende vogna.

Endringer

Endringer av omfang fra byggherrens side ble nevnt som en årsak til at arbeid ikke ble ferdig i tide. Det var begrenset hva intervjuobjektene hadde å si om tiltak for å unngå dette. Et intervjuobjekt beskrev hvordan det i sykehus kan være vanskelig å planlegge

hvilket utstyr de skal ha lenge før sykehuset skal tas i bruk, siden utstyret da kan bli utdatert før sykehuset tas i bruk. Likevel mente intervjuobjektet at flere endringer de hadde opplevd kunne vært avklart tidligere enn det som ble gjort i dette prosjektet. Dette er ikke helt innenfor totalentreprenørens kontroll, og hadde ikke veldig stor påvirkning på bruken av taktplanlegging som helhet.

4.5.2 Tiltak for å begrense virkningene av problemer

Selv om det mest ideelle er å unngå at problemer oppstår og disse tiltakene egentlig burde være overflødige, er det ikke alltid mulig å hindre at problemene oppstår. I likhet med analogien om at problemer med avhending er symptomer på andre problemer, tilsvarer tiltakene i denne delen det å lindre symptomene. Kanskje kan man ikke forhindre at problemene oppstår, men man kan forsøke å begrense skadene de medfører.

Når en vogn ikke blir ferdig med et taktområde i tide til avhending, kan man iverksette tiltak for å begrense virkningene av problemene som oppstår. Intervjuobjektene påpekte at det tok lang tid og var krevende å ta igjen forsinkelser. På grunn av avhengigheten mellom vognene fikk forsinkelser også konsekvenser for de påfølgende vognene. Dette førte til at de som skulle ta igjen arbeidet, måtte jobbe i andre vogners taktområder, noe som forstyrret deres arbeid. Gjennom intervjuene kom det fram flere tiltak som kunne begrense virkningene av problemene med avhending, for eksempel å avklare konsekvensene før problemene oppstår og å benytte materialene slik at man skaper færrest mulig problemer for de påfølgende vognene. I tillegg ble intervjuobjektene spurt om deres synspunkter på tre ulike tiltak, å nekte å ta over et uferdig område, å stoppe takttoget og å gjennomføre felles befaringer for vognene som skal avhende et område.

Avklare konsekvensene på forhånd før problemene oppstår

Når problemer oppstår, bør oppmerksomheten rettes mot hvordan de kan håndteres. I realiteten kan det oppstå uenigheter mellom de involverte partene, noe som gjør det vanskeligere å finne gode løsninger som tilfredsstillende alle. Et av intervjuobjektene, som hadde erfart gjentatte problemer med vognen foran slik at det påvirket deres arbeid, mente at det ville være til hjelp om konsekvensene av å ikke klare å følge taktplanen ble avklart på forhånd. Dette ville bidra til å tydeliggjøre ansvarsforholdet mellom partene, og de som ble berørt, ville få vite hvilke krav de kunne stille til vognene foran som skapte problemene. Intervjuobjektet mente også at dette ville redusere unødvendig støy som oppsto i forbindelse med problemløsningen. Ved å være klar over konsekvensene av å ikke bli ferdig i tide, kunne det også virke avskrekkende. For eksempel, hvis de visste at forsinkelser kunne føre til økonomiske krav, ville det gi større insentiv til å øke størrelsen på bufferne for å ikke bli forsinket.

Prioritere materialer der behovet er størst

For å begrense konsekvensene av manglende materialer, beskrev intervjuobjektene to metoder de hadde benyttet. Noen kommenterte at siden takttoget fortsatte å gå selv om de ikke hadde alle materialene, måtte de gjøre det som var nødvendig for å skaffe materialer. En av aktørene hadde for eksempel opplevd å måtte leie en bil og hente varer i en naboby to timer unna. Dårlig planlegging kunne dermed bli kostbart, men det var ikke alltid mulig å få tak i de materialene de trengte, så dette er ikke alltid et realistisk tiltak for å begrense virkningen av manglende materialer.

Den andre metoden gikk ut på å prioritere bruken av tilgjengelige materialer på de mest kritiske områdene. På grunn av krig, opplevde en aktør at de bare fikk tak i halvparten

av det utstyret de skulle montere. De valgte derfor å prioritere montering av utstyret i korridorene, da de påfølgende arbeidsoppgavene var avhengige av utstyret der, noe de ikke var i sengerommene. Dette tiltaket gjorde at problemene til vognen ble mindre forstyrrende for de påfølgende vognene, da monteringen i sengerommene kunne gjøres senere uten for store følger. Å prioritere bruken av tilgjengelige materialer på en måte som minimerer forstyrrelser for de påfølgende vognene, kan derfor være et tiltak som begrenser effektene av manglende materialer.

Nekte å ta over et uferdig taktområde

En mulighet aktørene hadde ved avhending var å nekte å ta over et taktområde dersom det ikke var klart. Hensikten var å presse vognen foran til å fullføre arbeidet, slik at de som skulle inn i området kunne jobbe uforstyrret. Dette tiltaket ble gjort kjent for alle vognene, og flere hadde forsøkt å benytte seg av det. Et intervjuobjekt bemerket at alle kunne være flinkere til å nekte å ta over uferdige områder, og innrømmet at de i begynnelsen var bekymret for å skape dårlig stemning med vognen foran ved å gjøre det. Etter hvert som vognene ble kjent med hverandre og forstod at det var akseptabelt å ikke ta over taktområdene ved problemer, ble de flinkere til å si ifra til hverandre.

Effektiviteten av å nekte å ta over et taktområde varierte avhengig av årsaken til forsinkelsen hos vognen foran. Flere intervjuobjekter opplevde at det var effektivt å nekte å ta over når taktområdet var rotete og ikke var ryddet av vognen foran. De varslet da vognen foran om at dette ikke var akseptabelt, og problemet ble raskt løst. Hvis forsinkelsen skyldtes mangel på materialer, var det derimot ikke gunstig å nekte å ta over området, da arbeidet uansett ikke kunne fullføres før materialene var tilgjengelige. Et intervjuobjekt uttrykte derfor at dette tiltaket fungerte bedre i teorien enn i praksis.

En ugunstig side ved å nekte å ta over et område, som ble påpekt av flere intervjuobjekter, var at takttoget fortsatte å gå selv om de ikke tok over området. Dette satte dem i en dårlig posisjon for å fullføre sitt eget arbeid innenfor takttiden. Av denne grunnen foretrakk de å ta over området og begynne på det de kunne, samtidig som de ventet på at vognen foran skulle fullføre sitt arbeid, selv om dette betydde at deres eget arbeid ble mindre effektivt enn om området hadde vært klart. Flere bemerket også at ved å kommunisere direkte med vognen foran kunne man finne bedre løsninger som passet begge parter. I Kapittel 4.2.4 ble kommunikasjon nevnt som en suksessfaktor, og ved å ha et godt forhold til de omkringliggende vognene kunne man avtale mer fleksible løsninger enn bare å nekte å ta over området.

Stoppe takttoget

En utfordring ved å nekte å ta over et taktområde var at takttoget fortsatte å gå, slik at vognen som skulle inn i taktområdet dermed endte opp med kortere tid til å utføre sitt arbeid. Et mer inngripende tiltak for å rette opp problemer før de eskalerer og man mister kontroll, er å stoppe toget. Dette tiltaket innebærer å stanse fremdriften av arbeidet for å løse pågående problemer. Dersom forsinkelsene blir store nok, vil toget til slutt stoppe av seg selv på grunn av avhengigheten mellom oppgavene. Av denne grunn kan det også være hensiktsmessig å stoppe toget med vilje for å håndtere problemer før de blir for store og man mister fullstendig kontroll.

Da intervjuobjektene ble spurt om deres synspunkter på å stoppe toget, var de alle enige om at dette ikke var realistisk. Et av intervjuobjektene svarte at ingen ønsket å påføre andre sine problemer, og ved å stoppe toget ville det ramme alle andre. Det var derfor

svært vanskelig å ta avgjørelsen om å stoppe toget. De andre intervjuobjektene kommenterte også det økonomiske aspektet og uttalte at det ville være svært kostbart å stoppe toget. Alle ville fortsatt måtte betale for arbeidere, reisekostnader og boliger, og kostnadene for selv en kortvarig stopp ville derfor være betydelige. Samtidig ville det oppstå en omfattende diskusjon om hvem som skulle dekke disse kostnadene, og det ville føre til mange økonomiske krav frem og tilbake. Flere mente derfor at det var enklere å gjøre det beste ut av situasjonen og tilpasse seg slik at alle kunne fortsette å jobbe så langt det var mulig. Et intervjuobjekt påpekte også at det var bedre å hindre at problemene eskalerte til et punkt der det var nødvendig å stoppe toget. Det ville uansett være mer kostnadseffektivt og enklere å bruke flere ressurser på å ha større buffere, enn å tillate at takttoget stoppet opp.

Befaring ved avhending

Et tiltak som ble prøvd ved Nye Hammerfest Sykehus var felles befaringer i forbindelse med avhendingen. På grunn av manglende bemanning og materialer opplevde en vogn betydelige forsinkelser, noe som skapte en dominoeffekt der påfølgende vogner ikke hadde tilstrekkelig tid til å fullføre sitt arbeid. For å unngå at toget stoppet opp, ble det besluttet at en klynge på fem vogner, som hadde tette avhengigheter, skulle gjennomføre felles befaringer av taktområdene sammen med totalentreprenøren i starten av hver arbeidsuke.

Målene med befaringene var todelt. For det første skulle de avdekke mangler i hvert taktområde, slik at alle fikk en tydelig oversikt over forsinkelsene og hva som måtte gjøres i hvert område. Det andre målet var å koordinere arbeidet, slik at alle kunne jobbe så effektivt som mulig, selv om de ikke hadde taktområdet for seg selv og det var noen mangler fra vognene foran. Ved disse befaringene fremhevet et av intervjuobjektene den store fordelene det var å sammen kunne lage klare avtaler mellom aktørene. Når en aktør måtte stå foran de påfølgende vognene og avtalte hva de skulle gjøre og når de skulle være ferdige, førte det til at de var ærlige og lagde realistiske planer.

Det ble understreket av et intervjuobjekt at disse befaringene ikke skulle brukes til å straffe eller henge ut noen, men snarere for å gjenvinne kontrollen og få vognene tilbake på riktig spor. Det ble kommentert at det ikke hadde noen hensikt å irettesette hverandre uke etter uke, og befaringene ble derfor gjennomført med en positiv og konstruktiv innstilling. Flere av de involverte ga uttrykk for at dette tiltaket hadde stor effekt. De opplevde at avtalene som ble laget mellom aktørene faktisk ble overholdt. Når en aktør hadde sagt klart fra om hva som skulle gjøres og når det skulle være ferdig, hadde de ingen annen mulighet enn å holde seg til dette. Problemer ble dermed raskt løst sammenlignet med slik det hadde vært før befaringene. Disse avtalene bidro også til å forhindre irritasjon og dårlig stemning mellom vognene gjennom arbeidsuken. Takket være dette tiltaket klarte alle vognene faktisk å komme tilbake til den opprinnelige taktplanen.

På grunn av den positive effekten av befaringene, fortsatte de med dem også etter at vognene hadde tatt igjen forsinkelsene. Dette bidro til å unngå nye problemer som kunne forårsake ytterligere forsinkelser. Et av intervjuobjektene påpekte imidlertid at effekten av befaringene ble mindre etter at forsinkelsene var innhentet. Et annet intervjuobjekt mente at det kunne være verdifullt å gjennomføre slike befaringer selv når de ikke opplevde problemer, men at det ikke var nødvendig for hele takttoget å delta. Siden alle vognene er avhengige av hverandre, ville det være urealistisk å ha alle med på befaring

hver mandag. Vedkommende mente derfor at befaringsene burde begrenses til mindre grupper på fire til fem vogner som hadde sterke avhengigheter. De intervjuobjektene som hadde deltatt i befaringsene mente derfor at dette var et tiltak som kunne tas i bruk for å løse problemer, men det var ikke nødvendig å gjøre det til en rutine ved avhending. Intervjuobjektene understreket også viktigheten av å ha tillit til hverandre og at alle faktisk utførte jobben sin, slik at befaringsene skulle være overflødige. Dersom mindre problemer oppstod med avhendingen, kunne disse tross alt tas opp under «daily huddle», og ville da bli håndtert.

Sørge for god kommunikasjon mellom vognene

Flere av intervjuobjektene understreket at de fleste problemer kunne løses gjennom god kommunikasjon. Ved å kommunisere kunne aktørene både forebygge problemer med avhending og begrense konsekvensene av eventuelle problemer som oppstod.

Taktplanen knyttet alle aktørene sammen, og da alle var i samme situasjon, hadde de felles mål og ønske om å fullføre prosjektet. Dette fellesskapet, sammen med det gode forholdet vognene hadde utviklet gjennom prosjektet, førte også til økt fleksibilitet mellom aktørene, slik at alle skulle fullføre arbeidet i tide.

Å sørge for gode forhold og god kommunikasjon mellom vognene, for eksempel gjennom «daily huddle» og andre møtepunkter, ble derfor sett på som et tiltak med mange positive effekter. Det kanskje viktigste var fleksibiliteten det ga aktørene. Et intervjuobjekt bemerket for eksempel at hvis de visste at de ville bli forsinket en uke, kunne de bare spørre vognen foran om å få noen ekstra timer på mandag morgen for å rydde ut av taktområdet, og som regel gikk dette greit.

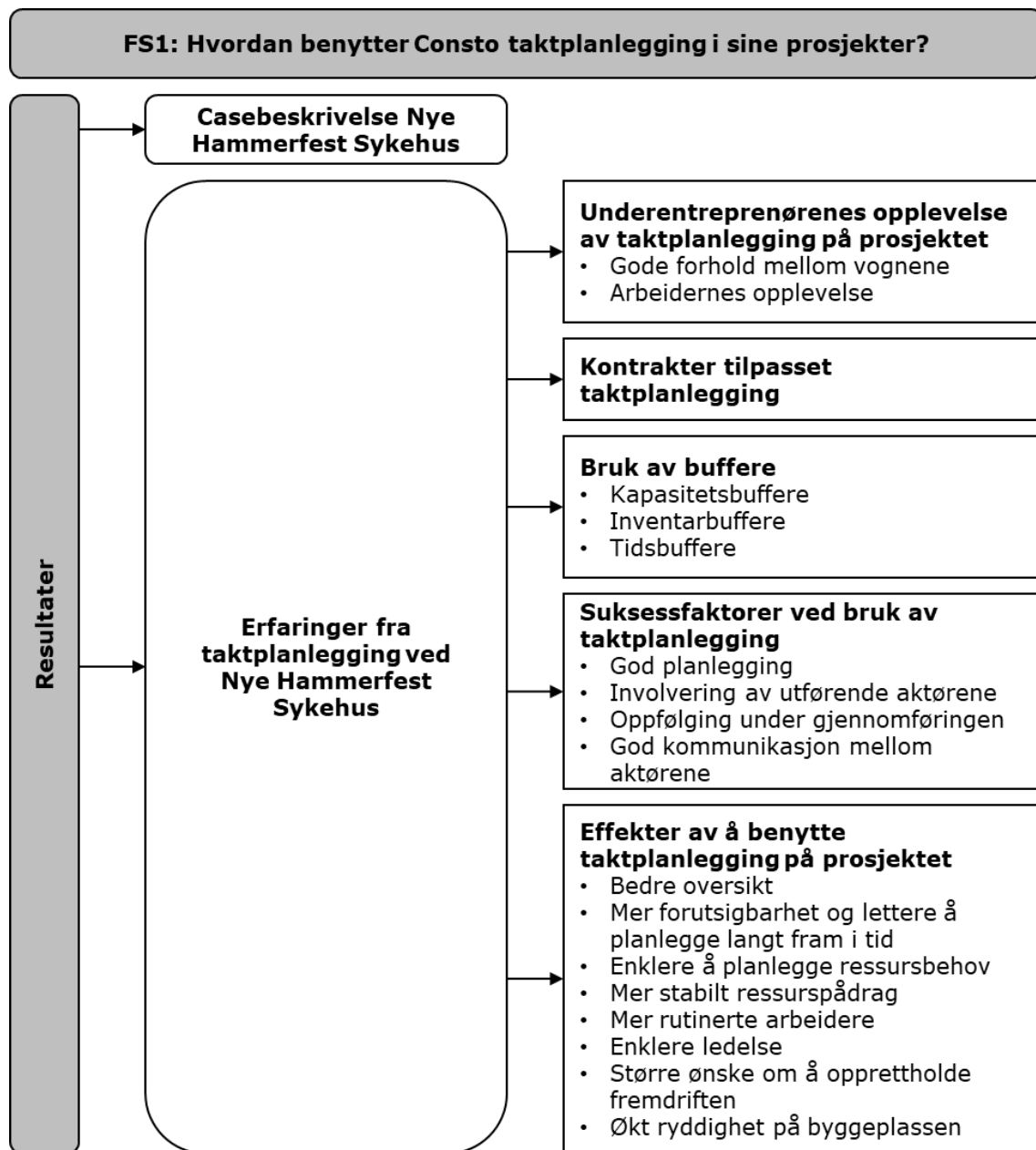
Kommunikasjon bidro også til å løse problemer som oppsto, for eksempel hvis et område ikke var ryddet ferdig når neste vogn skulle overta. Flere intervjuobjekter hadde opplevd at de bare trengte å ta opp saken med vognen foran, og da ble problemet som regel rettet opp i umiddelbart. Slike saker kunne også tas opp under «daily huddle», men når vognene ble kjent med hverandre, løste de ofte slike problemer direkte seg imellom. Dette begrenset antallet involverte aktører ved problemer og muliggjorde umiddelbar utbedring av manglene som ble oppdaget.

Når det gjaldt å ta igjen forsinket arbeid, var god kommunikasjon igjen avgjørende. Å bruke en annen vogns taktområde uten tillatelse var svært upopulært og skapte irritasjon blant aktørene. Noen aktører, som maleren, trengte eksempelvis å ha hele taktområdet tilgjengelig og for seg selv. Hvis andre kom inn og begynte å arbeide i taktområdet uten tillatelse, kunne det forstyrre eieren av taktområdes arbeid. Derfor uttrykte intervjuobjektene at det var viktig å kommunisere og avtale når de som var forsinket kunne komme tilbake og fullføre arbeidsoppgavene sine, og når de måtte la taktområdets eier få arbeide uforstyrret.

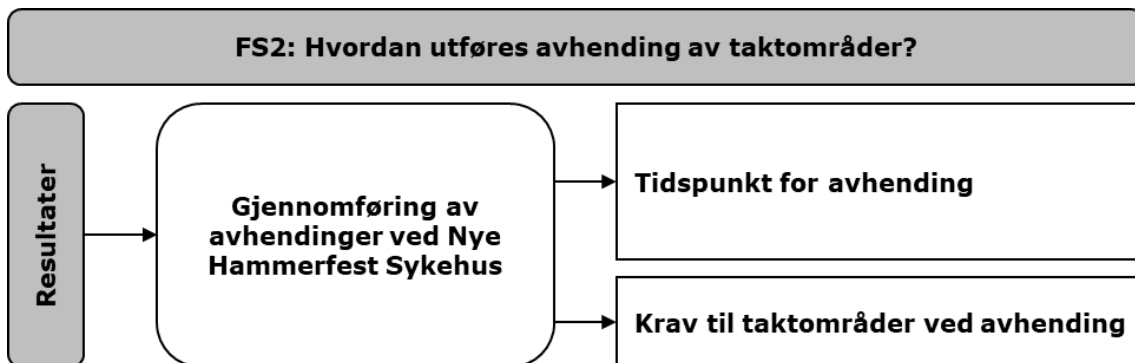
God kommunikasjon var ikke bare et tiltak som kunne brukes ved problemer, det tillot også aktørene å utnytte kapasiteten bedre og skape buffere. Flere av intervjuobjektene hadde opplevd å fullføre arbeidet sitt tidligere enn planlagt. De kunne da kommunisere med vognen foran, og fikk som regel tillatelse til å starte arbeidet i det påfølgende taktområdet før den oppsatte tiden i taktplanen. Det var imidlertid viktig å avtale fremgangsmåten nøye, slik at de ikke hindret vognen som egentlig skulle være i taktområdet. Gode relasjoner og effektiv kommunikasjon mellom aktørene var derfor avgjørende for å løse mange problemer og skape nye muligheter.

4.6 Oppsummering av resultater

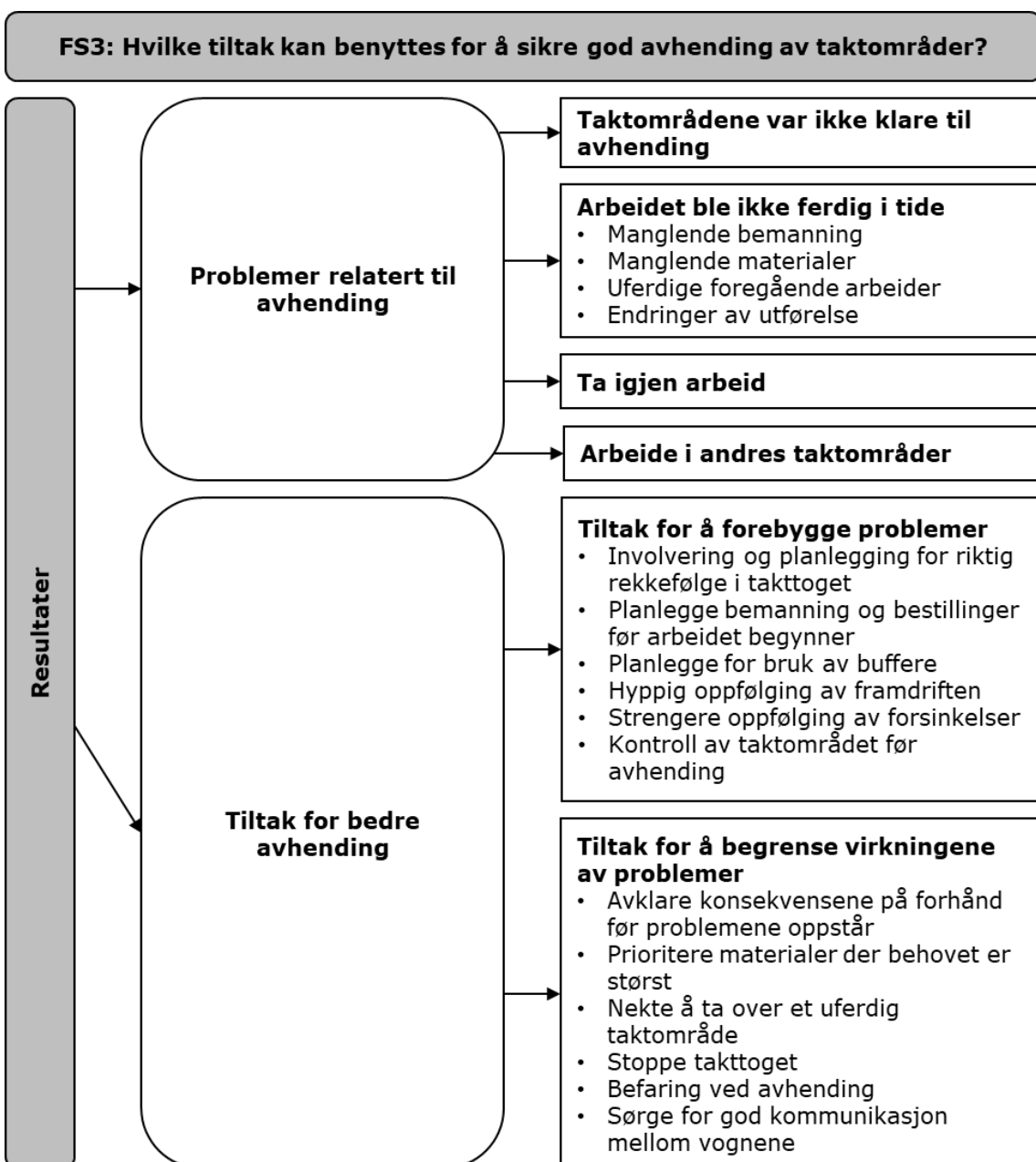
Figur 5, Figur 6 og Figur 7 oppsummerer resultatene knyttet til henholdsvis forskningsspørsmål 1, 2 og 3.



Figur 5 Oppsummering av resultater knyttet til FS1



Figur 6 Oppsummering av resultater knyttet til FS2



Figur 7 Oppsummering av resultater knyttet til FS3

5 Diskusjon

I dette kapitlet drøftes funnene fra casestudien opp mot litteraturen. Strukturen følger forskningsspørsmålene slik at det første som drøftes er knyttet til *FS1: Hvordan benytter Consto taktplanlegging i sine prosjekter?* Videre følger *FS2: Hvordan utføres avhending av taktområder?* Etterfulgt av *FS3: Hvilke tiltak kan benyttes for å sikre god avhending av taktområder?* Avslutningsvis drøftes resultatenes begrensninger.

5.1 Taktplanlegging i Constos prosjekter

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke avhendinger i taktproduksjon. Det første forskningsspørsmålet tar ikke spesifikt for seg avhendinger, men ser mer generelt på hvordan taktplanlegging blir benyttet i Constos prosjekter. Grunnen til at dette er et forskningsspørsmål, er fordi det er nødvendig å ha god kjennskap til metoden Consto benytter, for å kunne videreutvikle og forbedre den. Det finnes ulike typer taktplanlegging, og hvordan avhendinger gjøres, samt hvilke tiltak som kan bidra til å sikre en god avhending, kan variere avhengig av hvilken metode som blir benyttet. For å kunne undersøke detaljer som avhendinger, er det derfor avgjørende å ha en forståelse av konteksten, slik at man kan vurdere det som blir gjort og komme med relevante tiltak. Denne delen av oppgaven har derfor ikke som mål å i dybden sammenligne Constos metode for taktplanlegging med den nyeste litteraturen om generell taktplanlegging, men heller å legge et grunnlag for å forstå konteksten som den videre diskusjonen om avhendinger er satt i.

Consto har en strategi om å benytte sin egenutviklede arbeidsmetode Involverende Bygging i Consto (IBC) i alle sine prosjekter. IBC er utviklet basert på Constos erfaringer med å benytte forskjellige metoder for involverende bygging. En viktig del av IBC er taktplanlegging, som dermed også benyttes i alle prosjekter. Grunnlaget for hvordan taktplanlegging skal benyttes er dermed standardisert gjennom hele konsernet gjennom IBC-veilederen. Dette gjør at alle som skal benytte taktplanlegging har et felles grunnlag, og ut fra dette kan tilpasse metoden til hvert enkelt prosjekts omstendigheter.

IBC-veilederen tar både for seg hvordan taktplaner bør utformes, og hvordan de bør følges opp. Som illustrert i Kapittel 4.1 har IBC fellestrekk med både Takt Time Planning (TTP) og Takt Planning and Takt Control (TPTC). Utformingen av taktplanen har etter IBC mange fellestrekk med TTP, hvor det viktigste fellestrekket er involvering av de utførende i utformingen av planen. Både intervjuobjektene og litteraturen påpeker hvor viktig dette er både for å lage gode planer, men også for å skape eierskap til planene. TPTC har et annet syn på dette, der taktplanene utformes hovedsakelig av en gruppe eksperter. Denne tilnærmingen ble kritisert av intervjuobjektene, som hadde opplevd at taktplaner utviklet på denne måten endte opp med å ikke fungere, mye på grunn av at planene ikke tok hensyn til slik aktørene selv ønsket å utføre arbeidet.

Et fellestrekk mellom IBC og TPTC som viste seg å fungere i caseprosjektet, var knyttet til oppfølging av produksjonen. Et viktig element i TPTC er å hyppig kontrollere fremdriften ute på byggeplassen der verdien skapes. Consto benytter tre møteformer for å følge opp framdriften, og spesielt «daily huddle» sammenfaller med prinsipper fra TPTC. «Daily huddle» finnes også i TTP, og er daglige møter der ledelsen møter de

utførende for å følge opp framdriften, koordinere aktørene og tidlig oppdage eventuelle problemer. Ved Nye Hammerfest Sykehus ble dette beskrevet som en av de mest effektive arenaene for å hindre og løse problemer.

Det at Consto benytter IBC og taktplanlegging i alle sine prosjekter, gjør at de kan ta hensyn til dette allerede fra starten av prosjekter. Ved Nye Hammerfest Sykehus visste de for eksempel allerede fra de ble innstilt til forprosjektet at de ville benytte taktplanlegging til det innvendige arbeidet. På denne måten kunne kontraktene til underentreprenørene ta hensyn til at prosjektet skulle benytte IBC. Litteraturen påpeker at kontraktene påvirker hvordan underentreprenørene utfører sitt arbeid, og at de derfor må tilpasses for effektiv bruk av taktplanlegging. Tilpasningene Consto hadde gjort i kontrakten ved Nye Hammerfest Sykehus var begrenset, men aktørene var positive til disse. Et forbedringspotensial som ble påpekt, var å i kontrakten avklare konsekvenser av å ikke klare å følge taktplanen. Dette mente et intervjuobjekt kunne bidra til å hindre konflikter hvis forsinkelser skulle oppstå. Tydeligere konsekvenser kan også virke avskrekkende, og dermed gi aktørene større insentiver til å bli ferdig i tide og unngå forsinkelser.

En måte kontraktene ble tilpasset taktplanlegging var å forplikte aktørene til å alltid ha tilstrekkelig kapasitet til å klare å følge taktplanen. I praksis betyr dette at aktørene måtte ha en tilstrekkelig kapasitetsbuffer til å håndtere variabiliteten i produksjonssystemet. Nøyaktig hvordan dette skulle gjøres ble ikke beskrevet, slik at aktørene hadde frihet til å finne buffere som passet dem. Litteraturen påpeker at det ved taktplanlegging hovedsakelig skal benyttes kapasitetsbuffere, men den typen buffer var ikke populær blant aktørene ved Nye Hammerfest Sykehus. Intervjuobjektene uttrykte at ekstra kapasitet som ikke kunne utnyttes var en økonomisk belastning, og at de dermed foretrakk mer fleksible måter å bufre arbeidet sitt. At aktørene hadde frihet til å finne fleksible buffere som passet for dem var derfor en styrke i metoden til Consto.

Intervjuobjektene mente taktplanlegging var den eneste måten Nye Hammerfest Sykehus kunne blitt gjennomført så effektivt og med så rask framdrift som prosjektet opplevde. Taktplanen spilte også en rolle i å gi en god oversikt over hele prosjektet, og det ble sagt at det var uvanlig få problemer og konflikter, spesielt med tanke på omfanget av prosjektet. Gjennom hele Kapittel 4 kommer det fram flere gode grunner til å benytte taktplanlegging, og Kapittel 4.2.5 trekker spesielt fram åtte effekter intervjuobjektene ved Nye Hammerfest Sykehus opplevde på grunn av taktplanen. Litteraturen nevner også en rekke positive effekter man oppnår ved å benytte taktplanlegging. Det er altså mange grunner til at Consto benytter taktplanlegging i alle sine prosjekter.

Slik taktplanlegging ble benyttet ved Nye Hammerfest Sykehus ble positiv omtalt av intervjuobjektene og kan betraktes som en suksessfull implementering. For å kunne dra nytte av denne suksessen i andre prosjekter i Consto, ble det i Kapittel 4.2.4 sett på hva som bidro til taktplanleggingens suksess i dette prosjektet. Resultatet var fire suksessfaktorer som gikk igjen i intervjuene. Disse var god planlegging, involvering av utførende, oppfølging under gjennomføringen og god kommunikasjon mellom aktørene. Årsakene intervjuobjektene kom med til at disse faktorene bidro til suksess, var ikke knyttet til omstendigheter som bare gjelder dette prosjektet. Det at suksessfaktorene er forholdsvis generelle, er et argument for at de også vil gjelde i andre prosjekter. Det å fokusere på planlegging, involvering, oppfølging og kommunikasjon ved bruk av taktplanlegging er derfor noe som kan anbefales alle prosjekter i Consto.

Selv om disse suksessfaktorene kan virke åpenbare, er det fortsatt et poeng i å framheve dem. Innenfor hver suksessfaktor ble det identifisert flere konkrete elementer som bidro til suksess. Disse kan for eksempel legges til i IBC-veilederen. Alle elementene er dog ikke like relevante for alle involverte i taktplanleggingen. Av denne grunnen kan det derfor være viktigere bare det å vite at planlegging, involvering, oppfølging og kommunikasjon er viktig, slik at man husker det og legger opp til det gjennom hele prosessen med taktplanen.

5.2 Prosessen for avhending av taktområder

Hvordan avhendinger burde gjennomføres var et område litteraturen sa spesielt lite om. Det ble trukket fram flere fordeler av å utføre avhendingene på en god måte, men det ble ikke beskrevet hva som faktisk var en god måte. Dette var altså et tema som ble oversett av litteraturen. Consto hadde på sin side heller ikke noen definert metode for hvordan dette skulle gjøres, men satte noen rammer knyttet til tidspunkt og krav til avhendingene.

Gjennom intervjuene kom det fram at avhendingen mellom noen vogner nærmest gikk av seg selv, mens andre krevde mer oppfølging og kontroll av områdene. Etter vognene som var flinke til å gjøre seg helt ferdige og forlate taktområdene ryddige, var det ikke behov for å ha strenge rutiner for avhending. Imidlertid var det et større behov for struktur i avhendingene når en taktvogn jevnlig hadde problemer med framdriften og dermed etterlatte rotete og uferdige taktområder. Det var med andre ord stor variasjon i behovet vognene hadde for struktur i avhendingene.

På grunn av varierende behov for struktur i avhendingene, var det stor variasjon i hvordan vognene valgte å gjennomføre avhendingene. Consto ga noen retningslinjer, men ellers hadde vognene frihet til å bestemme prosedyren selv. Intervjuobjektene satte pris på denne fleksible tilnærmingen, da den tillot dem å tilpasse avhendingene til deres spesifikke situasjon. Derfor kan det argumenteres for at utviklingen av én felles metode som skal passe for alle vognene kanskje ikke er optimalt. For det første vil de ulike behovene gjøre det vanskelig å finne en metode som passer for alle. For det andre vil noen vogner, som allerede har effektive avhendinger, bli pålagt å bruke unødvendige ressurser på en rutine som ikke gir dem verdi.

På en annen side vil en mer strukturert metode være til hjelp for vognene som stadig opplever problemer. Likevel er det vognene selv som best kan se behovene sine og utvikle metoder som passer for dem. Å påtvinge en metode som skal passe for alle, vil kanskje hjelpe de få vognene som sliter, men det kan også gå ut på bekostning av vognene som ellers klarer seg godt med sine egne metoder. Derfor er det viktig å tillate vognene å tilpasse metodene til deres spesifikke situasjon, slik de hadde mulighet til ved Nye Hammerfest Sykehus. Samtidig er det nødvendig å ha klare rammer for hvordan avhendingene skal foregå, for å sikre at de som trenger mer struktur, også får det.

Tidspunkt for avhending

Når det kom til hvordan avhendingene skulle gjennomføres, ble det ved Nye Hammerfest Sykehus gitt føringer for tidspunktet avhendingene skulle finne sted. Prosjektet brukte takttid på én uke og avhendingene skulle skje mandag morgen. Imidlertid strider dette mot det lille litteraturen faktisk sier om gjennomføring av avhendinger. Litteraturstudiet viste at aktører som brukte ukestakt ofte foretrakk at vognene tok over taktområdene på mandager og ga de fra seg på fredager. Ved Nye Hammerfest Sykehus ble begge delene

gjort samtidig på mandager. Selv om forskjellen ved første øyekast kan virke ubetydelig, påvirker den faktisk flere aspekter ved gjennomføringen.

Årsaken til at taktplanen gikk fra mandag til mandag ved Nye Hammerfest Sykehus, var knyttet til den prosjektspesifikke omstendigheten at mange av arbeiderne pendlet til prosjektet. Noen aktører hadde rotasjonsplaner der arbeiderne jobbet to uker i strekk, inkludert lørdager, mens andre bare jobbet mandag til torsdag. For å gi aktørene fleksibilitet til å jobbe slik det passet dem, ble taktplanen derfor satt fra mandag til mandag. Likevel ble det understreket at arbeidet skulle planlegges til å bare bruke fem arbeidsdager. Arbeidet skulle dermed være ferdig innen fredager, slik at avhendingene også kunne funnet sted da. Imidlertid var ikke dette ønskelig fordi noen aktører likevel jobbet lørdager og ønsket å kunne bruke disse i taktområdet, mens andre aktører reiste hjem torsdag og dermed ikke var til stede på fredager.

Et intervjuobjekt mente at avhendingene egentlig burde finne sted på torsdager, på samme måte som litteraturen foreslo for fredager. Ved å gi fra seg området på torsdag kunne de avslutte uken med avhendingen, og samtidig slippe å ha ansvaret for taktområdet etter at de hadde reist hjem for helgen. Imidlertid møtte denne ideen motstand fra de andre intervjuobjektene, som påpekte at det ville begrense dem til å jobbe bare mandag til torsdag, selv om de hadde arbeidere som uansett jobbet fredag og lørdag. En annen grunn til at en ønsket å gi fra seg områdene på torsdager i stedet for mandager var at de kom sent til prosjektet på mandager på grunn av lang reisevei. Å ta over områdene på mandager var ikke et problem for dem, men de likte ikke tanken på å gi fra seg et område uten å være til stede, siden de da ikke hadde mulighet til å raskt rette eventuelle mangler som ble oppdaget ved avhendingen.

Forskjellen mellom teori og praksis når det gjelder tidspunkt for avhending illustrerer hvordan slike prosesser må ta hensyn til omstendighetene i et prosjekt. Den mest ideelle måten å gjennomføre avhendinger på i prosjekter med ukestakt er kanskje som litteraturen sier, å ta over taktområder på mandager og gi de fra seg på fredager. Dette er også tanken til aktøren som ønsket å bli ferdig på torsdager. Som både litteraturen og intervjuene antydte, er en fordel med ukestakt at det passer med arbeidernes ukentlige rutiner. Å bli helt ferdig og slippe ansvaret for et område i helgen passer dermed godt med denne tankegangen.

Denne problematikken virker kanskje bare gjeldende for prosjekter med ukestakt, men den kan også overføres til kortere takttider. Ved en takttid på én dag kan man for eksempel ta over området om morgenen og gi det fra seg om kvelden. Alternativt kan man benytte en metode som ligner den ved Nye Hammerfest Sykehus, der begge deler gjøres om morgenen. Den største forskjellen mellom å velge mandag til mandag eller mandag til fredag er hvordan man ser på helgen som en tidsbuffer. I tilfellet med en takttid på én dag representeres denne tidsbufferen ved å jobbe om kvelden etter arbeidstid.

Prosedyren for avhending som nevnes i teorien, altså mandag til fredag, har fordelen av at uken avsluttes med avhendingen. Dette gir en mulighet til å kontrollere om områdene er ferdige eller om det gjenstår arbeid. På denne måten får vognene en tydelig beskjed om at de må bruke helgen som buffer hvis de ikke er ferdige. Bufferen er da tilgjengelig som et alternativ som kun benyttes ved behov. På den andre siden har vi mandag til mandag, som ble brukt ved Nye Hammerfest Sykehus. Her er bufferen mer innarbeidet i den vanlige takttiden, og det er ingen tydelige punkter som utløser bruk av helgen som buffer. Dette er noe vognene må vurdere selv. Om en vogn tror den er ferdig i et

taktområde og drar hjem for helgen, vil de heller ikke oppdage eventuelle problemer før avhendingen mandag morgen. De vil dermed måtte bruke tid på å rette opp i problemene og være i veien for neste vogn på mandagen, i stedet for å kunne rettet det opp i helgen. Dette taler for at den beste prosedyren for avhendinger er den som benytter mandag til fredag, gitt andre omstendigheter enn ved Nye Hammerfest Sykehus.

Selv om det i utgangspunktet var bestemt at avhendingene skulle skje ved starten av arbeidsdagen på mandager, varierte praksisen blant vognene ved Nye Hammerfest Sykehus. De som hadde spesielle behov, for eksempel de som kom litt senere til prosjektet på mandager, inngikk egne avtaler med vognene de var avhengige av. Dette er et eksempel der suksessfaktoren god kommunikasjon bidro til å skape fleksibilitet, slik at aktørene kunne tilpasse metodene etter det som passet dem. Hvis noen ble ferdige før tiden, var det også vanlig at vognene kommuniserte med hverandre og avtalte å avhende vognene tidligere enn mandag. Derfor bør det være en viss fleksibilitet når det gjelder nøyaktig tidspunkt for avhendingene, slik at det kan tilpasses vognenes behov. Likevel bør det fortsatt være et utgangspunkt at vognene skal avhendes mandag og fredag.

Krav til taktområdene ved avhending

Ved Nye Hammerfest Sykehus ble det i tillegg til tidspunktet for avhending, gitt føringer for kravene som skulle stilles til taktområdene ved avhending. I utgangspunktet ble det bare sagt at taktområdene skulle være ferdige ved avhending. Imidlertid viser litteraturen at det kan være ulike oppfatninger av hva det faktisk innebærer å være "ferdig" i et taktområde, og at det derfor er det viktig å sette tydelige krav.

Intervjuobjektene ved Nye Hammerfest Sykehus påpekte at de før produksjonen begynte hadde fått beskrevet at et taktområde først var ansett som ferdig når alle arbeidsoppgavene som skulle utføres av den aktuelle vognen var fullført. Videre skulle også taktområdene være ryddige, støvsugde og fritt for alt utstyr, verktøy, stillaser og andre håndverkere. Det å rydde ut av taktområdene er altså en viktig del av det å gjøre seg ferdig, noe litteraturen indikerer at ofte kan bli oversett av de utførende og derfor burde komme tydelig fram.

Arbeidsoppgavene til de forskjellige vognene er avhengige av hverandre. Derfor er det avgjørende at alle vognene fullfører sitt arbeid og oppfyller de fastsatte kravene før avhending. Litt rot i et taktområde vil ikke umiddelbart stoppe produksjonen, men det vil påvirke den påfølgende vogn og i verste fall forsinke den. Avhengighetene gjør at det viktigste er at alle vognene blir ferdig med sine arbeidsoppgaver, slik at neste vogn kan utføre sine. Ved å stille tydelige krav til at arbeidsoppgavene skal være ferdige og taktområdet ryddet, er målet å sikre at den påfølgende vognen skal kunne jobbe uforstyrret, at de faktisk kan gjennomføre arbeidet sitt og dermed ikke skaper flere forsinkelser bakover i takttoget.

Intervjuobjektene var fornøyde med kravene som ble satt ved Nye Hammerfest Sykehus. Kravet om at taktområdet måtte være fullført var tydelig og enkelt å forstå, og det ble tydelig at "ferdig" også inkluderte å rydde opp etter seg. Ved spørsmål om det burde være noen andre krav, ble det påpekt at det ikke var nødvendig, men at man heller kunne være strengere med å passe på at alle fulgte kravene, slik at det ikke ukentlig var aktører som ikke leverte i henhold til kravene. Det er verdt å merke seg at kravene som ble benyttet ved Nye Hammerfest Sykehus ikke var spesifikt tilpasset omstendighetene til prosjektet. Dette innebærer at de er generelle og bør kunne anvendes også i andre

prosjekter. Kravene som bør stilles ved avhending av taktområder er derfor at taktområdene skal være ferdig, herunder at arbeidsoppgavene er gjennomført og taktområdet ryddet.

5.3 Tiltak for å sikre god avhending av taktområder

I Kapittel 4.5 ble problemer knyttet til avhending identifisert som symptomer på underliggende problemer. Denne sammenligningen ble videre brukt til å illustrere at disse symptomene enten kan hindres i å oppstå eller lindres etter at de oppstår. Årsaken til disse symptomene ble funnet å være en rekke hendelser. Problemer med avhending oppstod ofte fordi taktområdene ikke var klare til avhending. Årsaken til at taktområdene ikke var klare til avhending skyldtes igjen at arbeidet som skulle utføres av en vogn ikke ble ferdigstilt i tide. Dette kunne skyldes faktorer som manglende bemanning, materialer eller uferdige foregående arbeider. Disse tre momentene er også identifisert i litteraturen blant de syv forutsetningene for arbeidet. Mangelen på disse forutsetningene kunne igjen føre til problemer, som for eksempel behovet for å ta igjen arbeid og dermed måtte jobbe i andre taktområder.

Det ble avdekket flere tiltak for å håndtere disse problemene, i tillegg til andre tiltak for å sikre gode avhendinger som ble foreslått av intervjuobjektene. Kapittel 4.5 tar for seg de fleste av disse i mer detalj, slik at det i denne delen ikke er nødvendig å diskutere like mye ved alle tiltakene.

5.3.1 Tiltak for å forebygge problemer

Flere av intervjuobjektene påpekte at det er bedre å forebygge at problemer oppstår, enn å håndtere dem i etterkant. Gjennom analogien med symptomer vil det å lindre symptomene kanskje virke enklere enn å hindre at de oppstår. På samme måte som at det å ta smertestillende medisiner når symptomer oppstår, er lettere enn å unngå å bli syk. Det beste er imidlertid å ikke bli syk, og derfor er det ofte verdt å legge inn en ekstra innsats for å forebygge dette. For å hindre at problemer oppstår, er det nødvendig å avdekke rotårsakene og gjøre tiltak for disse.

Hvis man ikke er klar over hvilke sykdommer man kan få, er det vanskelig å beskytte seg mot dem. På samme måte kan det være vanskelig å iverksette tiltak for å unngå problemer man ikke har opplevd tidligere. For at ikke alle prosjekter skal måtte oppleve de samme problemene før de kan lære å håndtere dem, kan problemene som ble avdekket i Kapittel 4.4 være et godt utgangspunkt for læring. Fra disse problemene ble det foreslått en rekke tiltak for å håndtere dem og dermed sikre at det ikke oppstår problemer når vognene skal avhende taktområder. Ved å for eksempel implementere disse tiltakene i IBC-veilederen, kan disse resultatene bidra til å sikre gode avhendinger i framtidige prosjekter i Consto.

Skape insentiver til å gjøre seg helt ferdig

Litteraturstudiet avdekket at en grunn til at arbeid ikke ble helt ferdig i tide til avhending, var manglende insentiver til å gjøre seg helt ferdig. Dette skyldes at de tradisjonelle kontraktene mellom total- og underentreprenørene ikke var tilpasset taktplanlegging, og dermed strukturerte godtgjørelsene for gjennomført arbeid på måter som ikke ga underentreprenørene insentiver til å gjøre seg helt ferdig, men heller avhende uferdige taktområder og fortsette i neste.

Siden dette ble avdekket gjennom litteraturstudiet, ble intervjuobjektene spurt om hvordan de opplevde at kontraktene var tilpasset taktplanlegging i intervjuene. Imidlertid

hadde ingen av intervjuobjektene noe å si om insentiver når det kom til kontrakten. Årsaken var nok kombinasjonen av at de ikke hadde hatt tid til å tenke gjennom dette, og at ikke alle intervjuobjektene hadde god nok kjennskap til detaljene i kontraktene sine til å kunne komme med en mening om insentivene i dem.

Ved bruk av taktplanlegging anbefaler litteraturen å dele inn utbetalingene til underentreprenørene etter taktplanen. Ved å gi de godtgjørelser først når et taktområde er helt ferdig, vil dette gi de insentiver til å ferdigstille taktområdene innen tiden avsatt i taktplanen. Litteraturen påpekte også at taktplanlegging la godt til rette for dette, da taktområdene kan være fornuftige størrelser å dele betalingene inn i, og avhendingene fungerte som gode milepæler til å kontrollere at arbeidet er utført. På grunn av deres manglende kunnskap om området ble ikke intervjuobjektene spurt om hva de tenkte om akkurat dette, slik at anbefalingen derfor baserer seg kun på litteraturen.

Involvering og planlegging for riktig rekkefølge i takttoget

Et av problemene som ble avdekket var knyttet til uferdige foregående arbeider. For å hindre at dette blir et problem, er det viktig å sikre at alle vognene faktisk har mulighet til å fullføre sine arbeidsoppgaver. Om en aktør ikke kan fullføre sin arbeidsoppgave, vil det på grunn av fagparadene i produksjonen føre til at heller ikke den neste aktøren kan ferdigstille sitt arbeid. Dette fortsetter bakover blant aktørene, og i sammenhengen med taktplaner vil dette føre til en forsinkelsesparade, og hele toget stopper opp.

For å sikre at alle vognene har mulighet til å gjennomføre sine arbeidsoppgaver, er rekkefølgen på vognene i takttoget avgjørende. Både IBC og TTP bestemmer rekkefølgen på arbeidsoppgavene i egne steg ved utvikling av taktplanen. Intervjuobjektene understreket viktigheten av involvering for å sikre riktig rekkefølge. Ved å inkludere alle aktørene i utformingen av taktplanen, får de muligheten til å bidra med sine perspektiver for å sikre at alle relevante faktorer blir tatt i betraktning. Det er lett å overse viktige detaljer, spesielt for de som har begrenset kjennskap til hvordan arbeidet utføres av forskjellige aktører. De som skal utføre arbeidet, har både bedre kjennskap til prosessen og en egeninteresse i å sikre riktig rekkefølge, slik at de kan utføre sine oppgaver effektivt. Det er derfor interessant at TPTC ikke har et eget steg knyttet til rekkefølgen på arbeidsoppgaver, særlig siden disse planene utarbeides av en ekspertgruppe. Dette står i kontrast til synspunktene til intervjuobjektene ved Nye Hammerfest Sykehus, som mente at aktørene selv burde være involvert i utformingen av taktplanen for å forebygge feil.

Å få riktig rekkefølge og sikre at arbeidsoppgavene faktisk kan gjennomføres, vil være viktig i alle prosjekter. Det er derfor viktig å planlegge arbeidet godt, og involvere aktørene til å avdekke denne rekkefølgen.

Planlegge bemanning og bestillinger før arbeidet begynner

Manglende bemanning og materialer var begge årsaker til at taktområder ikke ble ferdig i tide til avhending. Flere av intervjuobjektene påpekte at dersom noen hadde problemer med dette, skyldtes det dårlig planlegging. Flere av aktørene hadde i forbindelse med utformingen av taktplanen laget detaljerte planer som viste behovet for bemanning i hver vogn i hvert taktområde i prosjektet. Blant aktørene som hadde laget slike planer, var det få tilfeller av manglende bemanning. De kunne nemlig bare se på planen de allerede hadde laget, kontrollere at den fortsatt stemte, for å bestille bemanningen og materialene de ble å trenge de kommende ukene. Dette gir grunnlag til å tro at disse planene bidro til å unngå problemer med bemanning.

Aktørene som ikke hadde laget slike detaljerte planer før produksjonen begynte, opplevde et større antall problemer på grunn av bemanningen. Selv om taktområdene skal ha forholdsvis like ressursbehov, vil det variere noe, slik at også behovet for bemanning varierer mellom områdene. De som hadde laget en detaljert plan kunne lenge i forveien se når ressursbehovet endret seg, og dermed kunne forberede seg i god tid. Siden det kan være utfordrende å øke bemanningen på kort varsel, da dette som regel må koordineres med resten av bedriften, gjorde disse planene det enklere å planlegge bemanningen god tid i forveien. Ved Nye Hammerfest Sykehus var dette kanskje ekstra viktig, på grunn av mange pendlere som jobbet etter en rotasjonsplan med to uker på jobb og én uke av. Dette gjorde at bemanningen ikke kunne justeres like hyppig som ved andre prosjekter. Å planlegge bemanningen godt var derfor viktig for å klare å fullføre taktområdene i tide, noe det også vil være i andre prosjekter selv om man kanskje kan justere bemanningen lettere i disse.

Når det kommer til manglende materialer, gjaldt mange av de samme prinsippene som for bemanning. Spesielt på grunn av prosjektets lokasjon hadde ledetiden for materialer en tendens til å være lengre enn andre steder. Dette krevde mer planlegging av bestillinger for å sikre at de hadde materialene de trengte. Noen aktører utarbeidet derfor planer for bestilling av materialer, lignende planene for bemanning.

For å sikre at alle aktører har tilstrekkelig bemanning og de nødvendige materialene, kan det være hensiktsmessig å oppfordre alle til å utarbeide detaljerte planer som inkluderer oversikt over nødvendig bemanning og materialer i hvert taktområde før produksjonen starter. Ved å planlegge dette tidlig, blir det mindre behov for planlegging underveis, og dermed mindre sannsynlig at noe blir oversett. På denne måten kan planlegging bidra til at vognene blir ferdig med sitt arbeid i tide til avhending.

Planlegge for bruk av buffere

For å sikre tilstrekkelig bemanning og tilgang på materialer er det behov for buffere. Produksjonsteorien påpeker at alle produksjonssystemer er utsatt for variabilitet og derfor trenger en form for buffer. Innenfor litteraturen om taktproduksjon er kapasitetsbuffer, som innebærer å ha mer arbeidskapasitet enn nødvendig i vognene, den viktigste bufferen. Imidlertid mente intervjuobjektene at en slik buffer alene var for lite fleksibel og kunne føre til sløsing av ressurser. Gjennom prosjektet fant mange av aktørene andre, mer kreative og fleksible måter å bufre produksjonssystemet på. Dette antyder at det bør være mulighet for at aktørene kan benytte buffere som er tilpasset deres måte å arbeide på.

Kapittel 4.2.3 tar for seg buffere som ble benyttet av aktørene ved Nye Hammerfest Sykehus, hvor flere av disse var tilpasset prosjektets omstendigheter. For eksempel hadde prosjektet et stort antall vogner, noe som gjorde at mange aktører å hadde flere vogner i toget, og dermed kunne balansere kapasiteten ved å flytte arbeidere mellom vognene. Dette vil kanskje ikke være like mulig i mindre prosjekter med færre vogner. Dette illustrerer at noen prosjekter av seg selv legger bedre til rette for fleksible buffere enn andre.

Ved å være klar over hvilke buffere aktørene ønsker å benytte seg av, kan man ta hensyn til dette når man utformer taktplanen, og dermed legge til rette for lignende buffere som i Kapittel 4.2.3 også i andre prosjekter. Intervjuobjektene uttrykte for eksempel at en ren kapasitetsbuffer ikke var økonomisk forsvarlig for dem. Derfor kan man ta hensyn til dette når man utarbeider taktplanen og for eksempel planlegge buffersoner slik at aktørene ikke sløser bort sin kapasitet. Intervjuene viste også at

aktørene var kreative når det gjaldt å skape buffere for sine vogner. Ved å gi aktørene spillerom kan de dermed selv finne ut hvilke buffere som passer best for deres arbeid.

Hyppig oppfølging av framdriften

Det ble sagt at det tok det mye lengre tid å ta igjen arbeidet enn man skulle tro dersom noen ble forsinket og havnet bak planen. Å oppdage problemer så tidlig som mulig for å hindre at forsinkelsene ble unødvendig store var derfor avgjørende. Tiltak som kan bidra til dette er hyppig oppfølging av framdriften. Dette gjaldt både internt i vognene, ved at lederne for aktørene fulgte opp framdriften til arbeiderne sine, og at Consto mer overordnet fulgte opp alle aktørene.

Målet med disse hyppige oppfølgingene var å avdekke problemer tidlig, slik til at tiltak kunne iverksettes i tide til å få vognene tilbake igjen på planen før avhendingen skulle finne sted. Denne praksisen ble også støttet av litteraturen, som sa at produksjonen helst måtte følges opp med høyere frekvens enn takttiden. Consto fulgte opp aktørene daglig, i tillegg til et eget møte for å følge opp taktplanen halvveis gjennom uken. Flere av intervjuobjektene fulgte også opp sine arbeidere daglig. Hvis det gjennom denne oppfølgingen ble avdekket at en vogn lå bak skjema, var tiltaket i praksis å utløse bruk av buffere. For eksempel at personell kunne flyttes fra en taktvogn som lå foran planen, og over til vognene som lå bak planen for å balansere dette.

Endringer av utførelse

En årsak til at arbeid ikke ble ferdig, og som ble avdekket gjennom intervjuene var endringer fra byggherre. At byggherre ville gjøre endringer på et rom i et taktområde, gjorde at området strengt tatt ikke ble helt ferdig. Dette ble ikke tatt opp i litteraturen, og dermed heller ikke spurt mer om i intervjuene. Med tanke på at dette nok er et større problem i sykehus der enkelte maskiner ikke kan bestilles før prosjektet nærmer seg overlevering, gjør det også mer utsatt for slike endringer. Før det kan gis noen anbefalinger om hvordan dette kan håndteres, burde det undersøkes om samme problemet finnes i andre prosjekter.

5.3.2 Tiltak for å begrense virkningene av problemer

Selv om det beste kanskje er å unngå at problemer i det hele tatt oppstår, er det ikke alltid mulig å unngå. Når problemer oppstår, blir det derfor avgjørende å håndtere dem på best mulig måte. Som tidligere nevnt, kan det være utfordrende å ta igjen arbeid når forsinkelser oppstår. Prosessen med å ta igjen arbeid tar mye lengre tid enn man skulle tro, og behovet for bemanning øker dramatisk, ettersom man må ta igjen arbeid i tillegg til å jobbe i sine vanlige taktområder i henhold til planen. Ved å implementere effektive tiltak for å håndtere dette, kan man begrense de negative effektene.

Kapittel 4.5.2 foreslår en rekke tiltak for å begrense virkningen av problemer:

- Avklare konsekvensene på forhånd før problemene oppstår
- Prioritere materialer der behovet er størst
- Nekte å ta over et uferdig taktområde
- Stoppe takttoget
- Befaring ved avhending
- Sørge for god kommunikasjon mellom vognene

På grunn av begrenset litteratur på området, og at de fleste momentene ble grundig gjennomgått i resultatkapittelet, er det ikke så mye å ta tak i denne delen.

5.4 Begrensninger

Målet med oppgaven var å besvare problemstillingen: *Hvordan kan man sikre gode avhendinger mellom vognene i takttog i Constos prosjekter?* For å svare på dette ble det gjennomført et litteraturstudie og et casestudie. Resultatet inkluderte en rekke suksessfaktorer, anbefalinger og tiltak som potensielt kan bidra til å sikre gode avhendinger.

Da metoden for denne oppgaven ble utviklet, var hensikten å også systematisere resultatene og utvikle et verktøy for Consto. Dette verktøyet skulle vise hvilke tiltak de kunne bruke i ulike deler av arbeidet med taktplanen. Videre skulle flere fra Consto med ansvar for taktplanlegging ved forskjellige prosjekter, validere verktøyet. Disse informantene skulle bidra med innspill og vurdere om tiltakene var allmenngyldige og kunne fungere også i andre prosjekter enn caseprosjektet. Dette ville bidratt til å styrke validiteten til resultatene. Dessverre ble omfanget av oppgaven for stort, selv uten denne delen, og den måtte derfor kuttet ikke lenge før oppgaven skulle leveres. Av denne grunnen er valide enn om denne prosessen hadde blitt gjennomført som planlagt.

Som metodelitteraturen påpeker, kan det være utfordrende å generalisere fenomener basert på bare ett caseprosjekt. Problemstillingen hadde som mål å finne ut hvordan avhendinger bør gjøres i alle Constos prosjekter, noe som er en betydelig generalisering. For å sikre at resultatene likevel var gyldige, ble det valgt et caseprosjekt som var representativt for slik taktplanlegging benyttes i Consto. De fleste av de identifiserte tiltakene var uavhengige av de spesifikke omstendighetene i caseprosjektet. Dette gjør funnene mer generaliserbare og dermed gyldige også i andre prosjekter i Consto.

Da det ble besluttet å se på bare ett caseprosjekt var målet å validere funnene med representanter fra andre prosjekter i Consto, og dermed øke påliteligheten til funnene. Siden det ikke var tid til å validere funnene som først planlagt, var det kun litteraturen igjen til å validere funnene fra dette ene caseprosjektet. En svakhet her var at litteraturen om avhendinger var begrenset, ettersom oppgaven undersøkte et kunnskapshull. Noen av tiltakene ble dermed ikke verifisert av eksterne kilder utenfor casestudiet.

Til tross for at disse momentene bidrar til å utfordre validiteten til funnene i oppgaven, ble det gjort valg i forkant av intervjuene for å styrke validiteten. Intervjuobjektene som ble valgt ut, hadde kunnskap om hvordan taktplanlegging og avhendinger ble gjennomført i prosjektet. Intervjuene ble også utført med et bredt spekter av aktører i prosjektet, for å få fram flere perspektiver og meninger. Intervjuguiden baserte seg på litteraturstudiet som ble gjennomført. På denne måten er dataene som ble samlet inn rettet mot å besvare forskningsspørsmålene, noe som øker påliteligheten. I analysen av dataen ble også svarene fra de forskjellige aktørene brukt til å triangulere, styrke hverandre.

Resultatene i oppgaven ble funnet med tanke på å videreutvikle Constos metode for taktplanlegging. Det finnes flere ulike former for taktplanlegging som TTP og TPTC, og Consto har utviklet det de kaller IBC. Andre selskaper har kanskje sine egne metoder for taktplanlegging, og funnene i denne oppgaven kan derfor ikke automatisk overføres til andre selskaper. Det første forskningsspørsmålet undersøkte hvordan taktplanlegging ble benyttet i Consto spesielt på grunn av variasjonen mellom de forskjellige metodene. Hvis funnene skal overføres til andre selskaper, er det viktig å ta hensyn til at de ble utviklet med IBC som bakteppe. Likevel er mange av funnene generelle og lite avhengige av

spesifikke metoder fra IBC. De vil dermed antakeligvis være relevante også i andre selskaper. Når det gjelder anbefalingene som omhandler å gi de utførende frihet til å utvikle sine egne metoder, kan dette være noe aktørene setter mer pris på ved norske byggeprosjekter og derfor ikke gjelder i samme grad i andre land og kulturer.

6 Konklusjon

Hensikten med denne oppgaven var å undersøke avhendinger mellom vognene i takttoget, for å kunne forbedre denne prosessen og bidra til gode avhendinger i Constos prosjekter. For å besvare de tre forskningsspørsmålene ble det gjennomført et litteraturstudie og et casestudie:

FS1: Hvordan benytter Consto taktplanlegging i sine prosjekter?

FS2: Hvordan utføres avhending av taktområder?

FS3: Hvilke tiltak kan benyttes for å sikre god avhending av taktområder?

Consto har en strategi om å benytte taktplanlegging i alle sine prosjekter, og har derfor utviklet en egen arbeidsmetode de kaller Involverende Bygging i Consto (IBC). Denne arbeidsmetoden skaper et standardisert grunnlag for taktplanlegging, samtidig som den legger til rette for tilpasninger etter prosjektenes egne behov. IBC-veilederen gir både retningslinjer for hvordan taktplaner kan utformes og følges opp. Utformingen av taktplaner etter IBC har mange fellestrekk med Takt Time Planning (TTP), blant annet at de prioriterer involvering av de utførende for å lage gode planer. Oppfølging av produksjonen er også en del av IBC, og gjøres gjennom en rekke møter. De daglige møtene kalt «daily huddle» er en arena for å effektivt hindre og løse problemer i produksjonen. Individuelle prosjekter kan også benytte andre verktøy for oppfølging av taktproduksjonen, som for eksempel registrering av framdrift i StreamBIM (u.å.).

Gjennom Constos bruk av taktplanlegging ved Nye Hammerfest Sykehus identifiserte studien fire suksessfaktorer ved bruk av taktplanlegging: god planlegging, involvering av utførende, oppfølging under gjennomføringen og god kommunikasjon mellom aktørene. Ved å anvende disse suksessfaktorene som retningslinjer ved bruk av taktplanlegging kan man potensielt øke sannsynligheten for å oppnå effektive og vellykkede resultater i fremtidige prosjekter i Consto.

Verken litteraturen om taktplanlegging eller Consto hadde noen definert prosess for avhending av taktområder. Behovet for struktur i avhendingene varierte også mellom vognene, der noen måtte følges nøye opp og andre ikke. Dette indikerer at en felles metode som skal passe for alle kanskje ikke er den optimale løsningen. Vognene bør heller ha frihet til å tilpasse prosedyrene til deres spesifikke situasjon, samtidig som det settes rammer for å sikre en struktur for vognene som trenger det. Consto satte to rammer for avhendingene, knyttet til tidspunkt for avhending og krav til taktområdene ved avhending.

Tidspunktet for avhendingene varierte mellom teori og praksis. Ved ukestakt foreslo litteraturen avhendinger mandag og fredag, siden kontrollen på fredag ville avdekke problemer og gi en tydelig indikator på om aktørene måtte bruke helgen som buffer for å bli ferdig. Imidlertid kan prosjektspesifikke omstendigheter påvirke når det er mest hensiktsmessig å gjennomføre avhendingene, og ved Nye Hammerfest Sykehus ble hele avhendingen gjennomført på mandager for å tilpasse seg aktørene som pendlet til prosjektet. Kravene som blir stilt til taktområdene må ifølge litteraturen være tydelig definert. Ved Nye Hammerfest Sykehus var kravene at arbeidsoppgavene skulle være

fullført og taktområdet ryddet. Intervjuobjektene var fornøyde og mente at var en passende mengde krav, og at det var viktig å følge opp at alle leverte i henhold til kravene, slik at neste vogn kunne jobbe uforstyrret i taktområdet.

For å sikre god avhending av taktområder kan man se på problemene som oppstår som symptomer på andre underliggende problemer. For å håndtere dette kan man enten hindre symptomene i å oppstå, ved å ta hånd om de underliggende problemene ved roten og dermed forebygge problemene, eller man kan lindre symptomene etter de har oppstått. Å lindre symptomene er kanskje det letteste, men det vil skape bedre flyt og være mindre kostbart å heller forebygge at de oppstår.

Tiltak som forebygger at problemer oppstår tar gjerne hånd om rotårsakene. Disse kan for eksempel være at arbeid ikke ble ferdig i tide på grunn av manglende materialer, for lite bemanning, eller at foregående arbeider ikke var fullført. Eksempel på tiltak som kan iverksettes er derfor bedre planlegging, bruk av buffere og hyppig oppfølging av framdriften. For å begrense virkningene av problemene kan det iverksettes en rekke tiltak som å prioritere å ferdigstille arbeid andre er avhengig av, nekte å ta over uferdige taktområder eller å stoppe takttoget. Flere av tiltakene kan også kobles tilbake til de fire suksessfaktorene avdekket for taktplanlegging. Ved å sikre god kommunikasjon mellom aktørene, er de mer villige til å hjelpe hverandre, og håndterer derfor problemer som oppstår sammen.

Denne oppgaven var begrenset til et litteraturstudie og en casestudie, hvor casestudiet var videre begrenset til intervjuer ved kun ett caseprosjekt. På grunn av begrensningene knyttet til omfanget og dermed at det ikke ble tid til ekstern validering av resultatene som planlagt, er det viktig å erkjenne at funnene har visse begrensninger. Likevel bidrar oppgaven til å begynne å fylle kunnskapshullet knyttet til avhendinger, samtidig som det gir verdifull innsikt i hvordan man kan sikre gode avhendinger mellom vognene i takttog i Constos prosjekter.

Videre forskning kan bygge på funnene i denne oppgaven ved å utføre flere casestudier og intervjuer ved ulike prosjekter hos Consto. Dette vil bidra til å styrke validiteten og generaliserbarheten av resultatene. Videre kan det også utvikles et verktøy for å implementere funnene og undersøke deres praktiske anvendelse, inkludert mulige kvantitative målinger knyttet til avhendinger gjennom et helt prosjekt. Når det gjelder den generelle teorien, kan det også være nyttig å undersøke hvordan andre selskaper i både norsk og utenlandsk byggebransje gjennomfører avhendinger.

Referanser

- Ballard, G., & Howell, G. (1998). *What Kind of Production Is Construction?* 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/37>
- Binninger, M., Dlouhy, J., & Haghsheno, S. (2017). *Technical Takt Planning and Takt Control in Construction*. 605–612. <https://iglc.net/Papers/Details/1387>
- Bølviken, T., Aslesen, S., & Koskela, L. (2015). *What Is a Good Plan?* 93–102. <https://www.iglc.net/papers/details/1238>
- Dahlberg, T. Ø., & Drevland, F. (2021). *PREVENTING THE PARADE OF DELAYS IN TAKT PRODUCTION*. 777–786. <https://doi.org/10.24928/2021/0175>
- Dlouhy, J., Binninger, M., & Haghsheno, S. (2019). *Buffer Management in Takt Planning – An Overview of Buffers in Takt Systems*. 429–440. <https://iglc.net/Papers/Details/1656>
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). *Takt time planning for construction of exterior cladding*. 464–473.
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014). *Takt-time planning and the Last Planner*. 571–580.
- Frandsen, A., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). *Comparison between location based management and takt time planning*. 2015-January, 3–12.
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2016). *Takt time planning of interiors on a pre-cast hospital project*. 143–152.
- Gardarsson, M. H., Lædre, O., & Svalestuen, F. (2019). *Takt time planning in porsche consulting, the boldt company and veidekke*. 551–562. <https://doi.org/10.24928/2019/0232>
- Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., & Sterlike, S. (2016). *History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control*. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/1297>
- Halttula, H. P. I., & Seppänen, O. (2022). *Situational Awareness in Construction Projects Using Takt Production*. 164–174. <https://iglc.net/Papers/Details/1954>
- Harari, M. B., Parola, H. R., Hartwell, C. J., & Riegelman, A. (2020). Literature searches in systematic reviews and meta-analyses: A review, evaluation, and recommendations. *Journal of Vocational Behavior*, 118, 103377. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2020.103377>
- Haugen, C. G., Lædre, O., & Aslesen, S. (2020). *Takt performance indicators*. 457–468. <https://doi.org/10.24928/2020/0135>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics* (3rd ed). Waveland Press.
- IGLC. (u.å.). Hentet 7. juni 2023, fra <https://iglc.net/>
- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: Innføring i samfunnsvitenskapelig metode* (3. utg). Cappelen Damm akademisk.
- Kalsaas, B. T., Grindheim, I., & Læknes, N. (2014). *Integrated Planning vs. Last Planner System*. 639–650. <https://www.iglc.net/papers/details/1034>
- Kenley, R. (2004). *Project Micro-Management: Practical Site Planning and Management of Work Flow*. 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/310>
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2021). Takt production monitoring and control in apartment renovation projects. *Buildings*, 11(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/buildings11030092>
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2022). Suggestions for takt production subcontract clauses – a conceptual study. *Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2021-0176>

- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University.
- Koskela, L. (1999). *Management of Production in Construction: A Theoretical View*. 241–252. <https://www.iglc.net/papers/details/76>
- Koskela, L., & Ballard, G. (2012). Is production outside management? *Building Research & Information*, 40(6), 724–737. <https://doi.org/10.1080/09613218.2012.709373>
- Kujansuu, P., Lehtovaara, J., Salerto, S., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). *How does takt production contribute to trade flow in construction?* 445–454. <https://doi.org/10.24928/2020/0069>
- Lehtovaara, J., Heinonen, A., Lavikka, R., Ronkainen, M., Kujansuu, P., Ruohomäki, A., Örmä, M., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). *Takt maturity model: From individual successes towards systemic change in Finland*. 433–444. <https://doi.org/10.24928/2020/0017>
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. (2021). How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model. *Construction Management and Economics*, 39(1), 73–95. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1824295>
- Lehtovaara, J., Tommelein, I. D., & Seppänen, O. (2022). *How a Takt Plan Can Fail: Applying Failure Modes and Effects Analysis in Takt Control*. 715–726. <https://www.iglc.net/papers/details/2001>
- Linnik, M., Berghede, K., & Ballard, G. (2013). *An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work*. 546–555.
- Miro. (u.å.). Hentet 8. juni 2023, fra <https://miro.com/>
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- NVivo. (u.å.). Lumivero. Hentet 7. juni 2023, fra <https://lumivero.com/products/nvivo/>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings* (Fourth Edition). Wiley.
- Sahlberg, J., Lehtovaara, J., & Seppänen, O. (2021). *Implementing Takt Production in Renovation Projects*. 677–686. <https://iglc.net/Papers/Details/1901>
- Salem, C., Lefèvre, C., Li, J., Waters, R., Tommelein, I. D., Jayamanne, E., & Shuler, P. (2018). *Managing the "receding edge"*. 2, 713–723. <https://doi.org/10.24928/2018/0414>
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (Eighth Edition). Pearson.
- Scopus. (u.å.). Hentet 7. juni 2023, fra <https://www.scopus.com/home.uri>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Statistisk sentralbyrå. (2022). *05212: Folkemengde, etter region, statistikkvariabel, år og tettbygd/spredtbygd*. Statistikkbanken. SSB. <https://www.ssb.no/system/StreamBIM>. (u.å.). Rendra AS. Hentet 7. juni 2023, fra <https://streambim.com/>
- Tommelein, I. D. (2017). *Collaborative Takt Time Planning of Non-Repetitive Work*. 745–752. <https://iglc.net/Papers/Details/1482>
- Tommelein, I. D., & Emdanat, S. (2022). *Takt Planning: An Enabler for Lean Construction*. 866–877. <https://www.iglc.net/papers/details/2014>

- Tommelein, I. D., Riley, D., & Howell, G. A. (1998). *Parade Game: Impact of Work Flow Variability on Succeeding Trade Performance*. 6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/58>
- Vatne, M. E., & Drevland, F. (2016). *Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study*. 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/1327>
- Yaw, M. W., Rybkowski, Z. K., & David Jeong, H. (2020). *Reducing handoffs between sequential trades: A simulation*. 205–216. <https://doi.org/10.24928/2020/0028>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5th ed.). SAGE.

Vedlegg

Vedlegg A: Intervjuguide

Vedlegg B: Konferanseartikkel - *HANDOFFS BETWEEN TAKT TRAIN WAGONS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Vedlegg A: Intervjuguide

Intervjuguide

Hvordan sikre god avhending mellom vognene i takttoget?

Formelt

Anonymitet og taushetsplikt

Lyddoptak og notater

Introduksjon

Formål

Skriver masteroppgave om taktplanlegging.

Se nærmere på prosessen der et taktområde skifter eiere. Dette kaller vi avhending.

Målet er å finne ut hvordan dette kan gjøres på best mulig måte for alle involverte. Og resultatet vil bli et verktøy som skal sikre god avhending mellom vognene.

Litt om innhold og tidsbruk

Spørsmål

1. Jeg kan begynne med å oppsummer og spørre om det stemmer.
2. (Kan du i korte trekk fortelle hvordan taktplanlegging har blitt benyttet i dette prosjektet?)
 - 2.1. Deres **opplevelse** av å benytte taktplanlegging i prosjektet? Har dere benyttet det i tidligere prosjekter?
 - 2.2. Hvor mye av arbeidet deres er i taktplanen i forhold til utenfor?
 - 2.3. Hva har **fungert** bra/dårlig? (Fornøyd med måten å jobbe på?)(Fordeler med metoden? Går det raskere eller tregere enn tradisjonelt?)
 - 2.4. Var du/firmaet med i **planleggingen**? Fornøyd med **involveringen**? Ønskelig å være mer/mindre involvert?

3. Kan du ta meg gjennom en **vanlig arbeidsuke** for dere i et taktområde?

3.1. Hvordan går dere fram når dere **tar over** et nytt område?

3.1.1. Hva gjør dere om området **ikke er klart**?

3.1.2. Er det fastsatt noen **krav** for hva som må være gjort før et område er klart?

3.1.3. Hvilke **krav** burde det være?

3.1.4. Har dere noen ganger overlevert vogner dere vet er uferdige? Hvorfor?

3.1.5. (Forbedringspotensialer)

3.2. Hvordan går dere fram når dere er **ferdige** i et område?

3.2.1. Hva **må være gjort** før dere sier dere er ferdige i et område? Er det satt noen **krav**?

3.2.2. Hva om dere **ikke er ferdige**?

3.2.3. **Kontrollpunkter** for å sikre at dere blir ferdige?

3.2.4. Kan spørre om møteserien 16-12-8-4-1-daily huddles

3.2.5. Hvordan benytter dere **buffere** i produksjonen? **Kapasitetsbuffer**? Blir denne benyttet?

3.2.6. Har dere opplevd å nesten ikke være ferdig i tide? Hva gjorde dere da? (Jevnt ressurspådrag?)

3.2.7. Gå tilbake til områder? Hva var grunnen til at dere ikke ble ferdige?

3.2.8. **Stoppe** toget? (Spørre Preben om hvordan de har forholdt seg til å stoppe toget)

3.2.9. (Forbedringspotensialer)

4. Har dere **opplevd problemer** med avhending? Hvordan løste dere disse?
5. **Utfordringer** med avhending?
6. **Tiltak** for å sikre god avhending?
 - 6.1. Har dere eventuelt prøvd å implementere disse tiltakene?
7. Avhendingsprotokoll
 - 7.1. Hvordan har innsjekk/utsjekk fungert i **StreamBIM**? (Har dere rapportert inn avvikene) (hvorfor ikke?)
 - 7.2. Burde rutineene for avhending vært **mer strukturert**?
8. Hvordan opplever dere at dagens **kontrakter** mellom Tot.ENT og UE fungerer med taktplanlegging?
 - 8.1. Noe om det gir **insentiver** til å bli ferdig
 - 8.2. Er det noen **tilpasninger** du mener ville gjort kontraktene bedre tilpasset takt?
 - 8.3. (Eventuelt noe med betaling av deres arbeidere i og utenfor taktområdene)
9. Hvordan har **forholdet** deres til tilknyttede vogner utviklet seg? Har det påvirket avhendingene?
10. Hvilke **resultater** kan dere se for dere ved bedre avhending?
11. Er det noe dere vil ta med dere/gjøre annerledes i neste prosjekt?
12. Er det noe mer du vill legge til?

Vedlegg B: Konferanseartikkel - HANDOFFS
BETWEEN TAKT TRAIN WAGONS: A
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

HANDOFFS BETWEEN TAKT TRAIN WAGONS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Mikal Andreassen¹ and Frode Drevland²

ABSTRACT

Recent years have seen increased use of takt planning. With takt planning, trades are organized as wagons in a train moving through takt areas in the building. Using takt plans may result in hundreds of handoffs, where finished takt areas are passed on to the subsequent wagons in the train. How these handoffs are carried out can significantly impact a project.

This paper aims to gain an overview of the research literature on takt handoffs in construction projects. The paper identifies and analyses what has been written about handoffs in the takt literature through a structured literature review. The study identified 122 papers on takt in construction. While none of the identified papers dealt directly with handoffs, 22 had some discussion of handoff-related issues.

From the literature, the paper identifies several issues related to takt handoffs and possible solutions – most notably: 1) To ensure successful handoffs, capacity buffers and progress control may help ensure that the takt areas are completed on time. 2) Requirements for what wagons must do before handoff should be clear to avoid problems that can delay the entire train. 3) Contracts that structure payments after handoffs of fully finished areas will incentivize the wagons to finish their takt areas before the handoff. 4) A handoff protocol can be a helpful tool for structuring handoffs.

KEYWORDS

Lean construction, takt planning, handoff

INTRODUCTION

Over the past decade, takt planning has experienced increased attention – both within the lean construction community (Halttula & Seppänen, 2022) and the construction industry as a whole (Lehtovaara et al., 2021). The method has been used in several countries, such as the United States (Frandsen et al., 2013), Germany (Haghsheno et al., 2016), Norway (Vatne & Drevland, 2016) and Finland (Lehtovaara, Heinonen, et al., 2020).

The term takt is probably best known in connection with music, where musical works are broken down into beats with a fixed frequency (Haghsheno et al., 2016). This principle has been transferred to the construction industry, where projects are broken down into work packages that can be carried out within a chosen time interval. Several specific approaches exist to manage projects in this way – notably Takt Time Planning (e.g. Frandsen et al., 2013) and Takt Planning and Takt Control (e.g. Binninger et al., 2017). Both aim to create continuous project flow by balancing work packages so they can be carried out at a steady

¹ MSc Student, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, orcid.org/0000-0002-6271-8267

² Associate Professor, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, +47 920 64 262, frode.drevland@ntnu.no, orcid.org/0000-0002-4596-1564

frequency – i.e., takt (A. Frandson et al., 2013). This paper uses *takt planning* to refer to all takt-based planning approaches.

Building projects involve multiple trades with interconnected tasks that must be completed in a specific order. The workflow is characterized by chains of dependent tasks, which Tommelein et al. (1999) refer to as parades of trades. These occur in several areas of building projects, such as structural, technical and interior work. A parade of trades is similar to an assembly line; however, instead of the product moving through workstations, the workstations move through the product.

Takt-planning typically visualizes parades of trades as trains (Haghsheno et al., 2016). Each wagon in a train has workers, primarily from only one trade, who have fixed work tasks. When organized in the correct order and joined in a train, all tasks are represented by a wagon in the takt train. The fact that the train runs on rails illustrates the dependence between the wagons – no wagons can pass each other. Furthermore, the wagons are typically tightly coupled – i.e., there is no buffer between them. Therefore, if one wagon slows down, so will all the following wagons.

Takt planning divides a project into several parts, called takt areas or zones (Binninger et al., 2017; A. Frandson et al., 2013). The train moves through these takt areas in a specific order, so each wagon is alone in one takt area at a time. Each wagon's time in a takt area is called the takt time. Since the takt time is the same in all takt areas, the size of the areas must be adjusted so that the workload for one wagon is equal in all areas. At the end of each takt time, each wagon must hand off its takt area to the subsequent wagon.

Previous authors have used both *handoff* and *handover* to refer to a wagon completing its work in a takt area and the next wagon taking over the area. However, since the term *handover* is also used for handing over the final project deliverable to the owner, this paper will use the term *handoff* to avoid ambiguous terminology. More precisely, we define *handoff* as the situation where there is an interface between work operations (Lehtovaara et al., 2022), and finished work is handed off from one trade to another for further work (Biotto et al., 2017).

Takt planning has several advantages, but to achieve these, the interface between the train wagons is crucial (Frandson et al., 2015), and the handoff of work is necessary for further work to be carried out (Lehtovaara et al., 2022). In other words, good handoffs are essential to ensure that a takt plan is well executed. The tight coupling between the wagons in the takt train entails that untimely handoffs will cause severe issues for the construction process. In addition, handing off unfinished takt areas also causes issues. For example, handoffs of unfinished takt areas can increase the number of production delays (Dahlberg & Drevland, 2021).

While the literature acknowledges the importance of takt handoffs, no authors have published any works focused on the handoff of takt areas between takt wagons. The past decade has seen published over a hundred papers about takt in construction – encompassing many vital aspects of takt planning – but none dedicated to handoffs. To aid future research in this field, this study identifies and analyses literature on handoffs between takt train wagons in construction through a systematic literature review. This study was carried out as part of a larger Design Science Research based study on ensuring good handoffs when using takt in construction projects.

METHODOLOGY

We conducted a systematic literature review based on the methods described in Snyder (2019). The study relied on two databases to identify literature; Scopus and IGLC.net. Scopus is one of the world's largest databases for peer-reviewed literature and contains literature from the most prominent journals in many disciplines, including construction. Most peer-reviewed

literature on takt can be found here – including most papers published through the IGLC. However, Scopus can be a year or two behind the IGLC conferences and what has been published on IGLC.net. Therefore, we conducted a supplemental search in the IGLC.net database.

Figure 1 illustrates the flow for identifying, screening, and including papers. Given that takt is a rather specific term and that the total body of literature on takt in construction is limited, we were able to start with broad search terms. First, in Scopus, we used the search string “TITLE-ABS-KEY (takt AND construction)” to identify all the works in the database related to takt in construction, yielding 106 papers. Then, with the IGLC.net database, we searched for “takt” and found a total of 84 papers; 68 were duplicates of the ones already identified in Scopus, leaving us with 122 papers.

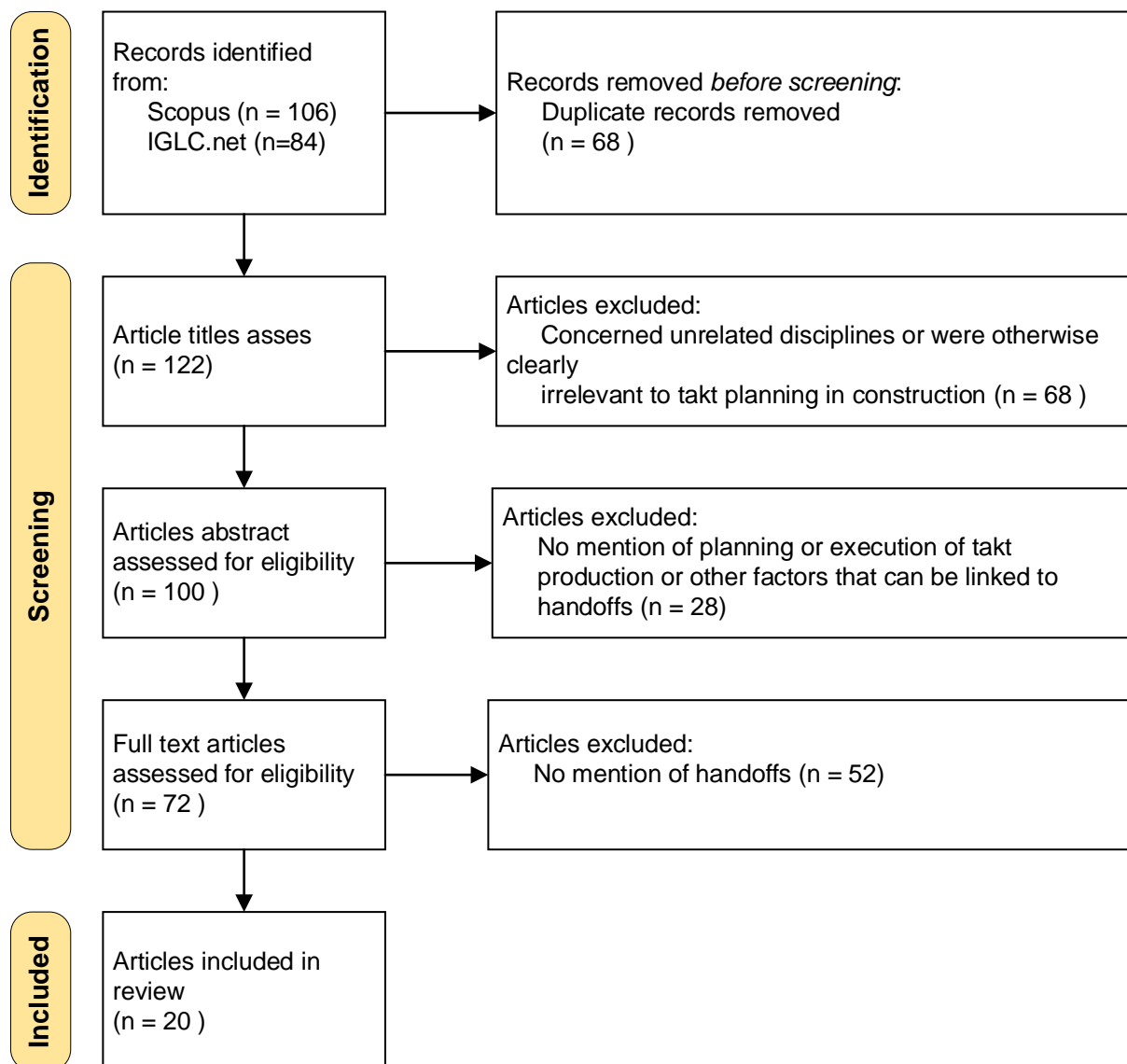


Figure 1 Literature review flowchart (based on Page et al., 2021)

In a systematic literature review, there must be clear selection criteria for the process to be transparent and accountable (Snyder, 2019). We carried out the selection process in three steps. In the first step, we reviewed the titles and excluded 22 papers that concerned unrelated disciplines or were otherwise clearly irrelevant to takt planning in construction. After that, in the second step, we reviewed the abstracts of the 100 remaining papers. Here we excluded

papers whose abstracts did not mention planning or execution of takt production or other factors that can be linked to handoffs. In the third and final step, we read the full text of the remaining 72 papers and selected papers to include. Reading the full text was done to ensure we would catch all information related to handoffs. In the end, we found 20 papers that had content related to handoffs in takt.

The review relied on thematic coding analysis – per the guidelines of Robson & McCartan (2016) – to analyze the identified papers, using the computer tool *NVivo* (n.d.) to code the findings. All the selected articles were loaded into *NVivo* and read carefully. The codes used were created along the way and adapted as the analysis revealed new aspects of handoffs.

RESULTS

This section presents the results of the literature review. We start by making some general observations regarding what exists of literature, who has written it, and how handoff in takt ties in with the Last Planner System. Following that, we review the very limited part of the literature that describes in any detail how handoffs have been carried out in actual projects. Next, we describe several problems related to handoffs described in the literature and their suggested remedies. Thereafter, we cover how takt handoffs can be used for quality assurance purposes. Finally, we summarise the main findings from the literature review in a tabular format.

GENERAL OBSERVATIONS

What literature exists on takt handoffs?

Of the articles identified, none specifically were on handoff between takt wagons. Instead, most considered various aspects related to the planning and execution of takt plans; However, some considered planning methods in building and construction in general.

Who has written about handoffs in takt?

While conducting an extensive bibliographic analysis is outside the scope of this paper, we made some overarching observations regarding who has written anything about takt handoffs. Although there are many different contributors from around the world to the general field of takt, the papers we identified regarding handoffs cluster primarily around three international communities: The American – affiliated with Berkley (Frandsen et al., 2013, 2014; Frandsen et al., 2015; Frandsen & Tommelein, 2016; Linnik et al., 2013; Salem et al., 2018; Tommelein & Emdanat, 2022), the Finnish – affiliated with Aalto University (Keskiniva et al., 2021, 2022; Kujansuu et al., 2020; Lehtovaara et al., 2021, 2022; Lehtovaara, Seppänen, et al., 2020) and the Norwegian affiliated with NTNU (Dahlberg & Drevland, 2021; Gardarsson et al., 2019; Haugen et al., 2020). Interestingly, while the German community behind the Takt Planning and Takt Control approach has been prolific in producing papers on takt, none of their publications directly concerned the handoff of takt areas.

LPS as the foundation of reliable and predictable handoffs

Several authors point to reliable and predictable handoffs as principles derived from the Last Planner® System (LPS) (Haugen et al., 2020; Kalsaas et al., 2014; Lehtovaara et al., 2022; Salem et al., 2018; Tommelein & Emdanat, 2022). In the context of LPS, takt planning will be a method used to stabilize production and make work events more predictable (Kujansuu et al., 2020; Lehtovaara et al., 2021; Linnik et al., 2013).

HOW ARE HANDOFFS CARRIED OUT?

Among the literature, few authors mentioned actual procedures used for handoffs in projects. Kujansuu et al. (2020) investigated a project that used weekly takt. The project contributors

were satisfied and thought this fit well with their familiar weekly routines. They could use the last day to complete the takt area and carry out inspections and handoffs. One contractor in (Lehtovaara et al. (2021)'s study also preferred the use of weekly takt starting Mondays with handoffs on Fridays. Apart from these studies, only Haugen et al. (2020) mentioned any procedure used for handoff in real projects. However, the procedure was used to study the implementation of takt plans. To collect data, a handoff protocol was used. To ensure untampered data, the protocol was made jointly between the wagon that finished and the wagon that was to take over a takt area. In the protocol, they had to note – among other things – whether the wagon had tidied the area, whether they had completed the area 100%, whether they had had to do rework in the previous takt areas, and whether they had carried out the work within regular working hours. If the area was tidied and 100% complete, it was called a perfect handoff, and the next wagon should thus be able to work independently of the previous one.

WHY DO PROBLEMS ARISE WITH HANDOFFS?

While the literature contained limited information about how projects concretely carry out handoffs, we found significantly more information about problems related to handoffs. Several prominent issues emerged from the literature review. Lehtovaara et al. (2022) highlight work not completed on time, not fully completed, of poor quality, in an illogical production sequence, or lacking the prerequisites to be completed. Yaw et al. (2020) also point out that multiple handoffs provide more chances of problems with the handoff. The interviewees of Dahlberg and Drevland (2021) voiced that delays in deliveries of materials, equipment and other necessary assumptions are the most common reason why work was not completed on time, thus resulting in takt areas not being handed off. Work not being finished for handoff was a common thread across several articles.

Takt areas not completed in time for handoff

For takt planning to be useful, all train wagons must finish their work before the time set for handoff (Frandson et al., 2015). If a wagon is delayed with its work and does not hand off the takt area on time, this will immediately affect the following wagon (Lehtovaara et al., 2022). Takt planning, therefore, uses capacity buffers to help ensure that takt areas can be handed off on time (Frandson et al., 2015).

A wagon in a takt train should only utilize 70-80% of its available working capacity (Lehtovaara et al., 2021). This way, workload variability can be managed, and delays avoided. In theory, the work should, on average, take less time than the takt time. This extra time is not wasted but can be used. For example, to prepare the takt area for handoff, assist unfinished takt areas, correct previous work, work in buffer areas outside the takt plan, quality assurance, or innovation and work on continuous improvement (Frandson et al., 2015; Lehtovaara et al., 2021, 2022). Lehtovaara et al. (2021) saw a correlation with good production control among the projects that managed to utilize this additional capacity.

The investigations of Kujansuu et al. (2020) indicate that production becomes more stable when efforts are made in the handoffs between the wagons. Lehtovaara et al. (2022) and Frandson et al. (2014) support the claim that clear handoffs in takt provide a more transparent and stable production. To achieve this stability, and ensure that the areas are ready for handoff in time, Lehtovaara et al. (2022) point to the importance of production control – including meetings, measurements and visual aids that will indicate whether the wagons are on schedule or not.

According to Frandson et al. (2015), controlling progress at shorter intervals than the takt time is crucial to determine as early as possible whether the handoffs will occur as planned. In practice, projects can do this through short daily meetings called “daily huddles”, which aim to coordinate the wagons and uncover any problems so that all of them will complete their

work on time for handoff (Fransson et al., 2013; Lehtovaara, et al., 2020). With longer takt times, such as weekly takt, some also use weekly meetings for production control (Dahlberg & Drevland, 2021). These meetings should be held halfway through the takt time so that any delays are detected when there is still time to take measures to make the handoff happen on time. If it is impossible to catch up with the delay in the same week, the project can use a more invasive measure; to stop the takt train. Doing so prevents unfinished takt areas from being handed off; however, it also delays the train's later wagons by the same time the train remains stopped. This delay will not be possible to catch up without making significant changes to the timetable.

Dahlberg and Drevland (2021) found that wagons handing off unfinished takt areas can lead to even more delays later in the takt train. The reason for this is the irrational way wagons must work to circumvent the unfinished previous work, and the lack of sound conditions to carry out their work. It also results in wagons having to return to previously completed areas to correct the non-completed work. All of this can contribute to what they call a parade of delays. Salem et al. (2018) saw a similar effect. They observed that work that was not 100% finished but handed off to the next wagon created costly additional work. The shortcomings could be anything from the workspace not being cleaned to leaving larger tasks behind. According to Linnik et al. (2013), the work in a takt area is only complete when it is ready for handoff for the next wagon. Therefore, it needs to be clear what it takes for a takt area to be considered complete.

Different perceptions of what finished takt areas mean

According to Salem et al. (2018), some people consider their work “done” when they have done enough to allow them to continue in the next workspace. In other words, this does not include the work a wagon must do for subsequent wagons to work unhindered. Furthermore, it does not include tidying up or other work they must complete before they wholly finish an area. This thinking illustrates the difference between being “done” and “done-done.”

Salem et al. (2018) found several causes of not being “done-done”. In one of the case projects they refer to, no individuals were held responsible for post-work clean-up, and there were no processes to ensure that the areas were tidied after the work was completed. Fransson et al. (2013) point out that the handoff of takt areas actually provides such an opportunity to ensure that the previous work is completed.

According to Bølviken et al. (2015), handoffs must confirm that the work in a takt area has been completed and is of the right quality. Salem et al. (2018) argue that the quality of the work handed off must meet the standards of both the wagon that carried it out and the following wagons. A handoff is an interface between wagons – a lousy finish of one wagon's work will give a bad start for the next. The challenge is that the earlier wagons have few incentives to facilitate the later ones, as there are usually different people who perform the tasks.

Another finding made by Salem et al. (2018) was that there was a lack of a clearly defined standard for what was a finished area. In interviews conducted by Lehtovaara et al. (2021), it emerged that it should be clear which tasks, inspections, and tidying wagons must do before handing off an area to the next wagon. In their research, Haugen et al. (2020) used two requirements for handing off takt areas. These requirements were no more detailed than 1) specifying that the areas should be tidied and 2) the work should be 100% finished. Salem et al. (2018) provide several examples of work that must be completed to be “done-done”: Tools, equipment, materials and temporary structures must be cleared away, defects must be corrected, and the area must be tidied. Linnik et al. (2013) argue that the takt plan should specify all the activities that must be done before the handoff.

Lack of incentive to finish

Keskiniva et al. (2022) investigated how contracts between main contractors and subcontractors could be adapted to takt production. One finding was that the subcontractors were incentivized not to finish in the takt areas before handoff because of how their work was compensated. Salem et al. (2018) support this finding, arguing that the traditional way of paying the subcontractors does not consider that the work will be handed off.

Traditionally, renumeration subcontractors have been based on measurements of the amount of work performed (Salem et al., 2018). There are several ways to measure the amount of work done, but no matter which one is used, the subcontractors will make an extra effort to improve the metrics on which they are measured. Doing so comes at the expense of what is not measured – for example, quality or whether the area handed off is 100% finished. According to Keskiniva et al.(2022), such measurement and compensation schemes encourage subcontractors to leave small tasks unfinished in the work areas rather than finishing up in full before moving on

An alternative approach is to divide payments based on milestones, as proposed by Keskiniva et al. (2022). Under this method, subcontractors receive a percentage of the contract amount upon reaching predetermined milestones, encouraging them to complete work quickly and providing easy progress monitoring. Frandson et al. (2013) highlight the benefit of takt planning in measuring progress in smaller and more precise segments, and Keskiniva et al. (2022) recommend linking payments to completed work packages corresponding to takt areas to incentivize and motivate subcontractors to finish their work on time.

More handoffs lead to more problems

Yaw et al. (2020) proposed minimizing the number of handoffs as a strategy to improve handoffs – based on the reasoning that fewer handoffs lead to less time spent waiting and transferring work areas. Supporting this, in a study of six projects, Lehtovaara et al. (2021) found that the takt plans implemented with smaller batch sizes, and thus more handoffs, required more follow-up and effort from managers. They mention the organization of handoffs as a notable reason for the increased need for management. This notion could be related to the observation that small batch sizes gave less time to carry out the takt area handoffs.

Small batch sizes in takt planning have advantages such as shorter construction time (Lehtovaara et al., 2021) and lower cycle time for control of progress (Dahlberg & Drevland, 2021; Frandson et al., 2013). Yaw et al. (2020) argue that a conflict arises between the desire for smaller batch sizes and the benefits of reducing the number of handoffs. Furthermore, they say that the large number of handoffs in construction projects is due to tradespeople being so specialized that they can perform only certain tasks. A recommendation for reducing the number of handoffs is thus to make use of interdisciplinary work teams so that all trades can finish in the work areas without having to visit them several times.

HANDOFFS AS A QUALITY ASSURANCE TOOL

Several authors point out that if the handoff of takt areas is carried out in a good way, then this provides an excellent opportunity to regularly quality assure the work that has been done (Frandson et al., 2013; Haugen et al., 2020; Kalsaas et al., 2014; Lehtovaara et al., 2021; Tommelein & Emdanat, 2022). In the same way that the numerous and regular handoffs in takt planning provide immediate feedback on progress, projects can also use handoffs for quality assurance (Frandson et al., 2013). Lehtovaara et al. (2020) point out that errors can be corrected immediately among the advantages of using handoffs for quality assurance. The need to return to previous takt areas for rework – disrupting the work of others – disappears.

Instant feedback about errors also makes those who cause an error aware of it. Thus, they avoid making the same mistake several times. Over time, they make fewer errors, yielding improved quality. Quality assurance in the handoffs can thus prevent subsequent cars from continuing to work in areas with errors (Tommelein & Emdanat, 2022).

SUMMARY OF FINDINGS

Table 1 summarises the main findings presented and discussed previously in the results.

Table 1 Summary of findings

Findings	Source
Handoffs provide an opportunity to regularly verify progress and ensure quality	Bølviken et al. (2015), Frandson et al. (2013), Haugen et al. (2020), Kalsaas et al. (2014), Lehtovaara et al. (2020), Lehtovaara et al. (2021), Tommelein & Emdanat (2022)
Activities and completion criteria for wagons should be planned and clearly defined	Frandson & Tommelein (2016), Lehtovaara et al. (2021), Linnik et al. (2013), Salem et al. (2018)
Better handoffs contribute to stabilize production	Frandson et al. (2014), Kujansuu et al. (2020), Lehtovaara et al. (2022)
A Monday-to-Friday weekly takt with handoffs on Fridays aligns with workers' familiar weekly routines	Gardarsson et al. (2019), Lehtovaara et al. (2021)
The use of a handoff protocol can facilitate the process of handoffs	Haugen et al. (2020)
Problems with handoffs include work not completed on time, not fully completed, of poor quality, in an illogical production sequence, or lacking the prerequisites to be completed	Dahlberg & Drevland (2021), Lehtovaara et al. (2022)
Handoffs of unfinished work lead to more delays and costly additional work	Dahlberg & Drevland (2021), Salem et al. (2018)
Capacity buffers are utilized to ensure that work is completed on time for handoff	Frandson et al. (2015), Lehtovaara et al. (2021), Lehtovaara et al. (2022)
Production control monitor progress in intervals shorter than the takt time to ensure timely handoffs	Dahlberg & Drevland (2021), Frandson et al. (2013), Frandson et al. (2015), Keskiniva et al. (2022), Lehtovaara et al. (2020), Lehtovaara et al. (2022)
Payment of subcontractors should be linked to takt areas to incentivize the completion of work	Frandson et al. (2013), Keskiniva et al. (2022), Salem et al. (2018)
Smaller batch sizes have advantages, but also increase the number of handoffs, which increase the likelihood of problems occurring	Dahlberg & Drevland (2021), Frandson et al. (2013), Lehtovaara et al. (2021), Yaw et al. (2020)

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The purpose of this paper was to conduct a structured literature review of the literature on the use of takt planning in production to identify what has been written about handoffs between takt wagons. None of the articles identified directly concerned takt handoffs, but several papers had some material concerning handoffs. However, from the analyzed articles, the literature review identified several factors for enabling and supporting good handoffs.

One of the key aspects of ensuring good handoff between the wagons is to ensure that the takt areas are completed in time for the handoff. If a takt area is not completed, it will immediately affect the rest of the takt train. Measures that help ensure that takt areas are completed on time can be using capacity buffers and production control – in the form of meetings that follow up progress.

Setting precise requirements for what should be done before handoff can also help ensure a good handoff. People will have different notions of what lies in the term done and, thus, what they must do before the handoff. The consequences of such a vague understanding of the term can be grave. For example, if a wagon hands off an unfinished takt area, it can affect the conditions that later wagons have for carrying out their tasks, leading to delays. Therefore, what a wagon must do before handoff should be clarified and clearly communicated.

Another finding was that the contracts with the subcontractors might provide incentives not to complete the takt areas. To ensure good handoffs – and that all wagons are entirely done in the takt areas – it may be necessary to adapt contracts specifically to takt production. By basing the payments on the handoff of finished takt areas, contractors will be incentivized to hand off takt areas that are “done-done” – i.e., 100% finished.

The literature review uncovered little regarding actual handoff procedures used in projects. Only one study contained detailed information about how handoffs were handled, employing a handoff protocol. Nevertheless, we would argue that such a handoff protocol can contribute to sound handoff. For example, in a handoff protocol, a takt wagon can record that it has carried out its work as described and that the area is tidy and ready for the next wagon. This way, a structure is created for how handoffs are carried out.

Summarizing the above leads us to four main recommendations for takt handoffs:

- Ensure that takt areas are completed on time through the use of capacity buffers and production control
- Set precise requirements for what should be done by a wagon before handoff
- Use contracts adopted for takt construction
- Consider a handoff protocol to structure the handoff procedure.

Concerning further work, it is evident from the literature review that there is a need to study takt handoffs on construction projects in more detail – how are they carried out, and how can we best enable them? Additionally, it may be worthwhile to investigate the impact of takt handoffs on project performance, such as productivity, quality, and safety. Moreover, future studies could investigate the role of technology in facilitating takt handoffs and improving their effectiveness.

As mentioned in the introduction, this literature review is the first step of a more extensive Design Science Research based study on ensuring good handoffs when using takt in construction projects. Presently, we are investigating the practices of a major Norwegian contractor – aiming to develop better tools and guidelines for them to ensure good handoffs.

REFERENCES

- Binninger, M., Dlouhy, J., & Haghsheno, S. (2017). Technical takt planning and takt control in construction. *IGLC 25*, 605–612. <https://doi.org/10.24928/2017/0297>
- Biotto, C., Kagioglou, M., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2017). *Comparing Production Design Activities and Location-Based Planning Tools*. 705–712. <https://doi.org/10.24928/2017/0176>
- Bølviken, T., Aslesen, S., & Koskela, L. (2015). What Is a Good Plan? In O. Seppänen, V. A. González, & P. Arroyo (Eds.), *IGLC 23*, pp. 93–102. <https://iglc.net/Papers/Details/1238>
- Dahlberg, T. Ø., & Drevland, F. (2021). Preventing the Parade of Delays in Takt Production. *IGLC 29*, 777–786. <https://doi.org/10.24928/2021/0175>
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding. *IGLC 21*, 527–536. <http://iglc.net/Papers/Details/902>
- Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2014). Takt-Time Planning and the Last Planner. *IGLC 22*, 571–580. <http://iglc.net/Papers/Details/1063>
- Frandsen, A. G., Seppänen, O., & Tommelein, I. D. (2015). Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning. *IGLC 23*, 3–12. <http://iglc.net/Papers/Details/1181>
- Frandsen, A. G., & Tommelein, I. D. (2016). Takt Time Planning of Interiors on a Pre-Cast Hospital Project. *IGLC 24*, 143–152. <https://www.iglc.net/Papers/Details/1339>
- Gardarsson, M. H., Lædre, O., & Svalestuen, F. (2019). Takt Time Planning in Porsche Consulting, the Boldt Company and Veidekke. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 551–562. <https://doi.org/10.24928/2019/0232>
- Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., & Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. *IGLC 24*, 53–62. <https://iglc.net/Papers/Details/1297>
- Halttula, H. P. I., & Seppänen, O. (2022). Situational Awareness in Construction Projects Using Takt Production. *IGLC 30*, 164–174. <https://iglc.net/Papers/Details/1954>
- Haugen, C. G., Lædre, O., & Aslesen, S. (2020). Takt performance indicators. *IGLC 28*, 457–468. <https://doi.org/10.24928/2020/0135>
- Kalsaas, B. T., Grindheim, I., & Læknes, N. (2014). Integrated planning vs. Last planner system. In B. T. Kalsaas, L. Koskela, & T. A. Saurin (Eds.), *IGLC 22*, 639–650. <http://www.iglc.net/papers/details/1034>
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2021). Takt Production Monitoring and Control in Apartment Renovation Projects. *Buildings*, 11(3), 92. <https://doi.org/10.3390/buildings11030092>
- Keskiniva, K., Saari, A., & Junnonen, J.-M. (2022). Suggestions for takt production subcontract clauses – a conceptual study. *Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2021-0176>
- Kujansuu, P., Lehtovaara, J., Salerto, S., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). How does takt production contribute to trade flow in construction? *IGLC 28*, 445–454. <https://doi.org/10.24928/2020/0069>
- Lehtovaara, J., Heinonen, A., Lavikka, R., Ronkainen, M., Kujansuu, P., Ruohomäki, A., Örmä, M., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2020). Takt Maturity Model: From Individual Successes Towards Systemic Change in Finland. *IGLC 28*, 433–444. <https://doi.org/10.24928/2020/0017>
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. (2020). How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model.

- Construction Management and Economics*, 0(0), 1–23.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1824295>
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. (2021). How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model. *Construction Management and Economics*, 39(1), 73–95.
<https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1824295>
- Lehtovaara, J., Tommelein, I. D., & Seppänen, O. (2022). *How a Takt Plan Can Fail: Applying Failure Modes and Effects Analysis in Takt Control*. 715–726.
<https://doi.org/10.24928/2022/0182>
- Linnik, M., Berghede, K., & Ballard, G. (2013). An Experiment in Takt Time Planning Applied to Non-Repetitive Work. *IGLC 21*, 609–618.
<http://iglc.net/Papers/Details/924>
- NVivo. (n.d.). Lumivero. Retrieved May 3, 2023, from <https://lumivero.com/products/nvivo/>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). *Real World Research* (4 edition). Wiley.
- Salem, C., Lefèvre, C., Li, J., Waters, R., Tommelein, I. D., Jayamanne, E., & Shuler, P. (2018). *Managing the “Receding Edge.”* 713–723.
<https://doi.org/10.24928/2018/0414>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Tommelein, I. D., & Emdanat, S. (2022). *Takt Planning: An Enabler for Lean Construction*. 866–877. <https://doi.org/10.24928/2022/0198>
- Tommelein, I. D., R.Riley, D., & A.Howell, G. (1999). Parade Game: Impact of Work Flow Variability on Trade Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), 304–310. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1999\)125:5\(304\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:5(304))
- Vatne, M. E., & Drevland, F. (2016). Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study. *IGLC 24*. <http://www.iglc.net/papers/details/1327>
- Yaw, M. W., Rybkowski, Z. K., & Jeong, H. D. (2020). Reducing handoffs between sequential trades: A simulation. *IGLC 28*, 205–216.
<https://doi.org/10.24928/2020/0028>

