



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2022 30 stp
Fakultetet ved realfag og teknologi

Fremdriftsmessige konsekvenser av å bygge med massivtre

Constructing in CLT - Impact on Building Efficiency
and Construction Scheduling

Birgitte Johansen
Industriell Økonomi

FORORD

Denne oppgaven markerer avslutningen på det femårige sivilingeniørstudiet, industriell økonomi med spesialisering i byggkonstruksjon, ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) våren 2022. Oppgavens omfang er 30 studiepoeng og er resultatet av 4 måneders arbeid med problemstillingen.

Fasinasjonen for massivtre startet for meg når jeg flyttet inn i studentboliger i massivtre allerede første året som student. Etter å ha bodd i massivtrebygg i snart 5 år har jeg rukket å gjøre meg noen observasjoner og tanker om særegenhetene med massivtre som jeg hadde lyst til å utforske mer gjennom en masteroppgave.

Jeg vil rette en stor takk til alle som har stilt opp som informanter. Det har vært en stor berikelse å få komme på befaringer og samtale masse om massivtre. Jeg var glad i massivtre før jeg startet på oppgaven, men vil tørre å påstå at jeg nå er (om mulig) blitt enda mer entusiastisk. Så tusen takk til alle som tok seg tid til å svare på mine spørsmål og som sa seg villig til å dele av sine erfaringer slik at denne oppgaven kunne bli så god som mulig. Jeg setter uendelig stor pris på det.

Jeg vil gjerne takke veileder Leif Daniel Houck, fra fakultetet ved realfag og teknologi, for gode samtaler og tilbakemeldinger på oppgaven. Jeg vil også takke mamma og pappa for at de har støttet meg gjennom utdanningen. En stor takk rettes også til Synnøve Aakre og Marita Johansen for god hjelp med korrekturlesing. Sist, men ikke minst vil jeg takke medstudent Bente Melkevik for god støtte og tankevekkende samtaler underveis i oppgaveskrivingen. Jeg vet ikke om oppgaven hadde blitt ferdig om det ikke var for deg.

Ås, mai 2022

Birgitte Johansen

Birgitte Johansen

SAMMENDRAG

Norge har en lang tradisjon for å bygge hus i tre. De siste årene har det også blitt mer vanlig å benytte treverk i form av massivtre i større bygg over flere etasjer. Massivtre er krysslimte treelementer som kan benyttes som bærende konstruksjon i et bygg. Elementene kan også benyttes som vegger, dekker og tak. Massivtre blir blant annet solgt som en del av løsningen på klimaproblemene verden står ovenfor i dag. Det blir også hevdet at massivtre kan bidra med å effektivisere byggetiden til et prosjekt.

Målet med masteroppgaven er å besvare følgende problemstilling:

Hvilke fremdriftsmessige konsekvenser har valg av bærende konstruksjon i massivtre, sammenliknet med prosjekter i stål og betong?

Arbeidet med masteroppgaven startet med å kartlegge dagens kunnskap om massivtre ved hjelp av litteratursøk og innledende samtaler med entreprenører og tre-eksperter. Deretter ble det avholdt semistrukturerte intervjuer med representanter fra ulike entreprenører og eksperter på lean og massivtre for å samle nødvendige data til å besvare problemstillingen. Det ble også benyttet dokumentstudier av fremdriftsplaner for å supplere data fra intervjuene.

Studie av intervjuene og fremdriftsplanene avdekket at det er ingen store forskjeller i hvordan et prosjekt i massivtre gjennomføres på i forhold til prosjekter i stål og betong. Det er ønske om at mer prosjekteres ferdig på forhånd i et massivtreprosjekt for å utnytte muligheten for å ta utsparinger i elementene på fabrikk. For fremdriftsplanleggingen av prosjekter har det ingen konsekvens å ha bærende konstruksjon i massivtre. Måten massivtrebygg planlegges og gjennomføres på er likedan som tilsvarende bygg med bærende konstruksjon i stål og betong.

For å utnytte de fordelene massivtre kan ha bør det gjøres noen endringer i måten massivtreprosjekter gjennomføres på. Løsningene som blir foreslåtte knyttes opp mot teori som omhandler lean og prosjektledelse. Det er viktig å sikre erfaringsoverføring mellom prosjekter og prosjektledere for å unngå gjentakelse av ikke tilfredsstillende løsninger. Byggebransjen må tørre å tenke nytt og utvikle egne løsninger som er tilpasset massivtre, og ikke bare bruke løsninger fra betong i massivtreprosjekter.

ABSTRACT

Norway has a long tradition of building wooden houses. In recent years, it has also become more common to use wood in form of cross-laminated timber (CLT) in larger buildings over several floors. CLT is engineered wood elements glued together in cross-layered layers, which can be used as a load-bearing structure in a building. The elements can also be used as walls, floors and roofs. Among other things, CLT is sold as part of the solution to the climate problems the world is facing today. It is also claimed that CLT can help streamline the time used in a construction project.

The aim of the master's thesis is to answer the following research question:

What are the consequences for building efficiency and construction scheduling if choosing load-bearing structures in CLT, compared with steel and concrete projects?

The work with the master's thesis began with mapping current knowledge about CLT using a literature search and early conversations with contractors and wood experts. Then semi-structured interviews were held with representatives from various contractors and experts in lean and CLT, to gather the necessary data to answer the research question. Document studies of construction schedules were also used to supplement data from the interviews.

A study of the interviews and construction schedules revealed that there are no major differences in the way a project in CLT is conducted, in relation to projects in steel and concrete. It is desired that the design process is well on its way to ensure that necessary cut-outs can be made in the factory. It has no consequence for the construction scheduling if the project has a load-bearing structure in CLT. The way a CLT construction is planned and completed, is therefore the same as a similar building with a load-bearing structure in steel and concrete.

In order to utilize the benefits that CLT may have, some changes should be made in the way CLT projects are carried out. The solutions that are proposed are linked to theory from lean and project management. It is important to ensure transfer of experience between projects to avoid repetition of unsatisfactory solutions. The construction industry must dare to think new

and develop its own solutions that are adapted to CLT, and not just use solutions from concrete in CLT projects.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	II
Sammendrag	III
Abstract	IV
Forkortelser	VIII
Figurliste	IX
Tabelliste	IX
1 Innledning og problemstilling	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Formål og problemstilling	2
1.3 Avgrensninger	2
2 Teori	4
2.1 Massivtre	4
2.1.1 Prosjektering med massivtreelement	5
2.1.2 Hvorfor massivtre?.....	6
2.2 Prosjektteori.....	7
2.2.1 Faser i et prosjekt	8
2.2.2 Prosjektledelse	10
2.2.3 Fremdriftsplanlegging.....	12
2.3 Lean Construction.....	15
2.3.1 Hva er lean?	15
2.3.2 Hva er Lean Construction?	18
3 Metode	22
3.1 Kvantitative og kvalitative metoder	22
3.2 Litteratursøk.....	23
3.3 Semistrukturert intervju.....	26
3.3.1 Forberedelse til intervjuene.....	26

3.3.2 Intervjupersoner	28
3.3.3 Gjennomføring av intervjuene	31
3.3.4 Etter intervjuene	32
3.4 Dokumentstudier	32
3.5 Styrker og svakheter ved metoden.....	36
4 Resultater	39
4.1 Intervjuer	39
4.1.1 Prosjektering	39
4.1.2 Fremdriftsplanlegging.....	42
4.1.3 Andre utfordringer	45
4.2 Dokumentstudiet.....	46
5 Diskusjon.....	55
5.1 Gjennomføring av prosjekter i MT.....	55
5.2 Forbedringspotensial	59
6 Konklusjon.....	63
7 Videre forskning.....	64
8 Referanser	66
9 Vedlegg	i
Vedlegg A: Intervjuguide	i
Vedlegg B: Eksempel på en fremdriftsplan.....	v

FORKORTELSER

Under gis en oversikt over alle forkortelsene som er blitt brukt i oppgaven og hva de betyr.

BH – Byggherre

BIM – Bygningsinformasjonsmodellering

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

FDV – Dokumentasjon for Forvaltning, Drift og Vedlikehold

JiT – Just-in-Time

LC – Lean Construction

MT – Massivtre

RIB – Rådgivende ingeniør bygg

TEK – Byggeteknisk forskrift

TPS – Toyota Production System

UE – Underentreprenør

FIGURLISTE

Figur 1: MT-elementer kommer levert til byggeplass med utsparinger til tekniske fag, dører og vinduer.....	40
Figur 2: En oversikt over prosjektene som har blitt analysert gjennom fremdriftsplanene. Tallene viser antall dager som ble brukt til å fullføre hver milepæl. De grønne områdene viser hvilket prosjekt som har brukt kortest tid per milepæl.....	49
Figur 3: Figuren viser samme oversikt, men nå er antall dager/1 000 m ² på prosjektet. De grønne områdene viser hvilket prosjekt som bruker kortest tid	49
Figur 4: Sammenhengen mellom antall dager/1 000 m ² for hver milepæl	50
Figur 5: Figuren viser hvor stor del av hele prosjektet de ulike sekvensene bruker	51
Figur 6: Grensesnittet mellom betong og MT-søyle	52
Figur 7: Sammenhengen mellom byggetid i måneder og størrelsen på hvert prosjekt. Kryssene er prosjekt utført i betong og sirklene er MT-prosjekter	53
Figur 8: Sammenhengen mellom størrelsen på prosjektene og kontraktsummen. Kryssene representerer prosjekt utført i betong og sirklene er MT prosjekter.....	54
Figur 9: Montasje av MT. Bilde er fra Backe Vestfold Telemark AS og Spinn Arkitekter AS v/James Dodson.....	61

TABELLISTE

Tabell 1: Søkematriksen for MT	23
Tabell 2: Søkematriksen for planlegging	24
Tabell 3: Oversikt over informanter som ble benyttet	28
Tabell 4: Prosjektfakta for prosjektene	47

1 INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING

1.1 Bakgrunn

I dag befinner vi oss midt i en klimakrise. FNs klimarapport som ble utgitt i 2021 bekrefter at menneskets påvirkning av miljøet er med på å akselerere den globale oppvarmingen mer enn det som har vært normalen de siste 2 000 årene (Leigland, 2021). Det fører til at vi blir tvunget til å tenke nytt og finne nye løsninger på veletablerte metoder og løsninger. Bygg og eiendom har bidratt med store utslipp i mange år (Molvik, 2021). Nå er det på tide at noe gjøres for å kutte utslippene. Sertifiseringsordninger som BREEAM og innovasjonsprogram som FutureBuilt er nytt for byggebransjen. De representerer ulike løsninger som skal bidra til å minimere påvirkningen byggebransjen har på miljøet. En annen løsning på klimautfordringene er massivtre. Massivtre er en nyere måte å bygge på. Det har blitt bygget med tre i Norge svært lenge. Det nye med massivtre er at det bygges bygg med bærende konstruksjon i tre over flere etasjer. De siste 10 årene har bruken av massivtre økt betraktelig. Massivtre bidrar til å kutte klimagassutslippene fra et byggeprosjekt. I en rapport utført av Rambøll på bestilling fra Statsbygg, oppgis det at en av de store fordelene med å bygge i tre er treets egenskap til å binde CO². Dette forutsetter likevel at treverket som benyttes ikke importeres fra utlandet (Rambøll, 2012). Det kan dermed virke som om massivtre er en del av løsningen for å kutte ned klimagassutslippene tilknyttet nybygg.

Bakgrunnen for denne oppgaven er å kartlegge hvilke konsekvenser det har for gjennomføringen av et prosjekt når bærende konstruksjon og dekker går fra å være i stål og betong over til massivtre. For at massivtre som byggemateriale skal kunne konkurrere på lik linje som andre mer tradisjonelle bærekonstruksjoner som betong og stål er man nødt til å gjøre noen endringer i tankemønstrene man har om hvordan man skal utføre et byggeprosjekt. Prosessen bør tilpasses et bygg i massivtre helt fra skisseprosjekt og ut gjennom hele byggefasen. Det er ikke så enkelt at man kan ta ett bygg som er planlagt i betong og bygge det med massivtre i stedet for. Det er det flere årsaker til. For det første er massivtre et mye lettere materiale enn betong, så det krever andre løsninger for å nå lydkravet og for å unngå svingninger i bygget. For det andre brenner treverk lettere enn stål og betong som gjør at det må prosjekteres annerledes for å tilfredsstille brannkravet til bygget. For det tredje er treverk et hygroskopisk materiale som betyr at det beveger seg mer ved temperaturendringer og tiltrekker seg vann lett

(Statsbygg, 2013, s. 27). Dette er forhold som i større grad må hensyntas når man prosjekterer ett bygg i massivtre.

1.2 Formål og problemstilling

Problemstillingen i oppgaven ble fastsatt gjennom diskusjoner med entreprenører og eksperter som arbeider med massivtre. I tillegg bidro søk etter eksisterende kunnskap om emnet til å avdekke hvor det var behov for mer kunnskap. Målet var at oppgaven skulle tilføre kunnskap som ville være nyttig for byggebransjen og samtidig være med på å videreutvikle kunnskapen om massivtre. Formålet med oppgaven er å se om gjennomføringen av prosjekter i massivtre fremdriftplanlegges annerledes enn for bygg av stål og betong.

Med bakgrunn i dette ble problemstillingen som følger:

Hvilke fremdriftsmessige konsekvenser har valg av bærende konstruksjon i massivtre, sammenliknet med prosjekter i stål og betong?

1.3 Avgrensninger

Massivtre er et veldig stort tema med mange spennende områder å studere. For å rekke å fullføre oppgaven inne den gitte tiden på omtrent 4 måneder var det nødvendig å gjøre noen avgrensninger for oppgaven. Det er kun blitt sett på den norske bygg- og anleggsbransjen. Alle prosjektene som danner datagrunnlaget for oppgaven, har blitt utført på Østlandet. Dette er det to grunner til. Først og fremst så bygges det flere prosjekter i massivtre på Østlandet og de som har blitt intervjuet har dermed bred erfaring fra flere prosjekter. Grunn nummer to er at det å undersøke prosjekter på Østlandet gjorde det mulig å reise på befaring på prosjektene og få se hvordan massivtre monteres med egne øyne. Dette ga muligheten for å stille spørsmål til det man så der og da og medførte en bedre virkelighetsoppfatning av hva massivtre egentlig er.

Når det kommer til selve prosjektene som er blitt valgt ut som datagrunnlag er det også blitt gjort noen avgrensninger her. Det er viktig at prosjektene har bærende konstruksjon i massivtre. Alle prosjektene har benyttet en variant av totalentreprise som entrepriseform. Dette er for at entreprenøren selv skal ha hatt ansvaret for prosjekteringen som har blitt gjort på prosjektet.

Når det skrives om prosjektering av massivtre i oppgaven vil det kun bli sett på den delen av prosjekteringen som er nødvendig for å få sendt modeller av massivtreet til fabrikk for produksjon. Det er ønskelig å ha prosjektert ferdig utsparinger til tekniske fag, dører og vinduer før modellene sendes.

For fremdriftsplanene som sammenlignes i dokumentstudiet er det gjort en avgrensning til prosjektene som sammenlignes. Det er kun blitt sett på skoler og barnehager. Det bygges mange skoler og barnehager i massivtre, og da var det naturlig å velge denne typen prosjekter å studere. Grunnen til at det kun studeres disse type prosjekter er at det skal være minst mulig variabler i fremdriftsplanene slik at de kan sammenlignes på likt grunnlag. Det har også vært viktig at byggene har mer enn en etasje. Dette er fordi det ønskes å se på muligheten for taktplanlegging og om bruken av taktplanlegging har en sammenheng med blant annet antall etasjer bygget har. Det blir ikke sett på den delen av fremdriftsplanene som omhandler utomhus da det blir antatt at utomhusplanene ikke påvirkes i noen grad av materialet som er benyttet som bærende konstruksjon i bygget.

Det er nødvendig å gjøre noen avgrensninger til prosjektene i stål og betong som det sammenlignes med gjennom oppgaven. Når det blir skrevet «prosjekter i betong» eller «prosjekter i stål og betong» menes det heretter prosjekter som har bærende konstruksjon av prefabrikkert betong og ståldragere/søyler. Grunnen til at det er valgt å sammenligne massivtre med prosjekter som har benyttet prefabrikkerte betongelementer, er fordi det er den måten å bygge med betong på som minner mest om måten man bygger med massivtre på. I begge tilfeller kommer det ferdige elementer levert til byggeplass. Målet er at dette skal minimerer forskjellene i måten de to bærekonstruksjoner bygges på slik at det blir enklere å kartlegge konsekvensene av å bygge i massivtre.

2 TEORI

Teorikapittelet har som formål å presentere aktuell teori som er nødvendig for å besvare problemstillingen.

2.1 Massivtre

Tre lagt i lameller har mange navn, noen av de mest brukte er massivtre, krysslimt tre, limtre eller cross-laminated timber (CLT) på engelsk. I denne oppgaven vil massivtre (MT) brukes. Teorien om MT er hentet fra håndboken til Norsk Tretekniske Institutt (TreFokus) som omhandler MT (Aarstad et al., 2008). Håndboken er fra 2011, men den henvises til på nettsidene deres den dag i dag. Det antas derfor at informasjonen i håndboken gjelder også i dag. MT-elementer beskrives som lameller av tre som er satt sammen ved bruk av spiker, skruer, trediabler, lim eller stålstag. Antall sjikt elementene består av kan variere alt etter hvilken funksjon elementet skal ha og hvor mye krefter de skal ta opp. Det er to hovedkategorier for MT-elementene; kantstilte elementer og krysslagte elementer (Aarstad et al., 2008). Hovedforskjellene mellom disse to er i hovedsak hvordan lamellene blir lagt i forhold til hverandre og festemiddelet som blir benyttet. Kantstilte elementer har stående lameller og sammenføyes ved hjelp av skruer, spiker, lim, trediabler eller stålstag. Det er under denne kategorien man finner blant annet limtre. Limtre blir ofte benyttet i søyler og dragere i bygg. Krysslagte elementer derimot er sjikt av tre som legges i sjikt som ligger 90 grader eller i noen tilfeller 45 grader i forhold til hverandre. Lagene er enten limt sammen med lim eller festet ved hjelp av trediabler. Dyblene blir slått ned i et hull som er boret på forhånd i elementet. Over tid vil dyblene utvide seg og da holde lagene i elementet godt sammen. Det betyr at elementene som benytter trediabler som festemiddel er 100% av tre (Bugge, 2016, s. 6).

MT-elementene kan benyttes både som bærende og ikke-bærende elementer i dekke-, tak- og veggelementer. MT-elementene er veldig fleksible i hvilke fasonger de kan produseres i. Det kan lages utsparinger som for eksempel hull til vinduer, dører og kanaler på fabrikk der elementene produseres. På denne måten kan elementene leveres ferdig med alle utsparingene når de kommer til byggeplass. Elementene kan også kombineres med andre byggematerialer. Alt etter hvilken funksjon elementet skal ha kan man lakkere, olje eller dekke det til med andre materialer (Aasheim et al., 2006). Det betyr at man også må oppgi hvilke flater som vil bli tildekket og ikke på elementene slik at de kan få rett behandling på fabrikk. Ofte dekkes minst en av to sider til med gips for å tilfredsstille brannkrav (Friquin & Denstad, 2020).

En norsk produsent av MT-element er Splitkon. Splitkon åpnet fabrikk sin i Norge i april 2019. Fabrikk har en produksjonskapasitet per i dag på 50 000 m³ (Splitkon, 2022b). Splitkon benytter norsk gran i produksjonen av elementene sine. Splitkon oppgir at elementene produseres med millimeterpresisjon (Splitkon, 2022a). Elementene tåler høy punktlast og Splitkon oppgir at de produserer elementer så store som 3,5 m x 16 m dersom overflaten er upusset (Splitkon, 2022b). I FDV-en til MT levert fra Splitkon står det at elementene deres har en levetid på over 50 år hvis man følger anbefalt vedlikeholdsrutine (Splitkon, 2021). FDV er et dokument som omhandler forvaltning, drift og vedlikehold av et produkt (Thue, 2019).

I rapporten *Bruk av tre i offentlige bygg* utført av Asplan Viak for Svinesundskomiteén kommer det frem at det har vært en stor vekst i produksjonen av MT internasjonalt. Rapporten har som formål å belyse viktige egenskaper bygg i tre har. Rapporten ser både på miljø, men også det byggetekniske. I den korte perioden fra 2008 til 2012 har MT-produksjonen i Europa økt fra ca. 210 000 m³ til 430 000 m³ (Bugge, 2016, s. 7). I en søketjeneste fra Nasjonalbiblioteket, NB N-gram^{BETA}, vises det en oversikt over hvor ofte et søkeord har forekommet i litteratur. Når man søker på MT i denne tjenesten ser man at første gang MT dukket opp i bøker er i 1999. Grafen viser en tydelig vekst i forekomsten av MT i litteratur frem mot 2008 (Nasjonalbiblioteket, 2015). En markedsanalyse av MT 2020-2030 som ble utført av Trebruk AS etter ønske fra Østfold Fylkeskommune, blir det presentert oppdaterte analysetall for MT-forbruket i Norge. I 2016 var forbruket 37 018 m³, i 2020 var forbruket 78 616 m³ og i 2030 er det predikter til å være på 179 086 m³ (Lier & Aasheim, 2020). På tross av økende trend i bruken av MT, kommer det frem i rapporten *Kunnskapsgrunnlag for økt bruk av tre i offentlige bygg* til Statsbygg (Statsbygg, 2013) at det i dag ofte blir valgt bort å bruke trebaserte løsninger i urbant bygg. Grunnen til dette kan se ut til å bunne i mangel på kunnskap og mangel på ønske om å ta risikoen som følger det å bygge i tre. For å få utviklet løsningene for MT avhenger det av at byggherre (BH) tørr å ta risikoen for å få utviklet kompetansen man har på området.

2.1.1 Prosjektering med massivtreelement

Prosjekteringsfasen er en sentral del av et prosjekt. Her blir grunnsteinene lagt for at prosjektet skal lykkes. Prosjektering av et byggeprosjekt er kort fortalt den fasen der det lages en teknisk modell av det ferdige prosjektet (dibk, 2022). I prosjekteringsfasen er det viktig at entreprenør, arkitekt og rådgivere samarbeider godt for å sikre at alle forskrifter og krav

beskrevet i TEK blir tilfredsstillt. Klarer man å få til en god prosjekteringsfase og avdekker alle feil og mangler i den tekniske modellen før byggefasen starter, kan man spare seg for mye tid og kostnader da det er enklere å gjøre endringer mens man enda prosjekterer (dibk, 2022). Som følge av at MT-elementene produseres ferdig før de kommer til byggeplass, krever det at de prosjekteres på forhånd. Elementene kan leveres med utskjæringer til vinduer, dører, og tekniske installasjoner. Det må også komme frem i modellen hvilke overflater på MT-elementene som skal være synlige eller ikke, slik at elementene kan få riktig overflatebehandling (Aarstad et al., 2008). Ulike overflatebehandlinger forsterker behovet for å gjøre ferdig prosjekteringen før man starter produksjonen av elementene. Når elementene ankommer byggeplass blir det som å bygge med byggeklosser og bygget reises fort. Jo mer som blir gjort på fabrikk, jo enklere blir byggefasen.

Selve produksjonen av MT skjer innendørs på fabrikk. I Norge har vi som tidligere nevnt én produsent av MT. Selv om det er kommet en norsk produsent, må byggebransjen likevel forholde seg til et internasjonalt marked på grunn av begrenset kapasitet hos Splitkon. I rapporten *Kunnskapsgrunnlag for økt bruk av tre i offentlige bygg* oppgis det to grunner for at man må benytte seg av det internasjonale leverandørmarkedet. Ene grunnen er lovene knyttet til EØS-avtalen og konkurranseregelverket, og den andre grunnen er at spesialproduserte produkter ofte ikke lages i Norge. I samme rapport kommer det også frem at den høye byggeaktiviteten i Norge gir en økt etterspørsel etter innsatsfaktorer (Statsbygg, 2013, s.30). Disse kommer derfor også ofte fra europeiske land.

2.1.2 Hvorfor massivtre?

I ett innlegg på bygg.no fra 2019 forfattet av Grethe Bergly, konsernsjef i Multiconsult og Ann-Kristin Ytreberg, daglig leder i Miljøfyrtårn kommer det frem at det er viktig at offentlig BH bærer sin del av ansvaret i å kutte klimagassutslippene som følge av bygg- og anleggsvirksomheten (Bergly & Ytreberg, 2019). Materialbruken i bygg vil være en sentral del av nybygg for å nå klimamålene. Bruk av MT eller annet tremateriale kan være en del av løsningen for å realisere de ambisiøse utslippsmålene Norge har satt seg (Statsbygg, 2013).

Splitkon oppgir på sine hjemmesider (Splitkon, 2022a) følgende fordeler med å bygge i MT. I tillegg er noen punkter oppsummert fra rapporten *Bruk av tre i offentlige bygg* av Asplan Viak gjort for Trebruk (Bugge, 2016):

- Byggetid reduseres med MT

- Lavere fraktkostnader – lettere elementer. MT= 400-500 kg/m³ og betong = 2000-2500 kg/m³. Det minimerer behovet for antall turer med lastebil da det kan lastes flere elementer på en bil
- Mer effektiv jobbing – Kan starte installasjon av tekniske installasjoner rett etter monteringen er ferdig. Enkelt å bore hull og feste ting i treverk
- Godt arbeidsmiljø – lyst, mindre støy og mindre støv
- Bærekraftige bygg er mer attraktive, gir bedre avkastning på sikt for utbygger og investor

Bruken av MT byr også på noen utfordringer. Rapporten til Asplan Viak belyser noen av dem (Bugge, 2016):

- Brann: Siden MT er en nyere måte å bygge på er det enda ikke utviklet preaksepterte løsninger tilpasset MT. Dette øker behovet for prosjektering, da hvert prosjekt må prosjekteres enkeltvis med egne løsninger.
- Akustikk: MT elementene er lette, det gjør at lyd flytter seg godt i materialet. Dette krever nøyere detaljprosjektering for å oppfylle kravene til akustikk i TEK17.
- Det lette materialet byr også på utfordring i å ta opp krefter og svingninger fra vind.
- Fukt: Det er viktig at konstruksjonen prosjekteres slik at den har muligheter for å tørke dersom det skulle bli utsatt for fukt og dermed klarer å tørke. Hvis ikke risikeres råtedannelse og mugg i trekonstruksjonen.

Fukt, akustikk og brann er altså de tre områdene som det er flest utfordringer knyttet til når man skal prosjektere et bygg i MT. Det er derfor ekstremt viktig at dette gjøres skikkelig for at bygget skal oppfylle de kravene det skal.

MT har altså noen gode egenskaper ved seg som kan medføre at det både blir billigere å bygge med MT, i tillegg til at miljøutslippene fra prosjektet reduseres. For at det skal være mulig å utnytte disse godene er det noen utfordringer som først må løses.

2.2 Prosjektteori

Hva er egentlig et prosjekt? I boka *Prosjekt – strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*, definerer Kolltveit et.al et prosjekt slik: «en oppgave som har egne mål, lav frekvens, gitte tids- og ressursrammer og som er en del av en innovasjonsprosess, samt oftest knyttet til en

økonomisk transaksjon» (Kolltveit et al., 2009, s.12). Dette betyr at for at man skal kunne kalle noe for et prosjekt så må det være en gitt tidsbegrensning og et mål om hvordan det ferdige produktet skal se ut. Punktet om at det skal være lav frekvens betyr at målet med prosjektet skal være unikt og helst ikke forkomme mer enn en gang. Kravet til tid og kostnad på prosjektet gjør det viktig med gode styringsrammer som man kan styre prosjektet rundt. Dette er en generell definisjon på prosjekt. Rammene passer godt for et byggeprosjekt. Et bygg har en gitt tidsfrist, det har et budsjett, det har gitte ressursrammer og det er unikt. Det er selve byggets ferdigstillelse og bruken av bygget er målet til prosjektet.

Kalsaas beskriver i boken *Lean Construction – Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon* den litt nyere delen av definisjonen på et prosjekt som handler om at det dannes en temporær organisasjon (Kalsaas, 2017). Organisasjonen lages spesifikt til ett prosjekt, og er derav unik dette ene prosjektet. Det ble av den grunn rettet fokus mot å lede prosjektene med en følelse av at man er et team. For å få til dette er det spesielt viktig med tydelig kommunikasjon innad i organisasjonen.

Videre i dette delkapittelet vil det bli gått gjennom deler av prosjektteori som danner grunnlaget for å kunne forstå hvordan et byggeprosjekt gjennomføres. Det vil bli presentert teori om hvilke faser et byggeprosjekt består av, litt om hva som er viktig i ledelse av et byggeprosjekt og til slutt ett underkapittel om hva fremdriftsplanlegging er og hvorfor det er viktig i et byggeprosjekt.

2.2.1 Faser i et prosjekt

Statsbygg har i rapporten *Tre for bygg og bygg i tre: Kunnskapsgrunnlag for økt bruk av tre i offentlige bygg* definert og beskrevet sentrale faser i et byggeprosjekt. I dokumentet henvises det til en rapport fra Rambøll der de samme fasene blir presentert i en oversikt over det de anser som viktige faser i et byggeprosjekt (Rambøll, 2012). Det finnes flere måter å dele et prosjekt inn i faser på, men i denne oppgaven vil fasene definert av Rambøll bli brukt som utgangspunkt. Fasene er i kronologisk rekkefølge:

1. Behovsanalyse/tilstandsanalyse
2. Romprogram
3. Skisseprosjekt
4. Forprosjekt

5. Detaljprosjekt
6. Byggefase

Statsbygg forklarer hva som inngår i de ulike fasene som beskrevet under (Statsbygg, 2013). Som tidligere nevnt henviser Statsbygg til en rapport av Rambøll når de beskriver fasene, så det vil også bli gjort her.

Behovs- og tilstandsanalyse har som mål å sette rammene for prosjektet (Rambøll, 2012). Her er det for det meste BH som er involvert, men rådgivere kan også bli inkludert om nødvendig. Her bestemmes størrelse på prosjektet, hvor mange brukere det skal ha og hva prosjektet skal inneholde.

I romprogramfasen, også kalt programfasen, er det også BH som har hovedansvaret. Her kan det i tillegg til rådgivere bli aktuelt å inkludere arkitekt. I denne fasen brukes det tid på å bestemme materialvalg for bygget. Det blir utarbeidet en funksjon- og prosjektbeskrivelse som skal beskrive kravene man ønsker at prosjektet skal oppfylle (Rambøll, 2012).

I de følgende avsnittene beskrives fasene slik de ofte forekommer når det benyttes totalentreprise i prosjektene.

I tredje fase har man skisseprosjekt. Her har arkitekt ansvar for å tegne prosjektet med utgangspunkt i funksjons- og prosjektbeskrivelsen som ble laget i forrige fase. Skisseprosjektet blir beslutningsgrunnlaget for BH mot igangsettelse av selve byggingen. I denne fasen blir det også startet på grov kalkulasjon av kostnadene på prosjektet. Her livssyklus kostnader (LCC) for prosjektet beregnes. I skisseprosjekt er det spesielt viktig å utarbeide konkrete løsninger tilpasset bygget og det er helst i denne fasen føringene for materialvalg i prosjektet bør tas (Rambøll, 2012).

I forprosjektfasen konkretiseres prosjektet ytterligere inkludert prinsipper for tekniske løsninger, både innvendig og utvendig. Dette blir brukt til å starte innhenting av tilbud på entrepriser. Både i og før forprosjektfasen kan materialvalg være et tema. Ifølge Rambøll vil det variere litt når de konkrete løsningene for materialvalg vil bli tatt, så heretter vil det bli antatt

at valget blir tatt i skisseprosjektfasen (Rambøll, 2012). Valg av entrepriseform har mye å si for gjennomføringen av prosjektet og hvordan den vil se ut.

Neste fase i prosjektet er detaljprosjektering. Det er ofte her entreprenøren først kommer inn i prosjektet. Her setter arkitekt, rådgivere og entreprenør seg ned sammen og detaljprosjekterer bygget i henhold til funksjonsbeskrivelsen. Et mål er også å få et mer nøyaktig prisestimat på prosjektet (Rambøll, 2012).

Til slutt kommer byggefasen. Her skjer selve gjennomføringen av byggeprosjektet. I denne fasen er det først og fremst entreprenør og utførende håndverkere som er involverte. I følge Rambøll er det i denne fasen det er størst risiko for økte kostnader for prosjektet da kunnskapshullet for å bygge i tre er størst i denne fasen (Rambøll, 2012).

2.2.2 Prosjektledelse

Prosjektstyring må skilles fra prosjektledelse. Dette er to forskjellige begreper som ofte blandes og brukes om en annen (Kolltveit et al., 2009). En definisjon på prosjektstyring er: «Styring er bevisste tiltak for å øke sannsynligheten for å nå et ønsket resultat» (Kolltveit et al., 2009, s. 215). Prosjektledelse derimot handler om å oppnå målene man har satt i organisasjonen gjennom andre (Kolltveit et al., 2009). Det er viktig at en prosjektleder er klar over forskjellene på disse to og kan skille mellom dem for å både styre, men også lede en prosjektorganisasjon på best måte for å oppnå målene som er satt.

Styring handler altså om å definere målet og passe på at man kommer seg dit. Dette kan illustreres ved hjelp av styringssløyfen. Sløyfen er delt inn i følgende styringsfunksjoner: målformulering, planlegging og oppfølging (Westhagen et al., 2012, s. 30-32). Styringssløyfen kan være et verktøy som prosjektleder kan bruke aktivt for å oppnå gode resultater og for å nå målene som er satt for prosjektet. Det er også såkalte styringsfaktorer som er faktorer som et prosjekt kan styres etter. Her vil ulike faktorer være viktigere enn andre alt etter hvilken type prosjekt man har. Westhagen definerer følgende styringsfaktorer:

«

- Kvalitetsstyring
- Fremdriftsstyring
- Ressursstyring

- Økonomistyring

» (Westhagen et al., 2012, s.32).

Det finnes også andre faktorer, men disse er de viktigste. I et byggeprosjekt vil alle disse fire være viktige faktorer å styre etter. Kvalitetsstyring er viktig fordi man har en kontrakt med BH om hva som skal leveres og hvilke krav som settes til leveransen (Westhagen et al., 2012). Følges ikke dette opp vil det gjøre BH og interessenter svært misfornøyde, og det kan bli kostbart. Fremdriftsstyring er også viktig. Har man ikke en plan på hvilke milepæler som skal nås og gitte tidspunkter disse skal være nådd innen vil man neppe klare å fullføre prosjektet innen gitt tid. Dette er en viktig del av problemstillingen i denne oppgaven. Det er derfor dedikert et eget underkapittel til dette temaet i 2.2.3. Ressursstyring er styring av arbeiderne og materialene som trengs til prosjektet (Westhagen et al., 2012). Her innebærer det en del logistikk da det er essensielt å ha riktige materialer til riktig tid. Det er dyrt å oppbevare materialer på lager over lengre tid, men det vil også koste dyrt om man ikke har det utstyret man trenger til rett tid. Her er det naturlig å bruke lean tankesettet som vil bli nærmere forklart i delkapittel 2.4. Det er også grunnleggende for fremdriften i et prosjekt å ha nok ansatte, men ikke for mange da dette fort kan bli dyrt. Her er det en balansegang som man må finne. Sist, men ikke minst har man økonomistyring. Det omhandler å gjøre kontinuerlige evalueringer av kost-nytte (Westhagen et al., 2012). Incentivet for å ha god kvalitet på prosjekter er kostnaden det kan påføre å ikke levere det som avtalt med BH. Penger er det som styrer byggebransjen. Det handler om å levere ett godt tilbud til BH for å vinne konkurransen for så å prøve å fullføre prosjektet til den prisen. Det kan være svært utfordrende å få til da det kan dukke opp mange uforutsatte hendelser underveis i et prosjekt.

Kerzner har definert noen årsaker til at prosjekter ikke går etter planen. Under gjengis de punktene som er mest relevante for et byggeprosjekt:

«

- Målene blir ikke forstått
- Planene er for tidsoptimistiske
- De økonomiske kalkylene er for dårlige
- Planene baseres på dårlige data
- Prosjektestimatet er basert på gjetninger og ikke standarder eller erfaringer
- Personalet har ikke den nødvendige kunnskapen som trengs for prosjektet

» (Kerzner, 1998, s.562).

Hvem er det som har ansvaret for at avvik fra planen ikke skal skje? Først og fremst er det prosjektleder som har ansvaret for å passe på at de rette folkene er med på prosjektet slik at alle punktene i listen over blir fulgt opp på best mulig måte. Det er til slutt prosjektlederen som står ansvarlig om prosjektet skulle gå galt. Den viktigste jobben til prosjektleder er å være en leder for prosjektorganisasjonen (Kolltveit et al., 2009, s.201).

Som prosjektleder er dette bare noen av arbeidsoppgavene som blir forventet at man utfører. Det er derimot ikke disse som prosjektledelsen blir målt etter når prosjektet er ferdig. Kerzner trekker frem hvilke parametere som oftest blir benyttet for å måle et prosjekt. Et prosjekt planlegges ofte basert på en av tre følgende parametere:

«

- Minst mulig tid
- Lavest kostnad
- Minst mulig risiko

» (Kerzner, 1998, s.1030)

Den som oftest blir valgt å styre prosjektet etter er minst mulig risiko (Kerzner, 1998). Når man velger den ene gir man dermed muligheten for at de andre økes, som oftest betyr økte kostnader og at prosjektene tar lengre tid. I de tilfellene der det anses på som viktigst å bygge på kortest mulig tid, øker det risikoen og kostnadene for prosjektet. Da får prosjektleder den utfordrende jobben med å bedømme hvilke risikoer som er verdt å ta og ikke (Kerzner, 1998). Hvilken parameter det skal styres etter er en vurdering som må tas for hvert enkelt prosjekt.

2.2.3 Fremdriftsplanlegging

Målet med planlegging er å skaffe en oversikt over hvilke oppgaver som må gjøres for at man skal nå målene man har satt (Westhagen et al., 2012). Planleggingen skal også fungere som et formidlingsgrunnlag for alle som er deltakende i prosjektorganisasjonen. Det er viktig at alle i prosjektorganisasjonen er involverte i prosessen for utarbeiding av planene til prosjektet. Dette er for å sikre at alle er innforstått med hva målet som er definert for prosjektet. Hensikten er å få de involverte motiverte til å arbeide mot å nå målet som er satt. Formålet med

fremdriftsplanene er at de skal beskrive aktivitetene som er nødvendig for gjennomføringen av prosjektet (Kerzner, 1998, s. 699).

Fremdriftsplanlegging går ut på å definere alle aktivitetene som må til for å kunne fullføre prosjektet etter beskrivelsen. Disse aktivitetene blir så gitt en varighet før man til slutt setter alle aktivitetene i system. Det er her viktig at aktivitetene settes i riktig rekkefølge i forhold til hverandre, og at varigheten av hver enkelt aktivitet er så realistisk som mulig. En fremdriftsplan gir derfor en pekepinn på hvordan man ønsker at prosjektet skal gjennomføres og hvilke ressurser som trengs for å fullføre prosjektet (Kerzner, 1998; Kolltveit et al., 2009). Før man starter arbeidet med fremdriftsplanene er det noen spørsmål man kan stille seg selv for å sikre gode planer:

«

- Hvor mange aktiviteter skal hvert nettverk bestå av?
- Hvor detaljerte skal planene være?
- Hvem skal lese planene?

» (Kerzner, 1998, s.568).

Fremdriftsplanen er bare en av mange planer som blir laget for et prosjekt. I tillegg til fremdriftsplanen har man blant annet hovedplan, faseplan, utviklingsplan, arbeidsplan og lagsplan (Kalsaas, 2017). Det varierer litt fra prosjekt til prosjekt hvilke planer som blir laget og benyttet.

Westhagen innfører to hovedmåter å kategorisere aktivitetene i en byggefase på. Det er enten basert på funksjon eller på aktivitet. Disse kan overføres til aktivitetene som defineres i fremdriftsplanen. Funksjonsorientert struktur er den som er vanligst i bygg- og anleggsbransjen og går ut på at man planlegger basert på funksjonen til de enkelte bygningsdelene, for eksempel inndelt i tak, dører eller belysning. Aktivitetsorientert struktur derimot ser mer på hvem som må utføre de ulike oppgavene. Man kan da dele inn i for eksempel mur og betongarbeider, malingsarbeid og rørlegger. Her ser man mer på hvem som utfører aktivitetene, mens funksjonsorientert struktur ser mer på hvilke aktiviteter hver del trenger for å bli ferdig (Westhagen et al., 2012, s.70-71).

En av de viktigste oppgavene til fremdriftsplanen er å identifisere avhengigheter mellom aktiviteter. Det vil si, hvilke aktiviteter som må være fullført for at neste mann kan komme inn å gjøre jobben sin. Det er viktig å ha oversikt over avhengigheter mellom aktivitetene slik at man vet hvem som blir påvirket om det skulle skje forsinkelser i prosjektet. For store prosjekter er det veldig utfordrende å lage denne verdikjeden da den involverer svært mange aktiviteter (Kolltveit et al., 2009). Her kan lean tankegangen, spesielt Last Planner systemet være et hjelpsomt verktøy å bruke for å løse disse utfordringene. Lean og Last Planner beskrives i neste delkapittel.

En mye benyttet form å presentere en fremdriftsplan på er i et gantt-diagram. Andre mindre brukte måter å planlegge på er ved hjelp av milepæl diagram eller PERT diagram (Kerzner, 1998, s.647). PERT-diagram er basert på en metode som går ut på å finne den kritiske veien. Kritisk vei er definert som den rekkefølgen av avhengige aktiviteter som tar lengst tid å fullføre (Kolltveit et al., 2009). Gantt-diagrammet stammer fra Henry Gantt som var den første til å presentere data på denne måten (Kerzner, 1998, s.699). Et gantt-diagram er en visuell fremstilling av en plan. Det er søyler som viser varigheten til aktivitetene, når aktivitetene starter og når de slutter (Kalsaas, 2017). Lengden på søylene visualiserer ressursbehovet for å fullføre den enkelte aktiviteten. Noen ganger er søylene fargekodet. Fargene kan for eksempel vise hvilken underentreprenør som er ansvarlig for aktiviteten eller hvilken sone aktiviteten skjer i. Fordelen med å fremstille planen som et gantt-diagram er at varigheten av hver aktivitet kommer godt frem. Gantt-diagrammet viser også når det er blitt planlagt at aktivitetene skal utføres da det ofte er en tidslinje langs x-aksen (horisontalt). Tidslinjen til planene for et byggeprosjekt er vanligvis inndelt i uker, men den kan også ha andre tidsenheter som år, timer, dager og valuta som dollar eller kroner dersom gantt-diagrammet brukes for andre typer prosjekter (Kerzner, 1998). Aktivitetene som er blitt definerte for det spesifikke prosjektet blir listet nedover y-aksen (vertikalt). Det er litt ulike dataprogrammer som brukes til å lage gantt-diagrammene, men Microsoft Project er en vanlig variant. En fordel med fremdriftsplanene er at de er lette å oppdatere underveis og de er lette å lese og forstå (Kerzner, 1998). Har man linket aktivitetene sammen, kan man endre tiden brukt på en aktivitet, og resten av aktivitetene som avhenger av denne aktiviteten vil få oppdaterte datoer automatisk. Det er likevel noen ulemper ved bruken av tradisjonelle gantt-diagram. Planen formidler ikke avhengighetene og den kritiske veien for aktivitetene på en god måte. En annen ulempe er at planen formidler ikke effekten av en tidlig start eller sen start av aktivitetene

(Kerzner, 1998). Det hadde vært fordelaktig om man kunne se hva det ville hatt å si for helhetsbildet av prosjektet om en aktivitet ble påbegynt for sent eller for tidlig. Her vil også kritisk vei for aktivitetene være en sentral del. Dersom en aktivitet som er på den kritiske veien for prosjektet blir påvirket, kan det i verste fall medføre at ferdigstilling av prosjektet blir forsinket. Om en aktivitet som ikke er på den kritiske veien blir påbegynt for sent trenger det derimot ikke å påvirke prosjektet i sin helhet. En siste ulempe ved gantt-diagram er at søylene som representerer aktivitetene sier ikke noe om usikkerheten tilknyttet aktiviteten (Kerzner, 1998). Hvor sikkert er det at installasjon av ventilasjonsanlegget vil ta 10 dager? Det er alltid noen aktiviteter det knyttes mer usikkerhet til enn andre, men dette kommer altså ikke frem i en fremdriftsplan.

2.3 Lean Construction

Det ville ikke vært naturlig å snakke om prosjekter og planleggingen av dem uten å nevne lean. Lean er blitt mer og mer integrert i måten vi tenker og planlegger på i en virksomhet. Begrepet Lean Construction (LC) ble først brukt rundt 1993 (Kalsaas, 2017). LC er en videreutvikling av lean-filosofien som er spesialtilpasset bygg- og anleggsbransjen.

Fremveksten av LC i Norge kan begrunnes i tre hovedpunkter: interessen fra akademikere, arbeidslivsorganisering og godt samarbeidet mellom institusjoner og industrien. Veidekke var den første entreprenøren i Norge som begynte å arbeide med å implementere LC i byggeprosjekter allerede i 2002. Siden den gang har fremtreden i bruken av LC vokst eksponentielt (Lohne et al., 2021). Interessen fra akademikene gjenspeiles i antall publikasjoner og masteroppgaver som omhandler lean. Det er en stor villighet fra bransjen til å bidra til å utvikle LC og innlemme det mer i prosjektene som utføres. Det er spesielt store offentlige selskaper som er en pådriver for dette. Disse ambisjonene blir også delt med entreprenørene (Lohne et al., 2021).

2.3.1 Hva er lean?

Lean er et så kompleks begrep at det ikke kan oppsummeres i ett enkelt ord eller setning (Lohne et al., 2021). Lean er en filosofi, et tankesett, en verktøykasse og så mye mer. Lean stammer fra Toyota Production System (TPS) fra Japan. TPS handlet om å forbedre effektiviteten til et samlebånd. Dette skulle bidra til å redusere produksjonskostnaden til varen samtidig som man reduserte svinn i produksjonen (McKay & Peters, 2015). I lean arbeides det kontinuerlig med

kundens behov i tankene. Hele grunnpilaren til lean er at kundens behov skal tilfredsstilles. Nøkkelen til å forstå lean ligger i å ha fokus på flytenheten slik at flyteeffektiviteten er så høy som mulig, i motsetning til høy ressurseffektivitet (Modig & Åhlström, 2016). I boken *Dette er lean* definerer Modig og Åhlström flyteeffektivitet slik: «Flyteeffektivitet er summen av verdiskapende aktivitet i forhold til gjennomløpstiden.» (Modig & Åhlström, 2016, s.26). For byggebransjen vil det bety at det først og fremst må tenkes på enheten som skal bygges. Si for eksempel at det skal bygges en ny skole. Da er skolen flytenheten. Kunden til entreprenøren, altså BH, ønsker å ha skolen ferdig så fort som mulig. Da er det essensielt at fokuset er på at bygget skal ta minst mulig tid fra det bestilles til det står klart til bruk. Det gjøres ved at man planlegger prosessene som vil gi verdi til bygget. Det er viktig at man ikke går i fellen og tenker kun på ressurseffektivitet. Ressurseffektivitet går ut på at ressursene skal ha mest mulig oppetid, altså at de skal bli brukt mest mulig. Si det er bestilt en heisekran som skal stå på byggeplass i tidlig fase av byggefasen. Da må bruken av heisekranen planlegges med flytenheten, altså bygget, i sentrum. Det er ikke gunstig ifølge lean å kun tenke på at man skal bruke heisekranen mest mulig. Noen tenker nok at om man har høy ressurseffektivitet så har man også høy flyteeffektivitet, men det er ikke alltid tilfellet. Tenk for eksempel at ett rom i bygget skal malen, men så viser det seg at veggen ble malt i feil farge. Da har man hatt høy ressurseffektivitet på malerne fordi de har malt hele dagen, men det har ikke blitt tilført noe verdi til bygget siden fargen var feil og det må gjøres på ny. Dermed var flyteeffektiviteten lav, samtidig som ressurseffektiviteten var høy. Målet er dermed at man skal finne en optimal balanse mellom flyteeffektivitet og ressurseffektivitet i gjennomføringen av prosjekter (Kristensen, 2016).

I veilederen til BA2015 presenteres et viktig poeng: «Lean i produksjon uten lean i prosjektering vil ikke oppnå ønskelige resultater eller de potensialer som ligger i et godt lean-prosjekt.» (Kristensen, 2016, s.5). Her kommer viktigheten av at tankeprosessen rundt lean starter allerede så tidlig som i skisseprosjekt frem for at man skal få hente ut dert fulle potensialet bruken av lean kan ha.

I både lean og Lean Construction (LC) blir det trukket frem tre punkter som det må tenkes på. Siden det i byggebransjen ikke produseres identiske varer på et samlebånd, men heller en og en unik vare, må lean tilpasses behovet byggebransjen har. De tre fokusområdene er:

«

- Verdiskapning

- Sløsing
- Flyt

» (Kristensen, 2016, s.11).

Verdiskapning handler om å oppfylle kundens behov på best mulig måte, og på den måten maksimerer man verdien til prosjektet. Det er blitt skapt en bevissthet om hvem prosjektet utføres for og den verdien prosjektet skal ha for samfunnet, eierne og brukerne (Kalsaas, 2017). I et byggeprosjekt er det BH som er kunden til entreprenøren. BH bygger for sine kunder, og står derfor (i de aller fleste prosjekter) som ansvarlig for å oppfylle kundenes behov og ønsker.

Sløsing blir i lean-sammenheng definert som alle aktiviteter som bruker ressurser, men som ikke tilfører noe verdi til sluttproduktet, også kalt ikke-verdiskapende aktiviteter. TPS definerte syv former for sløst, de er:

«

- Overproduksjon
- Venting
- Transport
- Overprosessering
- Lagerbeholdning
- Bevegelse
- Feil

» (Modig & Åhlström, 2016, s.73).

Ikke alle disse formene for sløst vil være like aktuelle for et byggeprosjekt, men det er likevel viktig å identifisere de formene for sløst som kan oppstå på hvert enkelt prosjekt for å så prøve å eliminere eller minimere dem så godt det lar seg gjøre. Det handler om å prøve å jobbe proaktivt og ikke reaktivt for å redusere sløst. Det er best om man klarer å forhindre sløst, i stedet for å fikse det når det allerede har oppstått. Oppsummert bør man arbeide proaktivt og ikke reaktivt for å minimere kostnader. Man må likevel være oppmerksom på å ikke bruke for mye tid på å forhindre sløst da dette i seg selv kan sees på som sløst av tid (Kristensen, 2016). Her er det en hårfin balanse som man må finne.

Siste fokusområde er flyt. I lean-sammenheng ser man på flyt som en prosess som ikke stopper opp. Man går fra en aktivitet til neste uten at det er noen hinder eller stopp mellom dem. Man ønsker minst mulig tid mellom prosessene og at prosessene i seg selv er så effektive som mulig (Kristensen, 2016). Det jobbes derfor mot å effektivisere prosessene og å ha så gode prosesser som mulig. I et godt planlagt byggeprosjekt er det derimot viktig å påpeke at det er nødvendig å legge inn litt rom for forsinkelser i planleggingen for at man skal kunne opprettholde flyten på best mulig måte gjennom hele prosjektet (Kristensen, 2016). Dette kaller man for slakk. Slakk kan defineres som tiden mellom ferdigstilling og tiden det tar for den kritiske veien (Kerzner, 1998, s.650). En annen måte å definere slakk på er at slakk beskriver tiden man har disponibelt. Tiden kan både være positiv og negativ. Har man positiv slakk har man mer tid enn man trenger, og har man negativ slakk har man mindre tid igjen enn det som trengs for å fullføre prosjektet (Kolltveit et al., 2009, s.263). Når det snakkes om slakk videre i oppgaven refereres det til positiv slakk, det vil si ekstra tid man har lagt inn for å sikre at man har tid til å fullføre prosjektet om noen uforutsette hendelser skulle dukke opp.

Flyt er et sentralt fokusområde om man ønsker å jobbe etter lean-prinsippene. Et godt verktøy å bruke når det jobbes med flyt er Just-in-time (JiT) prinsippet (Kristensen, 2016). Kort forklart skal JiT bidra til å sikre god flyt i prosjektet. Det handler om å arbeide for å øke flyteffektiviteten gjennom hele prosjektgruppen (Modig & Åhlström, 2016). Det kan gjøres for eksempel ved at man får utstyr og materialer levert akkurat når man trenger dem, slik at man ikke bruker ressurser på å lagre dem på mellomlager for så å deretter bruke masse tid på å flytte dem til dit de trengs. Dette blir da regnet som sløst av ressurser og tid. Et annet eksempel er at man må klare å produsere alt etter planen slik at når man skal få inn malerne så er bygget faktisk klar til å males. For å få til dette er det avgjørende med en god og nøye gjennomtenkt fremdriftsplan for prosjektet. Er det noen feil i planen, vil man ha vansker med å etterstrebe JiT prinsippet.

2.3.2 Hva er Lean Construction?

LC ble til etter at noen på 90-tallet innså at behovet for forbedring av byggenæringen var langt på tide. De tok inspirasjon fra lean og tilpasset det til byggenæringen. Undersøkelser som ble gjort viste at kun litt over halvparten av de aktivitetene som ble beskrevet på fremdriftsplanen ble gjennomført slik planen beskrev dem (Kalsaas, 2017). Det er ikke en særlig høy andel, og støtter opp under at noe måtte gjøres for å forbedre byggenæringen og

planleggingen av prosjekter. Kalsaas trekker frem spesielt fire aktiviteter som er med på å kjennetegne en produksjon i byggenæringen. De er:

«

1. Byggverk er store objekter som sitter fast i bakken
2. Bygging er prosjektproduksjon
3. Bygging er en kombinasjon av bearbeiding og montasje
4. Byggverk varer lenge og har stor offentlig interesse

» (Kalsaas, 2017, s.22-24).

Generelt kan man det oppsummeres med at et bygg er et såkalt «make to order»-produkt. Det vil si at man bygger et bygg på bestilling. Det er også med på å bidra til at hvert prosjekt er unikt.

LC er sterkt tilknyttet den nye måten å planlegge på som ble etablert samtidig, nemlig Last Planner. Last Planner er en metodikk for planlegging og styring av prosjektbasert produksjon (Kalsaas, 2017). Det er en måte å innlemme lean på i de tilfellene der det er et «make to order»-produkt. Det som skiller Last Planner fra andre måter å planlegge på er først og fremst involveringen av håndverkerne. Hvis de som skal utføre arbeidet inkluderes i planleggingen økes sjansen for suksess. Det er håndverkerne selv som vet best hva som må bli gjort før de kan starte på sin del av prosjektet. De vet også hvor lang tid de vil trenge for å utføre jobben basert på erfaringer fra tidligere prosjekter. På denne måten planlegger man for at forholdene ligger til rette for at jobben skal bli utført slik det ønskes.

Kalsaas har oversatt noen viktige prinsipper fra Last Planner som er definert av Ballard, Hammond og Nickers. Prinsippene kan oppsummeres i følgende punkter:

«

1. Planlegg mer detaljert jo nærmere du kommer den konkrete utførelses
2. Planlegg sammen med dem som skal utføre arbeidet
3. Identifiser og fjern hindringer for planlagte oppgaver i team/grupper
4. Utarbeid pålitelige forpliktelser for at arbeid utføres som avtalt, og vedlikehold forpliktelsene
5. Ta lærdom av tilfeller hvor problemer med gjennomføringen oppstår

» (Kalsaas, 2017, s. 39).

Når det i punktene over skrives om planlegging, så må det presiseres at det finnes mange måter å planlegge på. En fremdriftsplan viser planene for hele byggefasen, men med ulik grad av detaljering. En mer detaljert plan er den ukentlige arbeidsplanen. I Last Planner defineres noen av de viktigste planene som bør benyttes i et prosjekt. De er:

«

- Hovedplan
- Faseprogrammering
- Utkvikksplanlegging
- Ukentlig arbeidsplan
- Beregning av prosent planlagt utført (PPU) og analyse av rotårsaker til at arbeidsoppgaver ikke blir gjennomført i henhold til arbeidsplanen

» (Kalsaas, 2017, s.45).

Under er hovedplan og faseprogrammering utdypet. Grunnen for at kun disse to blir beskrevet er at de er de mest relevante for problemstillingen i denne oppgaven.

Hovedplanen har som hovedoppgave å identifisere de viktigste milepælene i et prosjekt (Kalsaas, 2017). En viktig milepæl i et MT-prosjekt er for eksempel når MT er ferdig montert. I Last Planner metoden er ofte hovedplanen mindre detaljerte enn normalt. Man har altså kun med seg de aller viktigste milepælene. Hovedplanene kan bli laget som gantt-diagram (Kalsaas, 2017). Det å planlegge rundt milepælene er viktig fordi det kan gi en forutsigbarhet til prosjektet. Milepælene er med på å sikre at man holder tidsfristene som har blitt planlagt da det kan justeres antall timer som arbeides eller bemanningen som trengs på plassen etter hvert som man ser hvordan man ligger an i forhold til datoen som er satt for milepælen. Dette gir igjen en stabilitet og økt trygghet for underentreprenørene.

Faseplanene, også kalt faseprogrammering går ut på at man deler prosjektet inn i ulike sekvenser (Kalsaas, 2017). Hver sekvens avsluttes med en milepæl. Det handler om å finne en god rekkefølge å gjøre ting i. En populær måte å gjøre dette på er ved bruk av bakoverplanlegging. Da starter man å planlegge med den dagen prosjektet skal være ferdig.

Så jobber man seg bakover fra overleveringsdato for å finne ut når alle milepælene må skje for at prosjektet skal være ferdig i tide (Kalsaas, 2017). Dette er såkalt pull-planlegging. Bakoverplanlegging er også med på å skape en oversikt over avhengigheter som finnes mellom fag. På denne måten skaper man en oversikt over hvilke ting som må være på plass før neste fag kan starte på sin del. Da kan man kartlegge den kritiske veien og finne ut hvor det er viktigst at man passer på at ting går etter planen for at prosjektet ikke skal bli forsinket. Kalsaas nevner derimot at en svakhet med bakoverplanlegging er at de ikke visualiserer disse avhengighetene man har funnet godt. Det er her gantt-diagram og fremdriftsplaner kommer inn. I fremdriftsplanene så kan man i noen dataprogrammer legge inn avhengigheter slik at man ser hva som må være på plass for at neste fag skal kunne starte på sitt arbeid.

Bruken av Last Planner i et prosjekt bidrar til at alle som deltar i prosjektet får større eierskap til det de skal gjennomføre (Kalsaas, 2017). Står utførende håndverker foran hele prosjektorganisasjonen og forteller at innen gitt dato skal jeg være ferdig med mitt arbeid slik at neste fag kan starte på sitt, og det faget er til stede i rommet, får man mye fortere en tilhørighet til prosjektet. Det medfører at det jobbes hardere for å klare å holde det som ble lovet i planleggingsmøte. Prosjektlederen vil fungere som en planlegger eller en beslutningstaker i prosessen. Det er hans/hennes oppgave at alle de involverte sine tanker og ønsker blir hørt og at man får laget en felles fremdriftsplan som sammenfatter disse på best mulig måte (Kalsaas, 2017).

3 METODE

Metodekapittelet har som formål å beskrive hvilken metode som er blitt brukt for å kunne besvare problemstillingen i oppgaven på best mulig måte. Faglitteraturen «Metode og Oppgaveskriving» (Dalland, 2020) ble benyttet til å finne den metoden som egnet seg best til å besvare problemstillingen.

3.1 Kvantitative og kvalitative metoder

Metode har som formål å hjelpe å samle inn data til oppgaven. Metoden skal passe på at dataene er både pålitelige og relevante for problemstillingen som dataene skal være med på å besvare (Dalland, 2020). Pålitelighet, også kalt reliabilitet, handler om at resultatene og dataene man presenterer skal være til å stole på. Det skal være mulig for leseren å finne ut hvordan dataene er innhentet, men også hvem som har samlet dem. Relevante data er viktig for å sikre relevante resultater og at problemstillingen blir belyst på riktig måte. Det er ikke nok at dataene er relevante. Kildene dataene kommer fra må også være relevante (Dalland, 2020). Når det gjelder data er det viktig å spørre seg om dataene kun gjelder akkurat der de er hentet, eller om de kan gjelde på mer generell basis. Et viktig prinsipp med metode er at man skal kunne bruke samme metode senere for å etterprøve dataene og resultatene som er blitt presenterte.

Det finnes i hovedtrekk to måter å tilnærme seg metode på (Dalland, 2020). Det er kvalitative metoder og kvantitative metoder. Kvantitative metoder gir målbare data, det betyr at dataene ofte kommer i en eller annen form for tall. De kvalitative metodene derimot handler mer om å samle meninger og erfaringer fra mennesker. Her er det viktig å finne de rette personene å snakke med. Erfaringene er ikke like lette å tallfeste (Dalland, 2020). Derfor er en vanlig kvalitativ metode bruken av intervju. Når man benytter kvalitative metoder, blir det gjort et strategisk utvalg i valg av data. Det gjør det umulig å oppfylle kravet om systematisk utvelgning. Dette kravet blir erstattet med et krav om å argumentere og begrunne de valgene man har tatt (Dalland, 2020).

I denne oppgaven er det valgt en kvalitativ tilnærming for innhenting av data. Grunnen til dette er at for å besvare problemstillingen var det viktig å hente erfaringer fra de som arbeider med det aktuelle temaet daglig. Det er ikke så enkelt å få tallfestet hvilken påvirkning valg av bæresystem har for gjennomføringen av et prosjekt. Med bakgrunn i dette ble det holdt semistrukturerte intervjuer i kombinasjon med dokumentstudier av fremdriftsplaner for å

besvare problemstillingen. Metoden studerer et avgrenset område som er beskrevet i delkapittel 1.3. I innsamlingen av data har det med hensikt blitt benyttet prosjekter utført av ulike entreprenører. Dette gjøres fordi det ønskes å unngå at det er ett prosjekt eller en entreprenør som skal sette standarden. Det er interessant å se om det er en felles måte å løse de nye utfordringene med MT på, eller om de ulike entreprenørene har valgt å løse det på ulike måter. Det vil være interessant å høre om det er noen forskjeller i måten et prosjekt i MT gjennomføres på i forhold til et tilsvarende prosjekt i betong.

3.2 Litteratursøk

Arbeidet med masteroppgaven startet med litteratursøk. Grunnen til dette var for å kartlegge hva som allerede lå ute av informasjon om MT. Dette ble brukt som inspirasjon til å arbeide videre med en problemstilling. Litteratursøket i kombinasjon med intervjuer hadde som formål å gi en forståelse av det teoretiske i samsvar med det praktiske.

For å finne informasjon om MT i Norge og å lese om hvordan bransjens erfaringer med MT er, ble det brukt litteratursøk. Dette var starten for innsamlingen av data. Litteratursøket ble gjort for å finne ut hvilken informasjon som var tilgjengelig fra før, og hvilke som måtte hentes inn gjennom intervjuer og samtaler med personer som arbeider i bransjen. Det ble benyttet en søkematriser, se Tabell 1 og Tabell 2, for å holde oversikt over søkeord og viktige begreper. For å sikre god kvalitet ble søkemotorene Web of Science, Scopus og Oria hovedsakelig benyttet i søket etter relevant litteratur. I starten ble også Google Scholar benyttet, men resultatene av søk som ble gjort her ble for vide og generelle så denne søkemotoren ble ikke brukt lenge. Oria bidro til å finne relevante bøker fra biblioteket. Problemstillingen kan deles inn i to hoveddeler: MT og planlegging, derav er det brukt to separate søkematriser i litteratursøket.

Tabell 1: Søkematrisen for MT

Massivtre		
Norw*	Massivtre	Prosjektering
Norge	CLT	Fremdrift
Norsk	Cross laminated timber	Planlegging
	Limtre	Driftsoptimalisering

Tabell 2: Søkematriksen for planlegging

Planlegging

LEAN	Fremdrift*	Massivtre	Gjennomføring	BIM
Lean prinsiples	Optimalisering	CLT	Byggefase	LPS
Lean*	Prosjektering	Cross laminated timber	Prosjekteringsfase	Last Planner system
Lean-Construction	Planlegging	Limtre		
Lean Production	Implementering			
	Prosjekteringsledelse			
	Ledelse			
	Decision making			
	Efficiency			

Søkematriksene fungerer slik at hver kolonne inneholder ord i samme kategori, så her kan man tenke at det står «or/eller» mellom ordene. Mellom hver kolonne derimot kan man tenke at det står «and/og» mellom kolonnene. Oppsummert inneholder hver kolonne hvert sitt tema/område og nøkkelordene i kolonnen er synonymer eller ord som bidrar til å belyse samme tema. Noen ord har «*» bak seg. Det er et trunkteringstegn og betyr at ordet kan ha alle mulige endinger. Slik får man med både entall og flertall i ett søk. Det er blitt benyttet en blanding av engelsk og norsk. I litteratursøket er det likevel blitt benyttet mest engelske søkeord for å treffe flest mulig relevante søk. Så de ordene som er skrevet på norsk i Tabell 1 og Tabell 2, er også blitt oversatt til engelsk og benyttet på engelsk. Søkematriksene har blitt utvidet med nye kolonner og ord etter hvert som det er dukket opp nye relevante nøkkelord fra andre kilder. Noen søk har inneholdt flere kolonner på en gang, mens andre har kun vært på en og en kolonne. Dette har blitt variert litt for å øke antall treff søket gir.

Det ble benyttet en metode som heter «snowballing» i litteratursøket for å finne relevant litteratur. Snowballing går ut på at man finner en kilde man synes er nyttig, så sjekker man

hvilke kilder denne har benyttet. Det kan bidra til å finne kilder både bak og frem i tid. I søkemotorer som Web of Science går det an å se hvilke andre kilder som har benyttet seg av en kilde, altså tekster som er skrevet etterpå og referert til den kilden. I dette litteratursøket ble det først og fremst benyttet de kildene som var frem i tid. Dette er fordi MT er et område som har utviklet seg mye de siste årene. Derfor er det mye som er blitt skrevet som ikke gjelder lengre, da det er blitt utdatert. Det er derfor viktig å finne nyere kilder på informasjon om dette. En annen utfordring er tilgangen på kilder om den norske bygg – og anleggsbransjen. Problemstillingen omhandler fremdriftsmessige konsekvenser valg av MT har for prosjekter i Norge. Dette gjorde det utfordrende å finne gode kilder i litteratursøket og medførte større vekt på innhenting av informasjon i form av intervjuer.

I tillegg til litteraturen som ble funnet på Web of Science, Scopus og Oria, ble det søkt etter rapporter laget av norske aktører. Da var Statsbygg, Trefokus, Innovasjon Norge, iTre, Treteknisk, Direktoratet for byggkvalitet og SINTEF noen nettsteder som ble benyttet. Her ble det leitet etter relevante publikasjoner som har bidratt til å gi et bilde av hvor langt bruken av MT er kommet i Norge. Rapportene bidro med teori til oppgaven.

I litteratursøket ble det forsøkt å finne teori om ulike tema uten å finne mange relevante kilder. Det var utfordrende å finne noe informasjon om hvordan fremdriftsplanene lages. Det ble funnet litteratur om hvorfor det lages fremdriftsplaner og hva de skal inneholde, men det var vanskeligere å finne spesifikk teori som for eksempel en håndbok om hvordan planene utformes. Derfor ble dette informasjon som ble etterspurt i intervjuene.

Et annet tema var vanskelig å finne teori om var nyere tall på hvor mye MT som kjøpes og brukes i Norge. Det ble til slutt funnet en prognose for bruken av MT fra 2020 til 2030. Prognosen er laget av Trebruk som arbeider for å øke bruken av tre i Norge. Derfor er det ikke sikkert at prognosen er helt objektiv. Prognosen inneholder faktiske data fra 2016-2019, så disse tallene er pålitelige. Det er valgt å benytte denne prognosen i mangel av et bedre alternativ.

I litteratursøket ble det også forsøkt å finne litteratur som kunne brukes i teorikapittelet om hvordan logistikken på byggeplass påvirkes av bruken av MT. Det ble ikke funnet noen gode kilder på dette. Derfor bygger resultatene som omhandler logistikk på byggeplass kun på det som er blitt delt av erfaringer fra intervjupersonene.

3.3 Semistrukturert intervju

Det finnes mange måter å gjennomføre et intervju på. Med bakgrunn i at det er valgt kvalitativ metode til å besvare problemstillingen vil det også bli benyttet kvalitative intervjuer. I et intervju kan man på forhånd ha forberedt helt ferdige spørsmål, eller ingen ferdige spørsmål i det hele tatt slik at samtalen går litt mer naturlig inn på de temaene som er aktuelle (Dalland, 2020). For å hente inn data til denne oppgaven er det benyttet semistrukturerte intervjuer. Denne formen for intervju befinner seg mellom ytterpunktene som er nevnt over. Semistrukturerte intervjuer egner seg for når temaet som skal belyses skal forstås gjennom intervjupersonens perspektiv. Det vil bli holdt fokus på intervjupersonenes meninger og tolkninger om temaene. På forhånd ble det laget det en intervjuguide. Denne fungerte som en veiledning til temaer og spørsmål til intervjuet, men var ikke en fasit på alt som skulle spørres om, den var kun et utgangspunkt for samtalen (Dalland, 2020).

3.3.1 Forberedelse til intervjuene

Arbeidet med å finne informanter til masteroppgaven startet høsten 2021. For å finne noen som kunne være interessert i å bidra med informasjon ble det funnet ulike MT prosjekter på Østlandet. Det ble deretter kontaktet prosjektansvarlige gjennom e-post eller på telefon for å høre om de var interesserte i et samarbeid. På dette stadiet var ikke en konkret problemstilling på masteroppgaven ferdigstilt enda. Det gjorde det vanskelig å vite hvilken type informasjon som trengtes fra informantene. Det ble derfor etterspurt prosjekter i MT som kunne bli benyttet som caser i oppgaven. Det viste seg å ikke være så lett å finne prosjekter eller entreprenører som hadde mulighet til å stille med informasjon til oppgaven. Det medførte at det ikke bare var å velge og vrake i prosjekter og personer. Strategien ble derfor endret noe. I samarbeid med en medstudent som også skriver sin masteroppgave om MT, ble det sendt nye e-poster til prosjekter som var ferdigstilt for en stund siden. Det var flere som svarte nå, det har nok sammenheng med at det er veldig travelt å arbeide på pågående prosjekter, men det er litt lettere å finne tid til andre ting som for eksempel å stille til intervju når prosjektet er over. Samarbeidet med medstudent gjorde at det ble nådd ut til flere personer, og slik kunne vi hjelpe hverandre med å skaffe informanter og gjennomføring av selve intervjuene. I e-postene som ble sendt spurte vi ikke om å benytte prosjektet som case i masteroppgaven, men heller om de hadde muligheter til å stille opp og svare på noen spørsmål. Dette ga bedre resultater siden det ikke virket så omfattende, og etter hvert fikk vi flere prosjekter og entreprenører som ville dele deres

erfaringer.

For å få mer informasjon om MT, ble det forsøkt å settes opp et intervju med Splitkon. Splitkon svarte at de var inne i en hektisk periode, og dermed ikke hadde tid til intervju, men sendte over masse nyttig informasjon på e-post. Informasjonen omhandlet produksjon av MT-elementene, fordeler ved å bygge med MT og litt om de seneste utfordringene tilknyttet trevareprisen og COVID-19. Mer om dette kommer i resultatdelen.

Det var ønske om å ta lydopptak av intervjuene og derfor ble det sendt inn en søknad til Norsk senter for forskningsdata (NSD) om lov til å behandle persondata i forskningsprosjektet. I forkant av intervjuene fikk derfor intervjupersonene tilsendt et informasjonsskriv som baserte seg på en mal utarbeidet av NSD. Skrivet inneholdt informasjon om hva formålet med forskningsprosjektet er, hva det innebærer å delta, hvordan personlige opplysninger kommer til å bli behandlet og informasjon om rettighetene til deltakeren. Skrivet avsluttes med en samtykkeerklæring der hver intervjupersonene samtykket til at det ble tatt lydopptak av samtalen og om det var greit at personlige opplysninger kunne benyttes i masteroppgaven.

3.3.2 Intervjupersoner

Tabell 3: Oversikt over informanter som ble benyttet

INFORMANTER				
	Rolle	ID	Type intervju	Lydopptak
FIRMA MED SPESIALKOMPETANSE PÅ TRE	Daglig leder	IP1	Fysisk	Nei
MT-EKSPERT	Daglig leder	IP2	Teams	Ja
LEAN-EKSPERT	Lean ekspert	IP3	Fysisk	Ja
ENTREPRENØR 1 E1	Assisterende Regiondirektør	E1A	Teams	Nei
	Prosjektsjef	E1B	Teams	Nei
	Prosjektleder	E1C	Fysisk	Nei
	Anleggsleder	E1D	Fysisk	Nei
	Prosjekteringsleder	E1E	Teams	Ja
	Prosjektsjef	E1F	Teams	Ja
ENTREPRENØR 2 E2	Prosjektleder	E2A	Fysisk	Nei
	Anleggsleder	E2B	Fysisk	Nei
ENTREPRENØR 3 E3	Innkjøpssjef	E3A	Teams	Nei
	Teamleder internasjonale innkjøp	E3B	Teams	Nei
	Prosjekteringsleder	E3C	Fysisk	Ja
ENTREPRENØR 4 E4	Prosjekteringsleder	E4A	Teams	Ja
	Anleggsleder	E4B	Teams	Ja

Den første som stilte til en samtale var IP1, som arbeider med å øke bruken av tre i store konstruksjoner i Norge. Det var han som foreslo problemstillingen rundt MT i et masterseminar som ble avholdt våren 2021 i regi av fakultetet. Det var dette som først vekket interessen for å velge MT som tema for masteroppgaven. Samtalen med han var svært givende og ga innblikk

i hvordan markedet for MT er i dag. Den belyste også hvor mange av problemstillingene rundt MT ligger. Dette ga et godt grunnlag for det videre arbeidet med masteroppgaven og for å lage en spennende, men også relevant problemstilling.

I tillegg til møte med IP1, ble det også holdt innledende møter med entreprenører. Et møte med to representanter, E3A og E3B fra E3 og ett med to representanter, E1A og E1B fra E1. Hensikten med disse møtene var å kartlegge dagens kunnskapsgrunnlag. De ble også brukt for å myldre ideer til problemstillingen. Det er viktig for undertegnede at oppgaven vil være til nytte for byggebransjen og at den kan brukes til å forbedre kunnskapsgrunnlaget om MT. Derfor var denne innledende fasen svært hjelpsom for å lande en god og relevant problemstilling. Disse møtene ble det ikke tatt noe lydopptak av, men det ble tatt notater og lagt en plan for fremgangen i oppgaven og hva neste steg ville være.

Problemstillingen ble fastsatt i samarbeid med veileder der informasjon og temaer fra de innledende samtaler med entreprenørene og tre-eksperten, IP1 ble tatt med i betraktning. En viktig del av det å finne intervjupersoner var at det var viktig at personene skulle representere ulike entreprenører. Personene som er blitt intervjuet med lydopptak kommer fra følgende entreprenørfirma: E1, E3 og E4. I tillegg har det vært samtaler med E2 med tilhørende befaringsrapport på MT-prosjekt. I denne samtalen var det ønske om det ikke skulle bli tatt lydopptak. Det var ikke ønske om å benytte casestudie for å besvare problemstillingen eller at oppgaven skulle være i samarbeid med en enkelt entreprenør. Dette var viktig for at oppgaven skulle være til hjelp for flest mulig og noe som kunne være relevant å lese for flere entreprenører.

I tillegg til intervjupersonene som arbeider i entreprenørfirma, ble det holdt to intervjuer med lydopptak med to som arbeider med MT fra et annet perspektiv. En av dem er IP3. Han arbeider med å innlemme lean på prosjekter, og deltar på prosjekter over hele landet. Fordelen med å snakke med IP3 er at han har mange års erfaring fra utallige prosjekter. Han har god tilgang på informasjon spesielt om fremdriftsplanleggingen, noe som er en viktig del av problemstillingen. En annen positiv ting med å snakke med IP3 er at han har erfaringer fra prosjekter i både betong og MT. Nestemann er IP2 som har jobbet med treverk hele sin yrkeskarriere. Han har tidligere jobbet sammen med Innovasjon Norge og var med på å etablere MT i Norge. IP2 har vært involvert i utallige MT-prosjekter helt siden 2001 og stiller derfor med uvurderlig kompetanse om MT. Han har spesielt god kompetanse rundt prosjekteringen og utførelsen av MT-bygg.

I forkant av intervjuene fikk intervjupersonene tilsendt en intervjuguide på e-post. Grunnen til dette var for at intervjupersonene skulle få muligheten til å forberede seg litt på forhånd. En annen grunn var at de skulle føle seg mer trygge under intervjuet da de på forhånd visste hva de ville bli spurt om. Det ble laget en generell intervjuguide, så ble det tilpasset under intervjuene hva som ble spurt om og hvilke tema det ble brukt mest tid på. Spørsmålene ble tilpasset kunnskapen intervjupersonene satt på, og det ble stilt oppfølgingsspørsmål til det som ble sagt som kanskje ikke sto i intervjuguiden. Noen av de som ble intervjuet har hatt flere stillinger og arbeidsoppgaver, så selv om stillingen deres i dag tilsa at de skulle ha en type kompetanse så hendte det ofte at de kunne kommentere andre tema fra intervjuguiden også fra tidligere erfaringer i andre stillinger. Dette var en fordel med å ha semistrukturerte intervjuer. Da kunne spørsmålene og temaene som ble diskutert enkelt tilpasses hver enkelt intervjuperson. For det andre ble heller ikke samlet informasjon om kun et konkret prosjekt. Intervjuet hadde som formål å diskutere intervjupersonenes generelle erfaringer fra de prosjektene de hadde vært på. Noen av intervjupersonene var på sitt første MT prosjekt nå, mens andre har med på flere. På utkikk etter intervjupersoner var det også et ønske om at intervjupersonene skulle ha erfaringer fra både prosjekter i betong og MT. Hensikten med dette er for å kartlegge forskjellene mellom disse to. På grunn av begrenset med tid var det ikke tid til å utføre tilsvarende intervjuer og befaringer for betongprosjekter som det ble gjort for MT. Det hadde absolutt vært fordelaktig å få til for å få et så godt sammenligningsgrunnlag som mulig. Siden dette ikke lot seg gjøre i denne oppgaven på grunn av tidsbegrensninger, var det derfor en fordel om intervjupersonene hadde erfaringer fra begge typer prosjekter.

I arbeidet med å utarbeide intervjuguiden var det viktig å påse at de rette spørsmålene ble stilt for å besvare problemstillingen på best mulig måte. For å sikre dette ble det først utarbeidet et forslag på spørsmål som kunne stilles. Når forslaget til intervjuguide var på plass ble det diskutert med veileder for å få innspill til forbedringer som kunne gjøres. Til slutt ble intervjuguiden sendt til en hjelpende hånd i E3 som gikk gjennom den og kom med mange gode innspill til utdypende spørsmål, men også forslag til spørsmål som burde tas bort. Det var nyttig å få entreprenørens synspunkter på spørsmålene. Det var meningen at det skulle bidra til å minske sannsynligheten for at viktige områder og tema ikke ble dekket i intervjuene.

3.3.3 Gjennomføring av intervjuene

I starten av hvert intervju var det viktig å passe på at intervjupersonene følte seg trygge til å svare det de faktisk mener, og ikke oppfører seg annerledes enn det de vanligvis ville gjort. Det ble forsøkt å ha et objektivt forhold til svarene som ble gitt, uten påvirkning fra egne tanker og meninger om temaet. Det hjelper nok at undertegnede ikke har arbeidet i byggebransjen enda, så da har det ikke dannet seg noen egne meninger om hva som er vanlig måte å gjøre ting på. Det betyr at all informasjon måtte hentes gjennom intervjuene. Formålet med det objektive synet er å sikre samme resultat om noen andre skal utføre samme undersøkelse (Nyeng, 2007). I starten av intervjuene ble det først litt småsnakk der undertegnede presenterte seg selv og fortalte litt om oppgaven og hva resultatene fra intervjuet kom til å brukes til. Det ble også spurt litt om erfaringene til intervjupersonen og prosjektene de var på nå. Dette er enkle faktabaserte spørsmål som skulle være en lett start på intervjuene og skulle hjelpe samtalen i gang.

I selve gjennomførelsen av intervjuene, ble det tatt lydopptak av samtalene. De to første intervjuene ble avholdt på den digitale plattformen Teams. Dette var både på grunn av geografisk avstand, men også av ønske fra intervjupersonenes side om dette. Intervju som ble holdt på Teams ba på en del utfordringer. En utfordring var at når det er mange som sitter i et møte samtidig er det veldig vanskelig å få til en god og naturlig samtale. Grunnen til dette var at lyden blir ørlite forsinket via videosamtalen. Det førte til at det noen ganger ble snakket i munnen på hverandre og samtalen ble hakkete med lite flyt. Intervjuer over internett gjorde det også litt mer utfordrende å transkribere intervjuene siden intervjupersonene snakket ofte i munnen på hverandre der det var to stykker som ble intervjuet samtidig. De intervjuene som ble avholdt i person var derimot mye enklere å holde og det var bedre flyt. Her ble det en mer naturlig tone i samtalen og det var enklere å grave og stille spørsmål. Det ble totalt avholdt fem intervjuer i innledende fase i arbeidet med oppgaven som var uten lydopptak. Deretter ble det holdt fem intervjuer med lydopptak hvor tre av disse var på Teams. To av intervjuene var med to personer samtidig, så med lydopptak av samtalene ble det intervjuet syv personer totalt. Det betyr at 7 personer ble intervjuet med lydopptak over Teams. Se Tabell 3 for en oversikt over intervjuene som ble holdt. Intervjuene varte fra rundt 60 – 90 minutter hver.

Under selve intervjuene ble det i tillegg til spørsmålene fra intervjuguiden spurt om intervjupersonen kunne kommentere erfaringer andre intervjupersoner formidlet i sine intervjuer. Dette ble gjort for å sammenligne entreprenørene og intervjupersonene med

hverandre. Å kommentere andres erfaringer bidro til å vise om de meningene og tankene som kom frem kun gjaldt det enkelte prosjektet, eller om det er erfaringer som flere har gjort seg. Strategien virket å fungere bra, men det var likevel viktig å følge intervjuguiden og ikke kun be om kommentarer på tidligere utsagn. Det ble også passet på å ikke si for mye om hva de andre intervjupersonene hadde sagt for å ikke påvirke meningene til intervjupersonen for mye.

3.3.4 Etter intervjuene

Etter hvert intervju var gjennomført var det første som ble gjort å transkribere intervjuene. Måten det ble utført på var å høre på lydopptakene som var blitt tatt og skrive ned alt som ble sagt. Dokumentene ble skrevet på dialekt, uten noe form for rettskriving. Dette var for at ingen informasjon skulle gå tapt i oversettelse. En ulempe med lydopptak er at man mister en dimensjon, nemlig kroppsspråket. Det er ikke mulig å høre på lydopptak om personen holder armene i kryss og virker veldig usikker, eller om noe som blir sagt sies med ett glimt i øyet. Derfor var det viktig å notere samtalene nøyaktig som de var for å minimere risikoen for feiltolkning. De transkriberte intervjuene lå på 20-30 sider i Word hver. Det var derfor behov for å bearbeide informasjonen etterpå og lage en oversikt over hva som var blitt fortalt i hvert intervju. Det ble utarbeidet et Excel-dokument som oppsummerte de viktigste kommentarene og temaene fra hvert intervju. Det var dette dokumentet som ble brukt til å skrive deler av resultatkapittelet.

Etter at intervjuene var ferdig transkribert og gått gjennom ble det sendt e-poster med oppfølgingsspørsmål til E1C, E3C og E4B. Noen av spørsmålene var for å oppklare noen som ble sagt i intervjuet, mens andre var tilleggsinformasjon som det var ønskelig å høre deres tanker om. Etter intervjuene med entreprenørene hadde det også vært interessant å høre underentreprenørens (UE) synspunkter på hva MT har å si for gjennomføringen av et prosjekt. På grunn av den begrensende tiden for oppgaven ble det dessverre ikke tid til det, men det hadde absolutt gitt en ny dimensjon i svaret på problemstillingen.

3.4 Dokumentstudier

Dokumentstudier går ut på å tolke dokumenter. Dokumentene blir dermed sekundærdata til oppgaven. Formålet med dokumentstudiene er å kunne supplere intervjuene med data. Det finnes to ulike typer dokumentstudier, kvalitativ og kvantitativ (Andersen, 2020). Kvalitativ metode går ut på å tolke det som står i dokumentet, mens kvantitativ går ut på å telle

forekomsten av noe, altså mer tallbasert. Det er viktig å tenke på hvem som har skrevet dokumentet, hvem som er ment til å lese dokumentet og hva som er formålet med dokumentet når det skal tolkes (Andersen, 2020). I denne oppgaven vil den kvalitative tilnærmingen av dokumentstudiet bli benyttet.

Dokumentene som vil bli studert i denne masteroppgaven er fremdriftsplaner. Studiet av fremdriftsplanene har som formål å hjelpe med å besvare problemstillingen ved å se om det er noen forskjeller i måten det fremdriftplanlegges på når man har bærende konstruksjon i MT i motsetning til et bygg med bærende konstruksjon i stål og betong. Dokumentstudiet av fremdriftsplanene har også som formål å verifisere eller avkrefte det som har blitt diskutert om fremdriftsplaner i intervjuene. Fremdriftsplanene blir laget av entreprenøren for at både entreprenøren selv, men også alle andre som arbeider på prosjektet som UE lett skal kunne se planene for gjennomføringen av prosjektet. Det er viktig å påpeke at data som dette er ikke virkeligheten, men representerer en liten utvalgt del av den virkeligheten som vi befinner oss i (Nyeng, 2007).

Det har til sammen blitt sammenlignet åtte fremdriftsplaner. Fremdriftsplanene som har blitt studert i denne oppgaven er fra prosjekter utført av E1, E3 eller E4. For å sikre anonymitet er det valgt å gi prosjektene navn etter alfabetet, A, B, C og så videre. Ikke alle fremdriftsplanene har vært like sammenlignbare. Fremdriftsplan G fra E4 er bygget opp på en annen måte enn resten av fremdriftsplanene fordi prosjektet der var planlagt som tre bygg, der hver del ble planlagt og satt opp hver for seg. Det gjør det litt vanskelig å sammenligne den med resten av planene som har en bygningsmasse som settes opp, ikke tre. Fremdriftsplan F fra E1 var ikke fullstendig fordi kun deler av planen ble tilsendt. Den kan fortsatt være med på å bekrefte eller avkrefte teorier, men er ikke en fullverdig plan og derfor sammenlignes den ikke på samme nivå som de andre planene. Til slutt er det seks fremdriftsplaner fra E3. Her er tre av planene MT prosjekt (A, B og H) og tre prefabrikkert betong og stål prosjekter (C, D og E). Fremdriftsplanen for prosjekt H er i et nytt format som E3 tester ut. Planen er uten konkrete datoer, og var derfor ikke nøyaktig nok til å telle dager brukt på de ulike aktivitetene. Derfor ble denne tatt ut i noen sammenligninger, men kan likevel være med på å sammenlignes med resten når det kommer til taktplanlegging og rekkefølge på aktiviteter.

Det er flere områder som har blitt studert i fremdriftsplanene. En av dem er tiden aktivitetene tar. Er det noen forskjeller på hvor lang tid det tar før bygget er tett? Går montasje av råbygget raskere i MT? En annen ting som det letes etter i planene er om det er ulik rekkefølge på aktivitetene, og om det er noen aktiviteter som forsvinner eller blir lagt til i planene for MT sammenlignet med betong.

I studiet av fremdriftsplanene var den største utfordringen at ingen prosjekter var helt like. Noen prosjekter hadde solceller, andre har kjeller. Noen var tre bygg i ett prosjekt, mens andre var kun ett enkeltstående bygg. Dette gjorde det utfordrende å sammenligne de på likt grunnlag. For å prøve å løse dette ble det derfor benyttet milepæler som er felles for alle bygg. Likevel vil det å ha solceller gjør at et prosjekt bruker lengre tid for å fullføres enn et uten. Det unike med hvert prosjekt vil dermed påvirke resultatene som kommer frem gjennom dokumentstudiet.

Prosjektene som ble sammenlignet var en god blanding av barnehager og skoler. Et kriterium for prosjektene som ble valgt var at det skulle være to etasjer eller mer. Grunnen for dette var at ett av områdene som skulle undersøkes var om det planlegges for bruk av taktplanlegging i gjennomføringen av prosjekter. Det var spesielt interessant å se om det var noen forskjeller på bruk av takt i MT bygg og betong bygg. For at prosjektene skulle kunne sammenlignes med hverandre på mest rettfærdig mulig måte måtte det defineres punkter som kunne sammenligne prosjektene med hverandre uavhengig av størrelse og type prosjekt. Noen av prosjektene var så store som 10 000 m², mens andre var bare en tittel av dette. Det første som ble gjort var derfor å sette opp en tabell i Excel der antall dager som ble brukt på hver milepæl i prosjektet ble sammenlignet. Sekvensene og milepælene som ble benyttet er:

- Byggestart - Milepæl
- Grunnarbeider - Sekvens
- Støpt grunnplate - Sekvens
- Råbygg - Sekvens
- Tett bygg - Sekvens
- Innredning - Sekvens
- Overlevering/ferdigstillelse - Milepæl

Westhagen definerer en milepæl som en hendelse som forekommer ved et gitt tidspunkt. Det må ikke forveksles med en sekvens av aktiviteter. Når en milepæl skal defineres må det legges

klare forventninger til kriterier som må være oppfylt for å kunne nå milepælen (Westhagen et al., 2012, s. 74). I denne oppgaven defineres veien mot en milepæl for en sekvens. Hver sekvens er en del av en helhet som er byggefasen. Hver sekvens starter når forrige milepæl er nådd, og avsluttes når milepælen for den aktuelle sekvensen er nådd. Eksempelvis så starter sekvensen for tett bygg når milepælen for råbygg er nådd. Tett bygg sekvensen er ferdig når bygget er tett. Sekvensene som er definerte over er et resultat av studie av fremdriftsplanene på leting etter felles trekk som gjelder for alle prosjekter. Det er altså sekvenser undertegnede har definert selv for å kunne sammenligne fremdriftsplanene med hverandre.

Byggestart markerer starten av prosjektet, altså datoen arbeid på tomten starter. Datoen blir hentet fra fremdriftsplanene og markeres ofte med en aktivitet tilknyttet graving. Sekvensen for grunnarbeider defineres som tiden det tar fra byggestart helt til arbeidet med betongarbeider for grunnplaten starter. Når alt er ferdig støpt og milepælen for grunnplate er nådd går man over i en ny sekvens for råbygg. Denne sekvensen markerer tiden det brukes på å sette opp alle vegger, dekker og tak på bygget. Deretter starter neste sekvens for tett bygg. Den er ferdig når alle vinduer og dører er installert, og taket er tett. Sekvensen for innredning er her definert til å inneholde alle arbeidene som skjer inne i bygget etter at bygget er tett og helt til bygget er klart til overlevering. Det vil blant annet inkludere tekniske fag, tømmer, mekanisk ferdigstillelse og møblering. Til slutt kommer milepælen for overlevering/ferdigstillelse som i likhet med byggestart markerer en dato der bygget står ferdig. På denne måten kan man enkelt beregne hvor lang tid hele prosjektet tok ved å telle dager fra byggestart til overlevering. Grunnen til at akkurat disse sekvensene ble benyttet var fordi alle sekvensene er så generelle at det gjelder alle type bygg.

Det ble gjort en studie av fremdriftsplanene for å finne ut hvor mange dager som ble brukt for hver sekvens. Måten dette ble gjort på var ved å lage en tabell med start datoer for hver sekvens, og en annen tabell med sluttdato. Så ble den innebygde funksjonen i Excel, =DAGER (sluttdato;startdato) benyttet for å få ut antall dager som trengtes for hver sekvens. Dette vil inkludere helger. Her kom enda en liten utfordring ved studiet av fremdriftsplanene. Det er ikke mulig å se i fremdriftsplanen om dagene i helgen er benyttet eller ikke til å arbeide på prosjektet. Fra samtaler med entreprenører sier de at helger brukes ved behov. Noen planlegger for å jobbe lørdager og søndager, andre gjør ikke det. I de prosjektene som benytter helgene kun ved behov, fungerer dermed helgen som slakk i fremdriftsplanene. Siden dette ikke står i fremdriftsplanen

velges det derfor å inkludere dagene i helgene. Dette ble gjort for alle prosjektene for å gjøre det likt for alle. Etterpå ble disse dagene delt på bruttoarealet målt i m² til bygget. Dette var for å sikre at størrelsen på bygget ikke skulle påvirke antall dager det tok å fullføre aktivitetene. Outputen ble så små tall at for å kunne lese og sammenligne dem ble alle tallene ganget med 1 000. Da får man tall som sier noe om antall dager benyttet per 1 000 m². Det ga også et mer leservennlig resultat som kunne brukes i resultat.

Videre i arbeidet med fremdriftsplanene viste det seg interessant å studere om det var noen sammenheng mellom hvor mange måneder som ble benyttet til å fullføre prosjektene og størrelsen på prosjektet. Det var også interessant å se om det var likt for prosjekter i MT og prosjekter i betong, eller om det var noen forskjeller mellom disse. Samme analyse ble utført for kontraktsum og kvadratmeter av samme grunn. Hva er billigst å bygge per kvadratmeter av MT og betong? Gjenspeiles dette i kontraktsummen, eller prises de likt? For å finne svar på dette ble dataene satt opp i en tabell i Excel. Dataene for hvor mange kvadratmeter prosjektene er og hvor mange måneder som ble benyttet til å bygge dem ble tilsendt på e-post for å få nøyaktige verdier. Kontraktsummen ble funnet på nett på den aktuelle entreprenørens hjemmesider. Disse dataene ble så plottet i punktdiagram (også kalt spredningsplott) for å visualisere avhengighetene mellom variablene på en mer oversiktlig måte. Det ble laget ett felles diagram for MT- og betongprosjektene. Dette var for å lettere kunne sammenligne dem med hverandre i samme diagram. For å synliggjør hvilke prosjekter som var i MT og hvilke som var i betong ble det valgt å markere punktene til betong med et kryss, og MT med en sirkel. Det ble også lagt til en trendlinje for de aktuelle dataene. Grunnen til dette var for å se sann omtrent hvor de ulike punktene lå i forhold til resten. Det ble valgt den trendlinjen som ga høyest R²- verdi fordi R²-verdi er med på å beskrive hvor god sammenheng det er mellom variablene (Braut & Dahlum, 2021). Det var i begge tilfeller et 2.grads polynom som ga best sammenheng mellom variablene. Se Figur 7 og Figur 8 i resultatkapittelet.

3.5 Styrker og svakheter ved metoden

Kausalitet er viktig i vitenskapen, det å finne årsaker til at noe skjer slik som det skjer (Nyeng, 2007). I denne oppgaven har det vært en sentral del. Hvorfor planlegger man slik man gjør? Hvorfor er det ikke større forskjeller mellom MT- og betong prosjekter? Dette er spørsmål som det prøves å finne en årsak til gjennom forskningen. Det er viktig å skille mellom grunn og årsak, dette er ikke det samme. En grunn er noe som vi legger til grunn for å utføre en

handling, mens en årsak er en endring som skjer uavhengig av våre tanker (Nyeng, 2007). Det er utfordrende å vite om intervjupersonene presenterer årsaker eller grunn gjennom intervjuene som er holdt siden disse begrepene ofte blandes med hverandre. Derfor beskriver dette en svakhet ved intervjuene som er gjennomførte.

Resultatene i oppgaven kan ikke presenteres uten å nevne COVID-19. Mange av intervjuene som ble holdt omhandler prosjekter som ble gjennomført i 2020-2022. Andre prosjekter sto derimot ferdig før 12. mars 2020, dagen Norge stengte ned og pandemien offisielt startet. Pandemien har definitivt påvirket prosjektene som ble utført i tidsperioden den varte. Byggevarerprisene steg (Høiby, 2021), og det ble vanskeligere i reise mellom land. Dette bød på problemer fordi mye av arbeidskraften til norske byggeprosjekter kommer fra utlandet. Det var også problematisk at mye av virksomheten ble flyttet fra å skje på byggeplass til at alle satt hjemme på hjemmekontor. Pandemien vil derfor påvirke resultatene i oppgaven. På tross av dette vil det ikke bli gjort noen flere kommentarer eller bemerkninger til pandemien i denne oppgaven. Grunnen til dette er både den begrenset tiden entreprenør har til rådighet, men også at det alltid er noe som er spesielt med den tiden et prosjekt gjennomføres i. Alle forutsetninger for et prosjekt vil aldri være helt like. Mange av de som er blitt intervjuet har erfaringer fra MT-prosjekter utført før pandemien, og derfor er det blitt tatt hensyn til deres generelle erfaringer gjennom intervjuene og ikke bare erfaringer fra enkelte prosjekter.

Når det kommer til selve tolkningen av intervjuene og fremdriftsplanene er det ikke sikkert at den måten som er blitt brukt er den beste måten. Kanskje en annen synsvinkel hadde gitt andre resultater. Nå er det slik at undertegnede aldri har arbeidet på et eneste byggeprosjekt. Dette kan være en fordel i tolkningen av dataene da alt ses på med nye øyne uten noen form for påvirkning. Det kan derimot også være negativt da det kan være at faktorer som er åpenbare for de som faktisk har arbeidet på prosjekter blir glemt eller bare ikke sett i tolkningen av dataene. Når det er sagt så har det blitt forsøkt å belyse alle synsvinkler og faktorer som vil påvirke fremdriftsplanene gjennom intervjuene som er blitt gjort nettopp for å minimere denne risikoen.

Det er noen svakheter med analysen som er blitt gjort av fremdriftsplanene som er viktige å nevne. Først og fremst så er det viktig å påpeke at antall dager som er blitt skrevet opp i fremdriftsplanene er antall dager de planlegger å bruke. Om dette var de dagene som faktisk ble brukt når prosjektet var ferdig er vanskelig å si. Det kan ha vært forsinkelser eller andre

uforutsatte hendelser som kan ha ført til at aktiviteter har tatt lengre tid enn planlagt. Dette kommer derimot ikke frem i planene og vil dermed ikke bli tatt høyde for i studien.

En annen svakhet ved metoden angår milepælene som er blitt definert. Det er ikke sikkert at alle aktivitetene som burde være med for hver milepæl er blitt tatt med. Det som menes med dette er at det kan være forskjellig fra entreprenør til entreprenør hva som defineres som et ferdig råbygg, og hva som defineres som tett bygg. Det er blitt forsøkt å ha de samme aktivitetene som inngår i hver milepæl for alle prosjektene så langt det lot seg gjøre. Utfordringene til dette var tilknyttet detaljeringsgraden av planene. Ved detaljeringsgrad menes det antall aktiviteter fremdriftsplanene deles inn i. Noen planer var veldig detaljerte med opptil 700 aktiviteter, mens andre hadde litt mer generelle aktiviteter i fremdriftsplanen og bestod av rundt 100 aktiviteter.

I trendanalysen som er utført med utgangspunkt i fremdriftsplanene er en svakhet mengden data analysen er basert på. Det har blitt gitt innsyn i totalt åtte prosjekter som har kunnet sammenlignes hvorav fem er oppført i MT og tre i betong. Dette er få prosjekter og derfor et tynt grunnlag å generalisere data på. For at analysene som er blitt gjort skal gjelde for hele bransjen er det nødt til å være et mye større volum med data. Det har ikke vært tilfellet i denne oppgave., Analysen baseres på de dataene som er tilgjengelige, og resultatene og konklusjonene av den er dermed forbeholdt dataene i denne oppgaven.

4 RESULTATER

I dette kapittelet vil resultatene som er kommet frem gjennom intervjuer og dokumentstudiet bli presenterte.

4.1 Intervjuer

4.1.1 Prosjektering

Gjennom intervjuene kommer det frem at det er noen forskjeller på måten det ønskes å prosjektere et bygg i MT på sammenlignet med konstruksjon av stål og betong. Disse forskjellene for prosjekteringen som det blir sett på er tilknyttet bestilling av MT og leveransen av elementene. Hovedforskjellen ligger i at det er et større behov for at prosjekteringen er kommet lengre i en tidligere fase når bærende konstruksjon er i MT. E4B sier at kontraheringen av UE til MT-prosjekter er ganske lik som for betongprosjekter. Det ønskes likevel at de tekniske fagene blir involverte tidligere i prosjektet for å mene noe om hvor føringsveiene skal gå. Det er fordi det ønskes at flest mulig utsparinger blir tatt på MT-fabrikken. Se Figur 1 for eksempel på hvordan et element med utsparinger ser ut. E3C oppgir at utsparinger helt ned til rundt 60 mm kan tas på fabrikk. På fabrikk er det en CNC-freser som skjærer ut utsparingene med nøyaktig presisjon. Hvis utsparingene har feil plassering er det mest sannsynlig fordi det er en feil i modellen, og dermed ikke en feil fra fabrikk sin side. Samtlige intervjupersoner sier at det er svært lite feil i utsparingene som tas på fabrikk. Dette er med på å motivere for tidligere ferdig prosjektering, da det er enklere og mer nøyaktig å ha utsparingene ferdig skjært ut når elementene leveres, enn å ta de selv på byggeplass. Det kommer likevel frem gjennom intervjuene at selv om man ønsker at prosjektet skal være prosjektert ferdig tidligere, så er det ikke alltid like lett å få til i praksis. Ved spørsmål om hvorfor det ikke prosjekteres ferdig på forhånd blir mangel på erfaring nevnt. Ikke alle UE har like mye erfaring fra MT-bygg enda. Det kan derfor være utfordrende å rekke å prosjektere alt helt ferdig før modellen av MT må sendes til fabrikk. E4A trekker frem dette som en utfordring de hadde i sitt prosjekt. Der etterlyste MT-leverandøren at prosjekteringen burde ha kommet lengre når de ble involverte i prosjektet. Da ble det en hektisk periode for å få modellene ferdig tidsnok.



Figur 1: MT-elementer kommer levert til byggeplass med utsparinger til tekniske fag, dører og vinduer

Prosjekteringslederne som er blitt intervjuet påpeker spesielt en milepæl i prosjekteringsfasen. Denne milepælen er når modellen for MT skal leveres inn til fabrikk. Modellen må bli levert til riktig tid slik at MT-leverandøren har den tiden de trenger til å produsere alle elementene. E3C og E1F anslår at modellen må leveres til fabrikk omtrent 2-3 måneder før de skal monteres på byggeplass. MT-fabrikk har en kapasitetsbegrensning som gjør at elementene må produseres i det tidsrommet som har blitt satt av til dette. For entreprenøren blir det ofte hektiske perioder før denne fristen for å få til et godt samspill mellom alle parter.

I intervjuet med MT-eksperten, IP2, kom det frem en annen utfordring ved prosjekteringen av MT. Erfaringene han har gjort seg viser at entreprenør og rådgiver ikke har mye erfaring med grensesnittene MT bærer med seg. Det kan begrunnes med dårlig dokumentasjon av MT krav, egenskapene til MT og erfaringer fra tidligere prosjekter. Han slår fast at MT krever spesielle løsninger som er egnet for et bygg i tre. Et bygg i tre trenger for eksempel ikke den samme type

ventilasjon som et bygg i stål og betong gjør. E4B fra E4 nevner også utfordringene tilknyttet ventilasjon i sitt intervju. Han nevner at man har ikke helt kontroll på de termiske egenskapene til MT enda. Når veggene i et MT-bygg isoleres på samme måte som i et betongbygg kan det by på utfordringer. E4B nevner et eksempel der det i et MT-bygg som de har satt opp ble problemer med temperaturen innendørs om sommeren. Dette er bare to eksempler som viser at MT krever andre løsninger når man prosjekterer, men ikke får det fordi man ikke har nok erfaring og dokumentasjon på gode tilpassede løsninger enda. IP2 påpeker at det er viktig at man tar seg god tid i de innledende fasene og tenker seg om før man starter med byggefasen.

IP2 presiserer at for å lykkes med et MT-prosjekt må man utarbeide et konsept i løpet av skisseprosjektfasen, men gjerne også før dette. Det er betydningsfullt at prosjektgruppen klarer å beskrive hvilke løsninger de trenger, og at disse løsningene tilpasses MT. Konseptet må være ferdig beskrevet før arkitekt kontraheres. I arbeidet med et konsept bør følgende spørsmål stilles: Hva er det som skal bygges? Hvilke tekniske løsninger ønsker man i bygget? Hva skal prosjektet levere? Hvis rådgiverne ikke forstår betydningen av det tverrfaglige i MT vil ikke prosjektet lykkes. IP2 poengterer at MT krever andre løsninger enn betong hvis det skal lykkes med å hente ut potensialet MT har.

En annen utfordring tilknyttet prosjektering er at MT ikke har mulighet for like store spenn som det betong har. Derfor behøves det flere elementer/søyler i et bygg i MT enn et i betong. E4B anslår maksimal akseavstand på rundt 4,5 meter. Dette bærer med seg noen utfordringer for arkitektens arbeid, men også for RIB som skal godkjenne bygget. To andre kjente utfordringer med MT er akustikk og brannkrav. Disse utfordringene er noe E4B, E3C, E2A, E2B nevner som viktige faktorer i sine intervjuer, og dermed må disse faktorene vektlegges i prosjekteringen. Entreprenørene kan fortelle at begrensningene for akseavstanden ikke har hatt så mye å bety for fremgangen i prosjekteringen for deres del. Det som har vært en av de viktigste faktorene for å sikre at prosjekteringen er klar til at modellene kan sendes inn til MT-fabrikken, er at de tekniske fagene er ferdige med å planlegge hvor de skal ha utsparingene sine. Klarer de dette, vil de slippe å bore hullene på byggeplass og sparer dermed tid. Altså, til mer man har fått prosjektert på forhånd, desto mer tid spares når elementene kommer til byggeplass. Det er også høy presisjon, som vil si lite feil på utsparingene som lages på fabrikken. Intervjupersonene har ikke noen spesifikke tall på det, men samtlige sier at det har vært lite behov for etterboring, og at det er lite feil i prosjekteringen som er blitt gjort på forhånd. E4A

antar i sitt intervju at i sitt forrige prosjekt var det så høy presisjon som 97-98% for utsparingene tatt på fabrikk. Prosenten er en antakelse, ikke et nøyaktig tall de har beregnet. Det er likevel greit å ta med for å illustrere hvor høy presisjon det dreier seg om.

4.1.2 Fremdriftsplanlegging

MT kan gi et økt behov for planlegging og logistikk i et prosjekt. En god måte å planlegge på er da ved hjelp av JiT. Det ønskes ikke at elementene skal ligge på byggeplass over tid og bli utsatt for ulike værforhold. Å oppbevare elementene på lager kan være dyrt mens man venter på å få montert dem. Av den grunn er det viktig at man klarer å lage en god plan slik at man får elementene fra fabrikk til byggeplassen akkurat når de skal monteres på bygget. Behovet for økt logistikk grunnes også med at det ønskes å ha elementene i riktig rekkefølge på lastebilen, slik at man kan laste elementene rett fra lastebil til der de skal monteres. Er ikke elementene i riktig rekkefølge når de ankommer byggeplass, brukes det tid på å omrokere dem. IP3 kommer inn på utfordringene logistikken rundt leveranse av MT-elementer har hatt i kombinasjon med trevaremangel under pandemien. For prosjektet han sitter på nå har det bydd på en ekstra utfordring i forhold til planlegging på prosjektene. Noen av intervjupersonene har også erfart at det er enklere å få til god leveranseflyt av elementer dersom elementene leveres fra fabrikk i Norge kontra fabrikk i Europa.

Det er spesielt to utfordringene med MT som har blitt trukket frem i forbindelse med leveranse av MT-elementene. Den første utfordringen er at det er dyrt å frakte elementer fra Europa til Norge. Det betyr at jo færre lastebiler som trengs, desto bedre er det både for miljøet og for kostnadene. På fabrikk laster de derfor først opp de elementene som er planlagt i rett montasjerekkefølge på lastebilen. Etterpå fylles lastebilen opp med små elementer. At de små elementene blir brukt for å fylle opp lastebilen byr på utfordringer i forhold til rekkefølgen elementene skal monteres i. De små elementene som brukes som fyll må først lastes av, etterfulgt av å finne en tørr plass å oppbevare dem. Først nå kan montasje av de planlagte elementene starte. I denne forbindelse trekkes også mangel på erfaring frem. E3C sier at første gangen de brukte en utenlandsk leverandør av MT, visste de ikke om at de små elementene ville komme som fyll-elementer. Hadde de vært klar over det, kunne de ha planlagt en bedre løsning for å kunne lagre elementene midlertidig på byggeplass. Den andre utfordringen omhandler at elementene må fraktes over landegrenser. Levering over landegrenser impliserer fortolling av varer. Deltakerne i studien forteller om hendelser der noen lastebiler har blitt sittende fast i

tollen, og dermed kom lastebilene frem til byggeplass i feil rekkefølge. Dette kan medføre store ringvirkninger fordi da må alle elementene må lastes av lastebilen ettersom lastebilene ikke kan stå igjen på byggeplass. Dersom det ikke er noe sted å mellomlagre elementene kan man ha et problem. Kommer elementer fra utlandet bør det derfor lages en plan på hva som skal gjøres i tilfeller der elementene kommer i feil rekkefølge. På denne måten arbeides det mer proaktivt.

Intervjupersonene forteller at når det er benyttet norsk leverandør av MT har ikke levering av elementer i feil rekkefølge vært en like stor utfordring. Med bruk av norsk leverandør slipper man blant annet risikoen for at noe skulle bli sittende fast i tollene. At leveransen går lettere har blant annet sammenheng med at MT-fabrikken ligger i nærheten av der prosjektet utføres, slik at man kan regulere leveransene på kort varsel. En annen ting som blir gjort er at lastebilene setter igjen hengeren med elementene når de kommer på byggeplass. Da slipper entreprenøren å heise de av lasteplanet før de skal monteres på bygget. På denne måten kan hver lastebil som kommer med elementer sette fra seg hengeren med elementer som den kom med, for så å ta med seg en tom henger fra dagen før. I Norge er det kun en produsent av MT, som betyr at det er en begrenset mengde MT som kan produseres i Norge. Dermed er norske entreprenører fortsatt avhengig av å importere MT fra utlandet for å møte etterspørselen.

Ved spørsmål om entreprenørene har en logistikkansvarlig som har ansvar for oppfølging og logistikk rundt levering av MT-elementene, er svaret blandet. E3C påpeker at de som har ansvar for montasje av elementene, også har ansvaret for leveringen av dem, mens E1F har en egen ansatt som har ansvaret for all logistikk på byggeplass på prosjektet han sitter på nå. Behovet for å ha en egen som arbeider med logistikk tyder på å avhenge av størrelsen på prosjektet.

En annen utfordring med MT som har blitt belyst gjennom intervjuene, er montasjelagene. Det presenteres ulike løsninger på hvordan montasje av elementene kontraheres i prosjektene. Noen prosjekter har bestått av to separate kontrakter, én for levering av MT-elementene og en annen for monteringen av dem. Andre prosjekter har hatt én felles kontrakt der leverandøren av MT også har stått ansvarlig for montasje. En tredje variant er at entreprenøren har sitt eget montasjelag. E3C forteller at de har utviklet sitt eget montasjelag for MT i E3, og kan melde om gode erfaringer tilknyttet denne måten å løse det på. Montasjelaget har blitt dyktige på montering av MT og samarbeider godt med hverandre. E3C nevner en annen fordel med å ha eget montasjelag som er at arbeiderne er godt kjent med kulturen i bedriften. De arbeider etter

rette prinsipper og vet hva som blir forventet av dem. Dette er også med på å gi dem eierskap til prosjektene de arbeider på. E4B deler også deres erfaringer med montasje av MT-elementer. På det siste MT-prosjektet han satt på benyttet de en felles kontrakt for montasje og levering av elementene. E4B forteller at de som hadde ansvaret for montasje aldri hadde montert MT før, kun betong. Mangel på erfaring ba på utfordringer, og alt gikk ikke helt etter planen. På neste prosjekt har de derfor planer om å kontrahere montasjen av MT selv.

Intervjuene avslørte at det ikke tar kortere tid å bygge i MT, selv om både Splitkon og andre aktører som Trebruk oppgir dette som en av fordelene med å bygge i MT. Det ble da stilt spørsmål om det tok like lang tid fordi det planlegges for å bruke hele tiden som er tilgjengelig. Kanskje effekten av å ha bærende konstruksjon i MT heller vises gjennom behovet for bemanning på prosjektene? Det kan for eksempel hende at behovet for antall årsverk på et prosjekt reduseres når det bygges i MT. Et uventet funn var at entreprenørene ikke har et register/oversikt på hvor mange det er som er inne på byggeplassen i løpet av et prosjekt. Entreprenørene svarte at de ikke har tilgang til slik data, men at alle må registrere seg for å komme inn på byggeplassen via en port. På tross av at alle registrere seg når de går inn på byggeplass, har ikke entreprenør kvantitative data om antall elektrikere eller tømmermenn som arbeidet på prosjektet totalt. Derfor ble det ikke mulig å gjøre noe videre forskning på dette i denne oppgaven.

I intervjuene ble det etterspurt antall avviksmeldinger på prosjektet, for å se om antallet var lavere ved en konstruksjon i MT enn i betong. Grunnen til at dette var interessant å studere er det flere grunner til. MT veier 1/5 av betong, og det er mer behagelig å arbeide i MT bygg med tanke på støy og støv. Elementene kommer også med utsparinger til tekniske fag ferdig laget fra fabrikk. Det var derfor spennende å se om dette påvirket antall avvik i bygget. Intervjupersonene forteller at det ikke er en merkbar reduksjon i avvik. E4B sier at MT medførte kanskje en annen type avvik, men han kunne ikke si noe mer konkret om saken.

Spesielt i intervjuet med IP3, lean-eksperten, ble det belyst likheter mellom et betong- og et MT-bygg. Han sier at ett bygg består i grunnen av de samme aktivitetene hver gang. Byggefasen starter med grunnarbeider, så støpes det grunnplate. På grunnplaten settes et råbygg, altså bærende konstruksjon, samt yttervegger og tak som må tettes. Tett bygg er en viktig milepæl i de fleste bygg. Til slutt må bygget innredes og gjøres klar til overtakelse. Dette er altså alle

aktiviteter som må til for at bygget skal bli ferdig og de gjelder for alle bygg, uavhengig materialvalg. Poenget til IP3 var at ett byggeprosjekt er ikke helt unikt, det består av de samme aktivitetene uavhengig om bærende konstruksjon er i MT eller ikke.

MT-eksperten, IP2, nevner en hovedutfordring tilknyttet fremdriftsplanleggingen. Etter å ha vært på utallige MT-prosjekter i over 20 år, har han bemerket seg at det ikke alltid er like lett å få frem sammenhengene mellom de ulike fagene. Han sier at denne sammenhengen må defineres enda tydeligere slik at de som kommer inn i prosjektet vet hva de skal levere, og hva som forventes av dem. Per dags dato ser han ingen forskjeller i hvordan fremdriftsplanene lages. Det gjør heller ikke lean-ekspert IP3, som gi uttrykk for det samme i sitt intervju. Det er ingen forskjeller i hvordan fremdriftsplanene for et prosjekt i MT og et prosjekt i betong lages. Med oppfølgingsspørsmål om hvorfor IP3 tror det er slik, sier han at det påvirkes av flere faktorer, men han tror og mener at det starter med kontraktene entreprenør har med UE. Det burde stå i kontraktene at UE er selv ansvarlig for at de har bemanning, utstyr og materiale de trenger på byggeplass til enhver tid. Han trekker også frem at det å jobbe proaktivt i stedet for å jobbe reaktivt ville vært med å bidra til at fremdriftsplanene er lettere å følge. Kontraktene bør også kreve at alle UE skal ha en representant på alle byggemøtene som avholdes. IP3 nevner at det har vært et problem at ikke alle fag møter opp til møtene. Det blir da utfordrende å gi UE og prosjektadministrasjonen et godt helhetsbilde av hvordan prosjektet ligger an i forhold til fremdriftsplanen. IP3 oppsummerer med at lean kan være med på å løse deler av problemene, men at det er en metode som baserer seg på involvering. Da handler det om å lage en forpliktelse til teamet man tilhører og gi alle parter lyst til å lykkes som et lag. Derfor mener han at det først og fremst må settes søkelys på å få til teamfølelsen blant alle involverte på prosjektet, noe som er utfordrende å få til på et byggeprosjekt.

4.1.3 Andre utfordringer

Gjennom samtalene med de ulike representantene fra entreprenørene kom det også frem noen andre utfordringer som kan være med å belyse helhetsbildet. De er ikke direkte tilknyttet problemstillingen, men det er verdt å ta de med her for å få et helhetsbilde av et byggeprosjekt.

Det har blitt påpekt at ikke alle typer bygg egner seg til å bygges i MT. E3C trekker frem at akustikk og brannkrav kan skape begrensninger for de tekniske løsningene i bygget. I et bygg

som har høye risikoklasser kan det være vanskelig å tilfredsstille brannkravene med en konstruksjon i MT. MT er også et mye lettere materiale enn betong, og vil derfor også kreve nye løsninger for å forhindre lydtransmisjon mellom rom eller boenheter. Som tidligere nevnt har ikke MT mulighet for like store spenn som stål og betong kan ha. Samlet sett ser man at MT har sine begrensninger som det må læres å jobbe med og ikke imot. Klarer man å tilpasses bygget til å bygges med MT har man kommet langt. E3C trekker frem at MT egner seg godt til skoler, barnehager og i noen tilfeller studentboliger. Det er mer krevende å få til brann- og akustikkkravene i bygg som skal brukes til å sove i, som boliger og hotell, da disse har høyere risikoklasser.

Entreprenørene bemerker utfordringene tilknyttet kulturforskjeller og språkbarrierer som byggebransjen har. Spesielt IP3 har lang erfaring med dette da han har som hovedjobb å få et prosjekt til å flyte bra. En del av arbeidet med det innebærer å sikre god kommunikasjon mellom alle på prosjektet. Han forteller at det kan være utfordrende å få til da ikke alle på byggeplass har et felles språk som alle forstår. Det blir dermed vanskelig å sikre god informasjonsflyt. Uten god kommunikasjon er fundamentet for å skape et team borte. IP3 trekker også frem de kulturelle forskjellene som et hinder for å sikre god flyt på et prosjekt.

I samtale med representanter fra entreprenører, i tillegg til IP2 og IP3 nevnes utfordringene knyttet til erfaringsoverføringer mellom prosjekter. IP3 meddeler i sitt intervju at det er frustrerende at det ikke læres av de feilene som gjøres i byggebransjen. De samme feilene blir gjort gjentatte ganger. Han trekker frem et eksempel der han arbeidet for en entreprenør som hadde en dårlig erfaring fra bruk av en UE. Noen måneder etterpå observerte han at samme UE var blitt kontrahert til et annet prosjekt hos samme entreprenør. Det er vanskelig å få til gode erfaringsoverføringer fra prosjekt til prosjekt. IP2 nevner også en utfordring med MT. Han sier at det enda ikke er tatt en evaluering av de MT-prosjektene som er blitt gjennomført. Hva er det som er gått bra? Hva er det som ikke har gått så bra? Her er det mye som kan læres av det som allerede eksisterer av MT-bygg.

4.2 Dokumentstudiet

I dette kapittelet vil resultatene av analysen av fremdriftsplanene bli presentert. Det er viktig å poengtere at figurene som er vedlagt i kapittelet kun er ment som en illustrasjon på data som er

blitt hentet fra fremdriftsplanene. Det har ikke blitt analysert nok prosjekter til at det kan trekkes noen slutninger som er gjeldende for hele bransjen.

Tabell 4: Prosjektfakta for prosjektene

Prosjekt	Bruttoareal [m2]	Etasjer	Byggetid [måneder]	Kontraktstørrelse [MNOK]
A	12 100	2	19	300
B	1 800	2	10	60
C	2 500	3	16	60
D	1 000	2	10	50
E	8 300	4	20	380
F	4 500	2	17	190
G	15 000	4	16	400
H	3 000	3	14	100
I	5 800	3	13	120

I Tabell 4 er det gitt en oversikt over alle dataene for prosjektene som er del av datagrunnlaget for oppgaven. For å sikre anonymitet av prosjektene er bruttoareal avrundet til nærmeste 100 og kontraktstørrelse er avrundet til nærmeste 10. Det er blitt studert fremdriftsplanene til prosjekt A, B, C, D, E, F, G og H.

Antall aktiviteter som fremdriftsplanene består av varierer fra omtrent 100 aktiviteter opptil 700 aktiviteter. Grunnlaget for det store spranget er først og fremst størrelsen på prosjektene. De store prosjektene krever at hver aktivitet deles opp og utføres i flere soner. I fremdriftsplanen til prosjekt E er hele bygget inndelt i tre utvendige soner; del 1, del 2 og del 3. Det betyr at for aktiviteten som beskriver innstallering av fasade blir det listet opp 3 aktiviteter for denne ene aktiviteten. En for innstallering av fasade på del 1, en for del 2 og en for del 3. Prosjekt E har fire etasjer og hver etasje er også delt inn i sone A, B og C. Det medfører at hver aktivitet som skal gjøres innvendig må utføres i 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B, 3C, 4A, 4B og 4C. Dermed blir antall aktiviteter som er listet opp i fremdriftsplanen mange. I planene for det store prosjektet er det også blitt planlagt en større bruk av taktplanlegging. Det er blitt satt opp ulike «vogner» som skal bevege seg gjennom bygget. Sammensatt kan vognene tenkes på som hver sin del av et tog. Hvis en vogn «sporer av», det vil si ikke gjør sin del av jobben til rett tid, vil det gå ut over alle etterfølgende vogner. Det er litt ulikt hvordan vognene for et prosjekt blir definert. For ett av prosjektene er det definert ni vogner. Når vogn 9 er ferdig skal den delen av bygget være klar til overlevering. Den første vognen starter i 4. etasje i del C og jobber seg

nedover. Når vogn 1 er ferdig i 4.etasje, tar vogn 2 over mens vogn 1 forflytter seg til neste sone. Dette gir en tydelig takt som gjentas i alle sonene bygget er delt inn i.

I det minste prosjektet, prosjekt D, vil man derimot ikke få en like tydelig taktplanlegging. Bygget har to etasjer av overkommelig størrelse som gjør at det er valgt å bruke en hel etasje som en sone. Derav forekommer aktivitetene i fremdriftsplanen til prosjekt D kun to ganger hver. Generelt sett viser studiet av fremdriftsplanene at taktplanlegging i større grad er benyttet i de planene som omhandler prosjekter med store arealer over flere etasjer. I de større prosjektene kan man tydelig se, ved hjelp av gantt-diagrammet, en frekvens med aktiviteter som gjentas i flere ganger. I de mindre byggene derimot er ikke taktplanlegging like utbredt.

En annen observasjon som er blitt gjort i dokumentstudiet er at fremdriftsplanene er svært like, uavhengig om prosjektet er i betong eller MT. Det er blant annet en beskjeden forskjell i antall aktiviteter og soner bygget deles inn i. Det er derimot ingen markante forskjeller i antall aktiviteter på prosjekter i MT og betong av samme størrelse. I bygg med prefabrikkert betong er det noen flere aktiviteter for å nå råbygg milepælen. I et MT-bygg setter man opp vegger, bærende konstruksjon og dekker i en samlet aktivitet i fremdriftsplanen. I fremdriftsplanene for betongbygg er det benyttet egne aktiviteter for betongelementer, stålelementer og installering av taket. Vognene som er definerte er de samme for begge typer prosjekter. Det som varierer fra plan til plan er de spesielle løsningene som er valgt for hvert prosjekt. Eksempelvis har det ene bygget solceller i fasaden, mens et annet har parkeringskjeller. Tar man bort spesialløsningene er det ikke store forskjeller i måten et prosjekt i MT planlegges på i forhold til et i betong. Aktivitetene er omtrent de samme og forekommer i samme rekkefølge.

Figur 2 viser en oversikt over prosjektene som har blitt sammenlignet gjennom fremdriftsplanene. I den første raden er det beskrevet hvilken bærende konstruksjon prosjektet har. I første kolonne er sekvensene og milepælene som er blitt benyttet i sammenligningen listet opp. Figuren gir en oversikt av antall dager som er blitt benyttet for sekvensen mot å nå en milepæl. De feltene som er markert i grønn viser hvilket prosjekt som har brukt kortest tid på å nå milepælen. En svakhet med denne måten å fremstille data på, er at det ikke kommer frem hvor store prosjektene er. Det er innlysende at det vil ta lengre tid å støpe grunnplate på et prosjekt som er 10 000 m² enn ett på 2 000 m².

Antall dager	MT	MT	Betong	Betong	Betong
Milepæler	A (MT)	B (MT)	C	D	E
Grunnarbeider	53	37	34	74	72
Støpt grunnplate	88	59	88	113	85
Råbygg	137	59	118	11	133
Tett bygg	102	74	78	7	189
Innredning	329	193	140	147	372
Totalt	581	305	448	295	641

Figur 2: En oversikt over prosjektene som har blitt analysert gjennom fremdriftsplanene. Tallene viser antall dager som ble brukt til å fullføre hver milepæl. De grønne områdene viser hvilket prosjekt som har brukt kortest tid per milepæl

For å gjøre antall dager lettere å sammenligne er det blitt delt på bruttoarealet [m^2] til hvert prosjekt. Antall dager delt på bruttoareal gir forsvinnende små tall. Av den grunn er alle tallene blitt multiplisert med 1 000 for leservennlighetens skyld. Dette gir grunnlaget for Figur 3. Også her er de feltene som viser kortest tid per sekvens markert i grønt.

Antall dager/1 000 m^2					
Milepæler	A (MT)	B (MT)	C	D	E
Grunnarbeider	4,36	20,50	13,42	81,77	8,62
Støpt grunnplate	7,24	32,69	34,74	124,86	10,18
Råbygg	11,27	32,69	46,59	12,15	15,93
Tett bygg	8,39	41,00	30,79	7,73	22,64
Innredning	27,07	106,93	55,27	162,43	44,56
Totalt	47,80	168,98	176,87	325,97	76,78

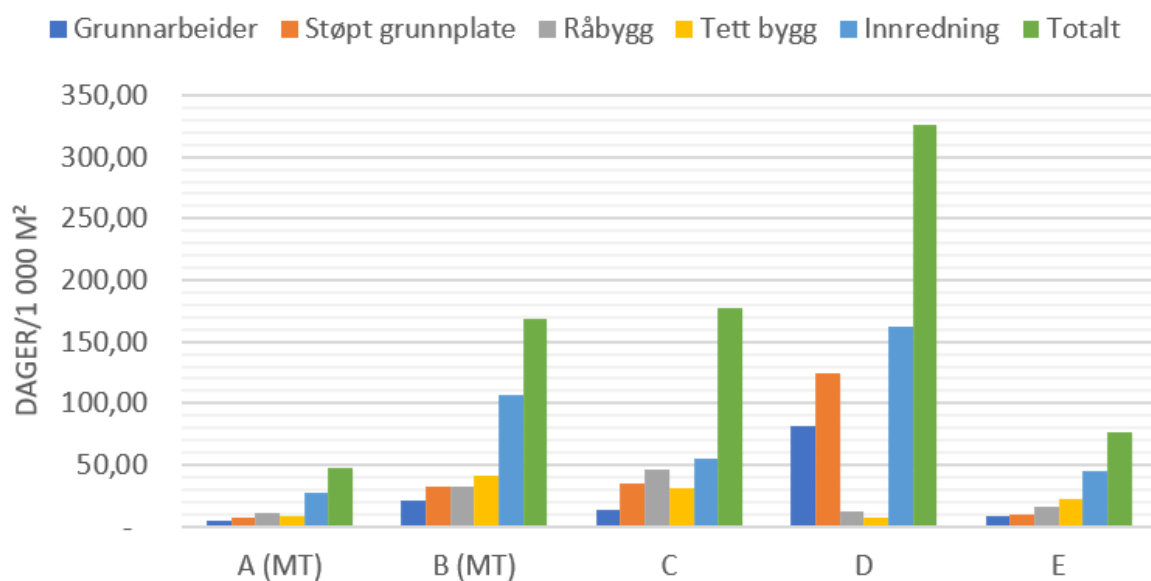
Figur 3: Figuren viser samme oversikt, men nå er antall dager/1 000 m^2 på prosjektet. De grønne områdene viser hvilket prosjekt som bruker kortest tid

Nå kan Figur 2 og Figur 3 sammenlignes, og de viser at det er prosjekt A som er det prosjektet som tar kortest tid per kvadratmeter, mens selve byggetiden for hele prosjektet, uavhengig av bruttoareal, er kortest for prosjekt D. Prosjekt D er det prosjektet med lavest bruttoareal av de som er blitt sammenlignet, så dette kommer ikke som en overraskelse.

Figur 3 inneholder dataene som er grunnlaget for både Figur 4 og Figur 5. Diagrammene er laget for å visualisere tallene som er gitt, og dermed også enklere kunne sammenligne prosjektene. Årsaken til at søylen som viser totalt dager/1 000 m^2 i Figur 4 er inkludert, er for å kunne sammenligne hvor lang tid som brukes på hele prosjektet. Mange av milepælene

overlapper hverandre, og det vil derfor ikke gi en god fremstilling av hvor lang tid som brukes totalt på prosjektet ved å summere antall dager per sekvens. Ett eksempel på overlappende aktiviteter som vises i fremdriftsplanene er at det ofte monteres råbygg på grunnplate i seksjoner. Det betyr at når en del av grunnplaten er ferdig støpt starter monteringen av råbygg på denne seksjonen, samtidig som neste seksjon grunnplate støpes. Ifølge E3A er denne måten å gjøre det på spesielt vanlig i større bygg for å spare tid.

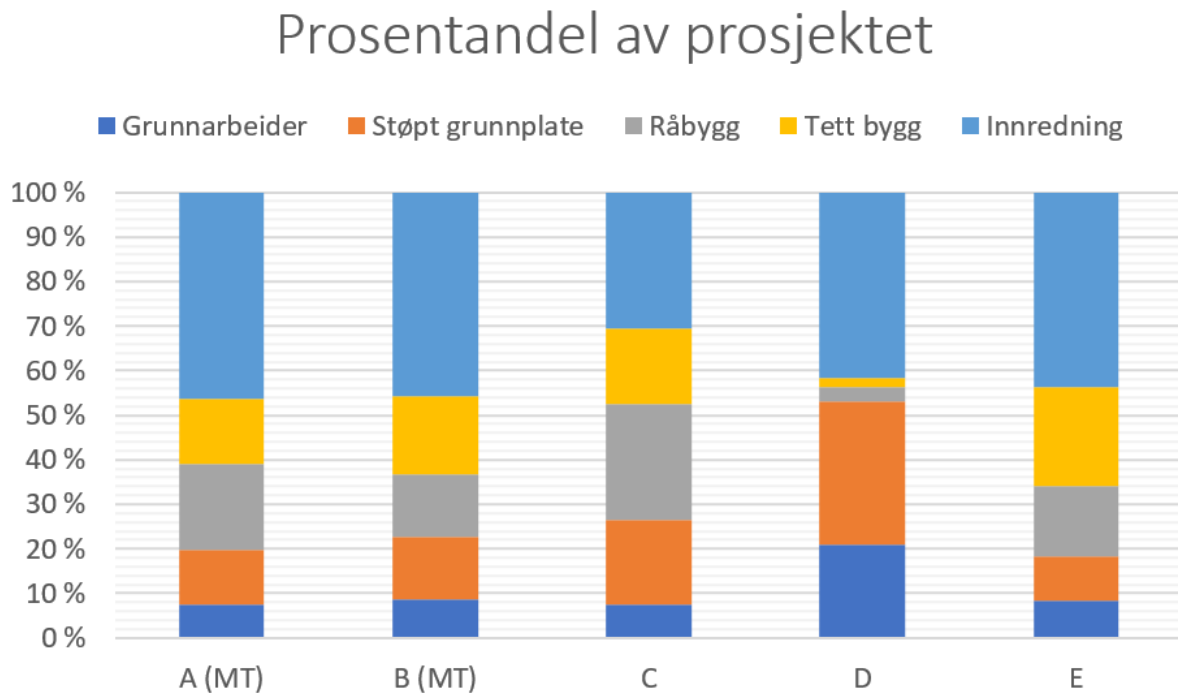
Dager/1 000 m² for hver milepæl



Figur 4: Sammenhengen mellom antall dager/1 000 m² for hver milepæl

Det er verdt å bemerke seg at prosjekt A og prosjekt E har nokså lik størrelse på søylene sine i Figur 4. Prosjektene har størst bruttoareal av prosjektene som er blitt sammenlignet, og er på 12 100 m² og 8 300 m². Prosjekt A er bygget i MT, mens prosjekt E er bygget i prefabrikkert betong. Det virker som det ikke er noen markante forskjeller i hvor lang tid som brukes per sekvens mellom betong og MT-bygg. Hvis det skal trekkes frem noen forskjeller, kan det virke som om det går litt raskere fra råbygget er oppe og til bygget er tett når det bygges i MT. Dette er illustrert med den gule søylen (nr. 4 fra venstre). Prosjekt B (1 800 m²) og prosjekt C (2 500 m²) er også omtrent like store prosjekter. Antall dager brukt per sekvens er også her ganske likt. Det prosjektet som skiller seg mest ut er Prosjekt D. Prosjektet har minst bruttoareal av de som er blitt sammenlignet. Det som er interessant å merke seg med dette prosjektet er den korte tiden det tar fra råbygget er oppe til bygget er tett. I et ekstra møte med E3A ble det oppklart at dette

er fordi betongelementene som er blitt brukt på dette prosjektet blir levert på byggeplass med vinduer og dører ferdig montert i elementet. Derfor var det kun nødvendig å tekke taket for at bygget skulle bli tett.



Figur 5: Figuren viser hvor stor del av hele prosjektet de ulike sekvensene bruker

Figur 5 viser hvor mye tid som brukes på hver sekvens mot en milepæl i forhold til den totale tiden byggefasen bruker fra byggestart til overlevering. Figur 5 gir en bedre forståelse av hvor lang tid hver enkelt aktivitet tar sammenlignet med hele byggetiden til prosjektet. Som tidligere nevnt er det en del overlappende aktiviteter i prosjektene, og dermed er ikke det som er markert som 100% i figuren representativt for den totale tiden for prosjektet. Figuren gir en sammenligning av tiden brukt på hver sekvens slik at tiden kan sammenlignes på tvers av prosjektene. Det er størrelsen på hver sekvens som er interessant å sammenligne for hvert prosjekt. Prosjekt D skiller seg ut fra de andre fordi siden det har så kort råbygg- og tett bygg sekvens, vil de resterende sekvensene ta opp en større del av totalen på prosjektet. Ser man bort ifra prosjekt D ser man at grunnarbeidet er like omfattende uavhengig av om bygget er i MT eller betong. Dette samsvarer med det som ble fortalt i intervjuene med entreprenør. Entreprenørene indikerte også at arbeidet med støp av grunnplaten er nokså identisk for prosjekter i MT og betong. En forskjell er at betongbygg krever litt tykkere grunnplate da den

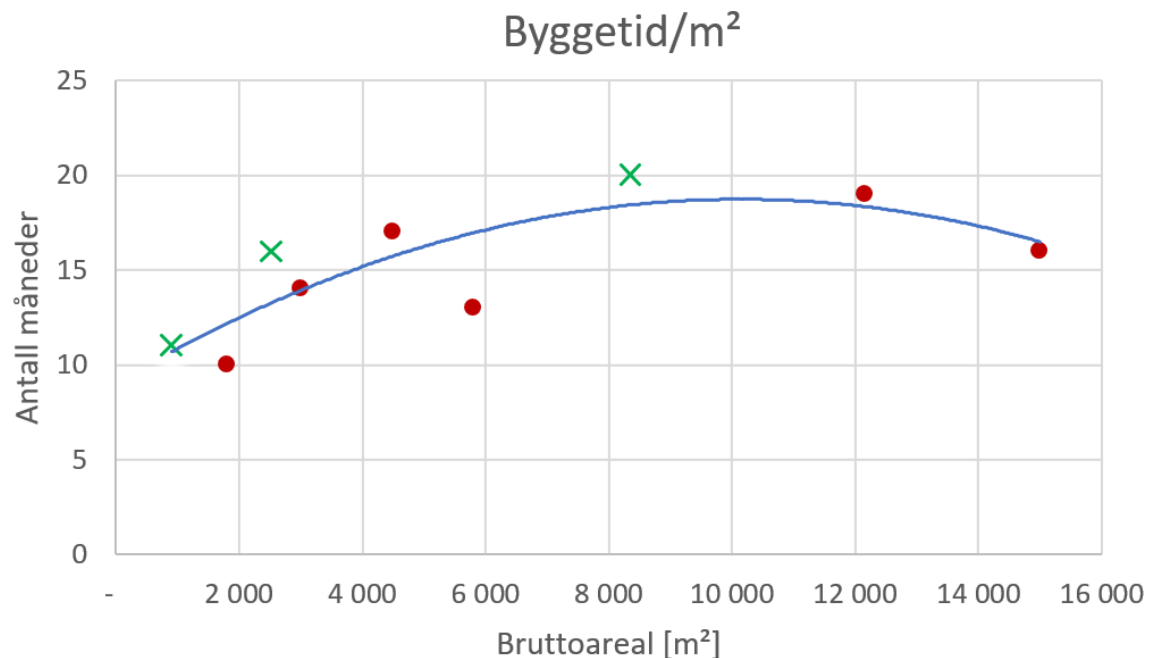
må ta opp mer laster siden betongbygg veier ganske mye mer enn bygg i MT. Dette påvirker likevel ikke tiden i stor grad. En annen forskjell er at MT krever større presisjon på grunnplaten, da MT-elementene settes direkte på betongplaten. Figur 6 viser et eksempel på et grensesnitt hvor MT settes direkte på betong. Her er det essensielt at den støpte betongen er i vater, hvis ikke blir det utfordrende å få søylen av MT som skal stå over rett. IP2 vektlegger grensesnitt som dette som en av de største utfordringene man har i MT-bygg.



Figur 6: Grensesnittet mellom betong og MT-søyle

Splitkon nevner i en e-postkorrespondanse mange fordeler med å benytte MT som byggemateriale. En av fordelene er at byggetiden reduseres. For å undersøke om det er sammenheng mellom hvor mange måneder som ble benyttet totalt på byggeprosjektene og

arealene deres, ble antall måneder, samt bruttoareal plottet sammen i et punktdiagram. Betong og MT-prosjekter ble plottet i samme diagram for å granske hvordan de plasseres i forhold til hverandre. Det er bakgrunnen for Figur 7.

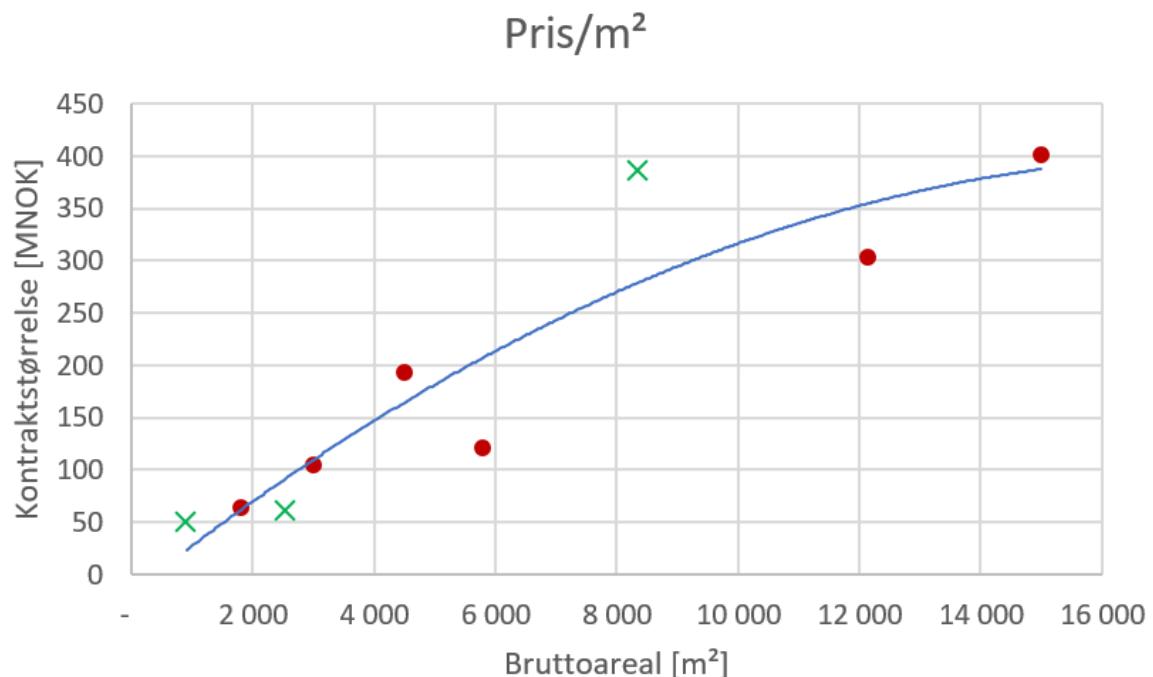


Figur 7: Sammenhengen mellom byggetid i måneder og størrelsen på hvert prosjekt. Kryssene er prosjekt utført i betong og sirklene er MT-prosjekter

Figur 7 viser alle prosjektene plottet sammen. Kryssene representere prosjekter av prefabrikkert betong, og sirklene er MT-prosjekter. Betongprosjektene befinner seg generelt over trendlinjen. Dette kan være en indikator på at betongprosjektene har en litt lengre byggefase enn prosjekter i MT. Det er samtidig viktig å understreke at det i denne studien kun er blitt analysert 3 prosjekter i betong, og det er ikke nok til å kunne trekke en konklusjon for om resultatene gjelder hele markedet. I dette tilfellet er trendlinjen et polynom og byggetid øker altså ikke lineært med størrelsen på prosjektet. Figuren illustrerer at for prosjekter over 10 000 m² ser byggetiden ut til å reduseres noe. Det kan altså virke som om de prosjektene som er større tar litt kortere tid å bygge.

Det var også spennende å kartlegge om det var en forskjell i kontraktsummen på prosjektene sammenlignet med arealet. Hensikten var å se om prosjektene i MT var billigere å bygge enn prosjektene i betong. Det er ingen tall på hvor mange som arbeidet på de ulike prosjektene, og

av den grunn er tanken at fordelene med å bygge i MT som blant annet Splitkon nevner, kanskje vises gjennom størrelsen på kontraktene. Kontraktsummen kan indikere om det ble benyttet færre arbeidere på prosjektet, og at kontraktsummene med UE dermed ble mindre. Det kan også tenkes at administrasjonskostnadene på et MT-prosjekt kan være reduserte.



Figur 8: Sammenhengen mellom størrelsen på prosjektene og kontraktsummen. Kryssene representerer prosjekt utført i betong og sirklene er MT prosjekter

Figur 8 viser ingen åpenbare forskjeller mellom kontraktstørrelsen på MT- og betongprosjektene. Dette funnet har blitt diskutert i gjennomførte intervjuer. Der kommer det frem at selv om UE sier at det går raskere i byggefase i et MT-bygg, gjenspeiles ikke dette i prisen UE gir til entreprenøren. I intervjuet gjort med MT-eksperten, IP2, var dette et viktig tema. Han meddeler at montasje i MT går raskere i MT enn i stål og betong. Likevel har han fått vite at BH synes MT er for dyrt å bygge med. Årsaken til dette kan være at det ikke planlegges for at monteringen går raskere. Gjennomføringsfasen gjennomføres likedan som det alltid har blitt gjort. Det meddeler lean-eksperten, IP3, også i sitt intervju. Byggebransjen er vanskelig å endre, og prosjektet blir veldig ofte gjennomført slik det alltid har blitt gjort, fordi det er det man kan.

5 DISKUSJON

I dette kapittelet vil resultatene presentert i resultatkapittelet bli sammenlignet opp med teorien som i teorikapittelet. Diskusjonen er med på å danne grunnlaget for konklusjonen som er tatt i neste kapittel.

5.1 Gjennomføring av prosjekter i MT

Både MT-eksperten og lean-eksperten, IP2 og IP3, sier at MT-prosjekter gjennomføres på samme måte som for et tilsvarende bygg i betong. Det blir altså tatt lite hensyn til de særegenhetene som følger med det å bygge med bærende konstruksjon i MT. Det kan virke som om det er glemt å tenke nytt. Planlegges det ikke for det, vil det heller ikke vises igjen i prosjektet at MT har de fordelene som det fortelles om.

Resultatene presentert i resultatkapittelet indikerer altså at prosjekter planlegges likt uavhengig av hvilken type bæresystem som er valgt. Dette grunner nok i at entreprenør gjennomfører prosjekter slik de kan best, og at det er slik prosjekter stadig har blitt gjennomført. Endring kan gå sakte i byggebransjen. Det tar lang tid å endre atferdsmønstre. IP3 opplever endringsmotstanden i byggebransjen som stor. Det er vanskelig å ta i bruk nye løsninger og få de til å virke best mulig. MT er en relativ ny måte å bygge på, og man er på god vei til å utvikle måten å bygge på, men det er enda en vei å gå. IP3 påpeker også at entreprenør ofte er villig til å prøve ut nye metoder, men at det er vanskelig å få med seg resten av prosjektorganisasjonen. For å lykkes må det dannes et team som jobber mot felles mål. Prosjektlederen kan benytte prinsippene for Last Planner for å styre prosjektorganisasjonen mot målet.

Når det kommer til prosjekteringen av MT, er det noen forskjeller i måten det ønskes å prosjekteres på sammenlignet med konstruksjoner i stål og betong. For å utnytte at MT-fabrikken kan ta utsparingene, ønsker man å få på plass plasseringen for alle føringene til tekniske fag i fasen for detaljprosjekt. Den tidlige prosjekteringen av utsparingene bidrar til tidlig involvering av UE i prosjektene. Tidlig involvering er med på å gi de involverte en tilhørighet og eierskap til prosjektet som beskrevet i teoridelen om LC. Når tekniske fag er med på å planlegge og prosjektere så tidlig i prosjektet, får de en forsterket eierfølelse til det som står i fremdriftsplanene. Om planene ble delt ut på byggeplass ved byggestart, uten at UE fikk påvirke dem på noen som helst måte, hadde eierskapet forsvunnet og ønske om å nå milepælene som er definerte risikeres å redusere. Ønske om tidlig involvering samsvarer godt med det som

ønskes å oppnå gjennom Last Planner metoden. Den tidlige prosjekteringen bidrar også til at arbeidet som må gjøres på byggeplass med å installere de tekniske installasjonene blir lettere, noe E4B bekrefter. Det er enkelt å se ved hjelp av utsparingene som allerede er på plass hvor de ulike rørene og kablene skal gå.

Det viser seg at selv om det ønskes at mest mulig skal prosjekteres på forhånd, er det utfordrende å få til i praksis. Grunnen til dette er ofte tidsfristen som er satt for at bygget skal være ferdig. Det gjør at man i noen tilfeller må begynne utgraving av tomt etterfulgt av støy av grunnplate, før hele prosjektet er ferdig prosjektert. Det nevnes også i intervjuene at det hadde vært en fordel å prosjektere mer på forhånd i et bygg av betong også. Tidlig prosjektering er altså ikke kun ideelt i et MT-prosjekt, men i alle typer prosjekter. Ideelt sett burde ingenting blitt påbegynt på byggeplass før hele prosjektet var ferdig prosjektert. Ferdig prosjektering ville gitt et konkret mål å jobbe mot, og alle deltakerne på prosjektet hadde hatt et klart bilde for det endelige produktet.

En årsak til at MT-prosjekter ikke har kortere byggefase enn betongprosjekter, kan være den vanlige måte å planlegge prosjekter på som heter bakoverplanlegging. Da starter man planleggingen med den dagen som prosjektet skal overleveres, og jobber seg bakover i tid for å bestemme tidsfrister og milepæler. Bakoverplanlegging gjør det vanskelig å fullføre prosjekter raskere enn planlagt, da dato for ferdigstillelse ofte er bestemt før byggefasen starter. En måte å regulere tiden som trengs i byggefasen er gjennom materialer og løsninger som velges. Materialvalget bestemmes allerede i fasen skisseprosjekt eller forprosjekt, som vil si at det skjer lenge før fremdriftsplanen lages. Lages fremdriftsplanene med utgangspunkt i overlevering den planlagte datoen, vil også tiden også bli brukt. UE har en kabal som skal gå opp med tanke på ansatte ute på ulike prosjekter. Det betyr at de er avhengige av å være på byggeplass de dagene det er planlagt for det i fremdriftsplanen. Det kan være vanskelig å komme til prosjektet før de planlagte dagene, da de tiltenkte personene kanskje er på et annet prosjekt og arbeider den uka. Her er prosjektadministrasjonen viktig for å sikre at fremdriften går som planlagt i prosjektet, og at alle ressursene er tilgjengelige til rett tid. Skal potensialet for raskere byggefase være mulig å utnytte, må det derfor planlegges for det helt fra skisseprosjektfasen til prosjektet.

I resultatkapittelet ble det presentert flere måter å løse utfordringen med montasje av MT-elementene på. Det som tilsynelatende virker ut til å ha best effekt er å ha eget montasjelag som arbeider eksklusivt for entreprenør med å montere MT. E3 er ett eksempel på en entreprenør som har gode erfaringer med dette. Årsaken til at det virker å fungere bedre å ha eget montasjelag enn å leie inn, er at man er sikker på at montasjen er av god kvalitet. En annen fordel med å ha eget montasjelag er at entreprenør er sikker på at de menneskene i montasjelaget er godt innforstått med bedriftskulturen, og vet til enhver tid hva som forventes av dem. Dette er nevnt som en viktig del av lean. Det kan hjelpe å fortelle arbeiderne at det de bidrar med er viktig for å oppnå felles suksess og slik gi dem stolthet i eget arbeid. For entreprenøren gir det også en trygghet å vite at de som kommer for å montere MT-elementene vet hva de gjør og at arbeidet de utfører er av kvalitet. Det gir en god start på prosjektet og danner et godt utgangspunkt for de neste sekvensene som er tett bygg etterfølgt av innredningsarbeidet.

I byggebransjen har man mange utfordringer som må løses. Ikke alle utfordringene har vært mål om å kartlegge i denne masteren, men de er likevel med på å påvirke gjennomføringen og fremdriftsplanleggingen for et prosjekt. Ett eksempel er at mange av arbeiderne på et byggeprosjekt kommer fra land i Øst-Europa. Entreprenørene forteller om språk- og kommunikasjonsproblematikk. Det gjør det vanskelig for prosjektledere å kommunisere med arbeiderne som skal utføre det som står på planene. Å benytte utenlandsk arbeidskraft kan medføre kulturelle forskjeller. Gjennom intervjuene som ble avholdt kom det frem at mange av arbeiderne ikke bruker fremdriftsplanen som er blitt laget for prosjektet. Bas eller arbeidsleder ser planen, men ofte så stanser det her. Dette er ikke fordi arbeiderne ikke får lov til å se fremdriftsplanen, men heller fordi de ikke er vant med å bruke fremdriftsplanen, og derav har de heller ikke behov for det. At arbeiderne ikke ser selve fremdriftsplanen kan medføre at de mister litt av forståelsen for at gjennomføringen av prosjektet avhenger av et velfungerende samarbeid mellom alle UE. Innredningsfasen spesielt fungerer som ett tog, og for at prosjektet skal bli ferdig tidnok må alle vognene i toget gjøre sin jobb til riktig tid. Mister UE eierskap til prosjektet kan konsekvensen være at de ikke blir ferdig tidnok med sin del av jobben. Disse utfordringene er med på å gjøre jobben til prosjektleder komplisert. Det kommer nye arbeidere inn på byggeplass hver dag grunnet skiftarbeid og nye aktiviteter på dagsordenen. Det medfører at det blir vanskelig å holde orden på hvem som har sett fremdriftsplanen og gjør det utfordrende å bygge kultur på prosjektet. Disse utfordringene tar sannsynligvis tid og energi bort fra prosjektleder som kunne blitt brukt til å optimalisere byggefasen. Det er andre arbeidsoppgaver

som er viktigere å bruke tiden på og større problemer som må løses før man kan sette seg ned å tilpasse fremdriftsplanen i detalj for et prosjekt i MT.

Dokumentstudiet ble utført for å forsøke å belyse forskjellene i fremdriftsplanene fra en annen synsvinkel enn det intervjuene gjør. En felles faktor i resultatene fra dokumentstudiet er at det virker som om størrelse på prosjektene har mer å bety enn materialvalget på prosjektet. Det virker altså ikke som materialvalget på den bærende konstruksjonen har noe å si for hverken hvordan det fremdriftplanlegges eller hvor lang tid byggefasen tar. Denne observasjonen forsterkes også gjennom intervjupersonenes erfaringer med MT. Det kan være mange grunner til at det er slik, men det har nok mye med det som MT-eksperten og lean-eksperten trekker frem om erfaringsoverføring mellom prosjekter. Det er tydelig hvilke fordeler MT kan gi, men om man ikke tilpasser planene til materialtype, vil man ikke kunne hente ut de fordelene som finnes, og dermed er ikke potensialet i MT utnyttet i sin helhet.

Det har ikke blitt gjort mye forskning på sammenhengen mellom kontraktsum og størrelse på prosjekter, men ut fra det Figur 8 viser og samtaler med entreprenører, kan det tenkes at prisen UE gir på et prosjekt er lite avhengig av type bæresystem på prosjektet. For å kunne tolke Figur 8 er det hensiktsmessig å gjengi det som ble nevnt i metodekapittelet om at noen av prosjektene har særegenheter som solceller eller kjeller. Det betyr at noen vil ha ekstra kostnader tilknyttet de unike løsninger som er valgt for prosjektet. Definisjonen på et prosjekt inneholder blant annet et krav om at det skal være lav frekvens, altså at prosjektet helst ikke skal forekomme mer enn en gang. Alle prosjekter er dermed unike på sin måte, med en unik prosjektorganisasjon. En annen faktor som påvirker kostnaden til et prosjekt er at noen materialer er dyrere enn andre, og vil derfor påvirke prisen på prosjektet. Her kan BH regulere prisen etter hva de ønsker å oppnå med prosjektet. De kan bestille hva de vil så lenge de betaler for det. Noen av prosjektene som er sammenlignet har for eksempel satt BREEAM Excellent krav. En BREEAM-sertifisering kan koste mer enn om kravet ikke var satt for prosjektet. At det tilsynelatende ikke er noen betydelig sammenheng mellom prosjektstørrelse og kontraktstørrelse er derfor ikke så merkelig.

En annen bemerkelsesverdig observasjon som er blitt gjort gjennom dokumentstudiet, er at det ikke ser ut som om byggetiden på et prosjekt økes lineært med bruttoareal. Det økes til et visst nivå, før det stagnerer. Se Figur 7. I denne oppgaven er det ikke blitt undersøkt nok

prosjekter til at kravet om systematisk utvalg tilfredsstilles, men observasjonen er gjort basert på de dataene som har vært tilgjengelig. Årsaken til dette kan ha sammenheng med at jo større prosjektene er, desto mer innsatsfaktorer blir benyttet. Hvis det bygges en skole til 800 elever er det kanskje viktigere for BH å få skolen ferdig enn en annen skolen som bygges samtidig som kun skal romme 100 elever. Det kan være dyrt å omplassere elever til midlertidige løsninger samtidig som ny skole bygges. Derfor kan det være av interesse å få den store skolen ferdig enn den mindre siden det er lettere å finne midlertidig skolelokaler til 100 elever enn til 800 elever. En annen årsak til at de store prosjektene tar litt kortere tid å bygge er at BH muligens prioriterer disse for å passe på at kostnadene ikke øker på grunn av utsettelse. Det kan være billigere for BH at et lite prosjekt tar en måned lengre enn om det store prosjektet tar en måned lengre.

5.2 Forbedringspotensial

Under vil det bli presentert ulike tiltak og løsninger som kan være med på å optimalisere byggetiden i et MT-prosjekt. Løsningene vil også bli vurdert opp mot lean som en standard for et gunstig prosjekt. Her vil spesielt løsninger som påvirker de viktigste parameterne i lean, flyt, sløst og verdiskapning bli vektlagt. Løsningene er basert på diskusjoner med intervjupersonene i denne oppgaven.

En måte å optimalisere fremdriftsplanleggingen på, er å liste opp alle aktivitetene som må til for at et bygg skal bli ferdig. Neste steg blir å organisere aktivitetene i et nettverk der alle aktivitetene som er avhengig av hverandre kommer tydelig frem. Antall dager som trengs for hver aktivitet må defineres og komme tydelig frem i nettverket. Det er mulig å lage en mal på ett slikt nettverk som man kan ta utgangspunkt i ved ethvert nytt prosjekt. Alle prosjekter er like på sitt vis i at alle har tømmerarbeid, elektriker og rørlegger. Legges de aktivitetene som forekommer oftest inn i malen, så kan man heller legge til de spesielle aktivitetene for det prosjektet det gjelder inn i malen etterpå. Når nettverket er ferdig tegnet med alle aktuelle aktiviteter, kan man peke ut den kritiske veien. Den kritiske veien representerer den rekken med avhengige aktiviteter som tar lengst tid. Den kritiske veien kan nå brukes for å vise hvilke aktiviteter som er viktigst for at man skal klare å holde tidsskjema. Et annet område den kritiske veien kan identifisere er hvor lang tid man faktisk vil trenge til å sette opp bygget. Denne måten å planlegge på kan erstatte bakoverplanleggingen. Nå ser entreprenøren hvor mange måneder det faktisk vil ta å bygge, i stedet for at man bruker all tid som er tilgjengelig

for prosjektet. Forhåpentligvis vil dette hente ut potensialet i MT bedre da det kan gi kortere byggetid, og antageligvis vil det også medføre lavere byggekostnad.

Det er nødvendig at det planlegges annerledes for å få utnyttet det fulle potensialet til MT. Man må identifisere grensesnittene i MT og planene må ta hensyn til dem. Det er viktig å forstå at tegningene og prosjekteringen gjort for et betongbygg ikke kan bygges identisk med bærende konstruksjon i MT. De utfordringene MT kommer med tilknyttet akustikk- og brannkrav gjør at man må tenke nytt. Tre oppfører seg annerledes enn betong og må dermed ha andre type løsninger. I dag er en mye brukt løsning at det gipses utenpå MT-elementene for å nå brannkravene. Det er viktig å ikke glemme at tre er et hygroskopisk materiale som lever. Det betyr at det allerede i fasen for skisseprosjekt må tenkes på om bygget som skal settes opp vil egne seg til å kunne ha de funksjonene som BH ønsker. MT-eksperten nevner at det er viktig at det lages et konsept for bygget allerede før arkitekt kontraheres for at resultatet skal bli best mulig. BH og entreprenør må sammen bli enig om hva som forventes av bygget, nøyaktig hva det ønskes å bygge, hvilke tekniske løsninger bygget trenger og hvordan de tekniske løsningene skal utføres. Klarer man det allerede i tidlig fase av prosjektet, er man på god vei mot å lykkes.

Klarer man å lage en god standard for erfaringsoverføring mellom prosjekter, kan det være med på å videreutvikle løsningene for MT. En stor fordel hadde vært om man klarte å komme så langt at det ble oppdaget gode løsninger som kan utvikles til å bli preaksepterte løsninger for MT. Etter hvert prosjekt er ferdig bør det lages en rapport som inneholder hva som gikk bra og hva som ikke gikk så bra på prosjektet. Det bør også bli tatt en evaluering etter ett års tid med brukerne av bygget for å høre hvilke løsninger som har fungert bra og hvilke som ikke har fungert like bra. Før starten på et nytt prosjekt i MT bør det være obligatorisk å lese gamle rapporter fra andre tilsvarende prosjekter. Hensikten er at dette skal hjelpe med å videreutvikle løsningene for MT, og at det skal legges til rette for å lære av andres erfaringer. Det er en tidkrevende løsning som gir ekstra arbeid både i forkant og i etterkant av prosjektene. Likevel kan det bidra med å videreutvikle kunnskapen om bruk av MT i prosjekter.

Et annet eksempel på forbedringsområder som finnes i MT er muligheten for taktplanlegging. Når planene til tekniske fag skal lages må man tenke på det som et tog. Hvor mange vogner

har man? Når man vet dette, kan man dele bygget inn i soner. På denne måten tilpasser man omfanget til planen og ikke motsatt. MT kan være bedre egnet for taktplanlegging siden de aller fleste utsparingene kommer med elementet. Dermed slipper man aktivitetene som omhandler kjerneboring av utsparinger som man har i betongprosjekter. Det vil bli enklere å få til en god flyt med alle fag siden man slipper å risikere at flyten stoppes av feilbora hull.

Monteringen av MT kan minne om å bygge med byggeklosser. Figur 9 viser et eksempel på hvordan det kan se ut når MT monteres. Når en etasje er ferdig montert, skal konstruksjonen være trygg å gå under. Dette kan utnyttes ved å gå inn å begynne arbeidet i den første etasjen mens resten av etasjene monteres. Dette er ikke mulig i betong, da elementer er fem ganger så tunge og derfor kreves det flere dekker mellom der det monteres elementer og der mennesker kan ferdes. I MT har man derfor mulighet for å starte innvendige arbeider litt raskere etter montasje enn det man har i betongbygg.



Figur 9: Montasje av MT. Bilde er fra Backe Vestfold Telemark AS og Spinn Arkitekter AS v/James Dodson

I følge lean finnes det syv former for sløs: Overproduksjon, venting, transport, overprosessering, lagerbeholdning, bevegelse og feil. Fordelen med MT er at dersom det blir

løst på rett måte kan det minimere sløs på et prosjekt. De områdene med størst forbedringspotensial er transport, lagerbeholdning, bevegelse og feil. MT krever mindre transport av elementene til byggeplass. Årsaken er at MT veier en femtedel av betong. Det betyr at det kan lastes flere elementer på hver lastebil før maksimal vekt tillatt er nådd, som igjen medfører færre lastebiler til byggeplass. Dette i kombinasjon med at elementene blir levert etter JiT-prinsippet, minimerer behov for lager. Mindre lager betyr at kostnadene reduseres og det sløses ikke med at elementene flyttes først på lager etterfulgt av at de flyttes tilbake for å monteres på byggeplass. En annen fordel er at feil som gjøres kan minimeres da utsparingene på MT-elementene lages på fabrikk. Entreprenører forteller at kjerneboring av utsparinger i betongelementer kan ta lengre tid, da det krever en kontroll av markert område opp mot tegning for å sikre at utsparingen kommer på riktig sted. Erfaringsvis forteller entreprenør at det oftere forekommer feil når utsparingene gjøres på byggeplass, enn om de lages på fabrikk.

6 KONKLUSJON

I dette kapittelet blir en oppsummering av de viktigste funnene som er blitt gjort for å besvare problemstillingen presentert. Konklusjonen vil ha grunnlag i resultat- og diskusjonskapittelet.

Problemstillingen er:

Hvilke fremdriftsmessige konsekvenser har valg av bærende konstruksjon i massivtre, sammenliknet med prosjekter i stål og betong?

På basis av intervjuene som er blitt gjennomført og dokumentstudiet av fremdriftsplaner er det grunn til å si at det er ikke noen betydelige forskjeller mellom måten det prosjekteres eller fremdriftplanlegges på i et prosjekt med bærende konstruksjon i MT, sammenliknet med et prosjekt i stål og betong. Dette ser det ut til å være tre hovedårsaker til:

1. Mangel på erfaring –å bygge i MT er enda relativt nytt og det medfører manglende erfaring i å bygge på denne måten. Erfaringsoverføringene mellom prosjektene er ikke gode nok enda, og det er vanskelig å lære av andre sine feil.
2. Endringsmotstand – det er vanskelig å endre atferdsmønster hos de som arbeider på prosjektene. Problemer blir løst på samme måte som alltid, fordi det er denne måten som er innarbeidet hos arbeiderne.
3. Nyskapning – bruk av MT gir et behov for spesielle løsninger som ikke er like i betong. Det betyr at det må tørres å tenke nytt og utforske løsninger tilpasset MT.

Bruken av MT som bærende konstruksjon i prosjekter krever at det tenkes nytt og utenfor boksen for at det fulle potensialet skal kunne hentes ut. Klarer prosjektorganisasjonen å beskrive et konsept allerede i fasen skisseprosjekt, vil entreprenør kunne gjennomføre prosjektet på en bedre måte. Erfaringer med egne montaselag og nye løsninger tilpasset MT vil også være med på å gi kortere byggetid i prosjektene dersom det tilrettelegges for dette. Klarer ikke byggenæringen å omstille seg og tenke nytt så er det ikke sikkert om MT er den beste løsningen på dagens klimakrise.

7 VIDERE FORSKNING

I dette kapittelet vil muligheten for videre forskning på problemstillingen og tema som ikke har blitt belyst i denne oppgaven bli presentert.

Underveis i arbeidet med masteroppgaven ble det avdekket en del uforventede tematikker. På grunn av begrenset med tid til å gjennomføre oppgaven ble det ikke mulighet for å utforske disse temaene ytterligere. Det er likevel spennende områder som det burde blitt forsket mer på. Et av disse områdene er tilknyttet bemanningsbehovene på prosjekter. IP1 bemerker at i MT er det enklere å installere tekniske installasjoner som følge av at det er festemiddel overalt i treverket. Likevel ser man ikke noe effekt av at prosjektene fullføres raskere. En effekt kan derimot være at bemanningsbehovet på prosjektene reduseres. Det hadde dermed vært interessant å kartlegge hvor mange som arbeider på prosjekter i MT og sammenlignet dem opp mot prosjekter i betong.

I denne oppgaven er det blitt fokusert mest på gjennomføringen av prosjekter i MT. En like viktig del av et prosjekt er det som skjer før gjennomføringen, nemlig prosjekteringen. I denne oppgaven er det hovedsakelig blitt intervjuet entreprenør. For å belyse prosjekteringsfasen av et MT-prosjekt så hadde det vært spennende å intervjuere rådgivere og BH for å kartlegge deres meninger om bruken av MT i prosjekter.

Det hadde vært ønskelig å få BH kommentar på hvorfor forholdet mellom tiden det brukes på et prosjekt og størrelsen på prosjektet ikke er lineært. I diskusjonskapittelet i denne oppgaven er det forsøkt å drøfte hvorfor det er tilfellet. Videre forskning på dette i kombinasjon med data fra flere prosjekter hadde vært spennende å studere. Dette kan kombineres med å kartlegge om MT-prosjektene faktisk bygges raskere eller ikke.

Et annet spennende tema er hvorvidt det å bygge i MT gir et større behov for logistikk på byggeplass eller ikke. Her vil det nok være noe variasjon om det velges å sammenligne MT med plasstøpt betong eller prefabrikkerte betongelementer. Det hadde vært interessant å se på om det er lettere å organisere levering av MT fra fabrikk i Norge eller fra Europa. Kreves det mer eller mindre planlegging når elementene blir levert direkte til byggeplass? Medfører det bedre flyt og mindre stans i produksjonen?

Det har ikke blitt benyttet observasjonsstudier i denne oppgaven. Grunnen til det er først og fremst tidsbegrensninger. Det hadde likevel vært spennende å få delta i byggemøter, prosjekteringsmøter og planleggingsmøter for både prosjekter i MT og betong. Dette kunne gitt enda en vinkling på om det er noen forskjeller i måten det prosjekteres og planlegges på. Kanskje konsekvensene av det å bruke MT hadde kommet enda tydeligere frem da? Utfordringen med denne bruken av observasjonsstudier er at det kan ta lang tid mellom prosjekteringsmøtene, og til byggemøtene avholdes i et prosjekt. Det kan være vanskelig å få til at samme prosjekt følges i alle fasene dersom det skal studeres i en masteroppgave.

8 REFERANSER

- Andersen, G. (2020). *Dokumentstudier*. Tilgjengelig fra:
<https://ndla.no/nb/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:2:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:2:b3fbb969-5f03-44d9-8aca-8b77416e72bf/resource:e7481494-1b9a-4919-ba01-47e191b7903c>
(lest 17.03.2022).
- Bergly, G. & Ytreberg, A. K. (2019). *Innlegg: Offentlige byggherrer må stille strengere miljøkrav*. Bygg.no. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/innlegg-offentlige-byggherrer-ma-stille-strengere-miljokrav/1388859/> (lest 31.03.2022).
- Braut, S. G. & Dahlum, S. (2021). *Regresjonsanalyse i Store norske leksikon*. snl.no. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/regresjonsanalyse> (lest 08.05.2022).
- Bugge, L. (2016). *Bruk av tre i offentlige bygg*. Rapport fra Asplan Viak. Tilgjengelig fra: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/bruk-av-tre-i-offentlige-bygg> (lest 01.02.2022).
- Dalland, O. (2020). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 7. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- dibk. (2022). *Vedlegg 3.2. Prosjekteringsprosessen*. dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet (lest 27.04.2022).
- Friquin, K. L. & Denstad, D. (2020). *Trygt å bruke massivtre i bærekonstruksjoner*. SINTEF. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/trygt-a-bruke-massivtre-i-barekonstruksjoner/> (lest 27.04.2022).
- Høiby, H. (2021). *Økte byggekostnader*. ssb.no. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/artikler-og-publikasjoner/okte-byggekostnader> (lest 08.05.2022).
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean construction : forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforl.
- Kerzner, H. (1998). *Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 6. utg. New York: Wiley.
- Kolltveit, B. J., Lereim, J. & Reve, T. (2009). *Prosjekt : strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*. 3. utg. Oslo: Universitetsforl.
- Kristensen, K. H. (2016). *LEAN I BYGGEPROSJEKT*. Veileder av WSP for BA2015. Tilgjengelig fra: <http://v1.prosjektnorge.no/files/ba2015/lean.pdf> (lest 01.02.2022).
- Leigland, L. E. (2021). *FNs klimarapport: En alarm for menneskeheten*. fn.no. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/nyheter/fns-klimarapport-en-alarm-for-menneskeheten> (lest 15.04.2022).

- Lier, B. & Aasheim, P. A. (2020). *Markedsanalyse KL-tre markedet i Norge 2020-2030*.
Tilgjengelig fra:
<https://www.viken.skog.no/files/documents/brosjyrer/markedsanalyse-230120.pdf>
(lest 07.05.2022).
- Lohne, J., Torp, O., Andersen, B., Aslesen, S., Bygballe, L., Bolviken, T., Drevland, F.,
Engebo, A., Fosse, R., Holm, H. T., et al. (2021). The emergence of lean construction
in the Norwegian AEC industry. *Construction Management and Economics*.
Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1080/01446193.2021.1975041>. doi:
10.1080/01446193.2021.1975041 (lest 01.02.2022).
- McKay, D. R. & Peters, D. A. (2015). What is 'Lean'? An overview and its emerging role in
health care. *Plast Surg (Oakv)*, 23 (2): 116-118. doi: 10.1177/229255031502300215.
- Modig, N. & Åhlström, P. (2016). *Dette er Lean*. 1. utg. Stockholm: Rheologica Publ.
- Molvik, S. (2021). *Vi må tenke nytt om miljø*. Bygg.no: Byggeindustrien. Tilgjengelig fra:
<https://www.bygg.no/vi-ma-tenke-nytt-om-miljo/1456389/> (lest 15.04.2022).
- Nasjonalbiblioteket. (2015). *NB N-gram*. Tilgjengelig fra:
http://www.nb.no/sp_tjenester/beta/ngram_1/ (lest 24.04.2022).
- Nyeng, F. (2007). *Vitenskapsteori for økonomer*. 3. utg. Oslo: Abstrakt forl.
- Rambøll. (2012). *Analyse av dagens offentlige bygg i Norge*. Tilgjengelig fra:
https://no.ramboll.com/-/media/files/rno/nyheter/sluttrapport_analysen-av-bruk-av-tre-i-offentlige-bygg-i-norge.pdf?la=no (lest 31.03.2022).
- Splitkon. (2021). *FDV Splitkon krysslimt tre*. Tilgjengelig fra: <https://splitkon.no/wp-content/uploads/2021/05/fdv-splitkon-krysslimt-tre.pdf> (lest 30.03.2022).
- Splitkon. (2022a). *Enorme fordeler med massivtre*. Tilgjengelig fra:
<https://splitkon.no/massivtre/enorme-fordeler-med-massivtre/> (lest 30.03.2022).
- Splitkon. (2022b). *Produksjon av massivtre*. Tilgjengelig fra:
<https://splitkon.no/massivtre/hvordan-produseres-massivtre/> (lest 30.03.2022).
- Statsbygg. (2013). *Tre for bygg og bygg i tre: Kunnskapsgrunnlag for økt bruk av tre i offentlige bygg*: Statsbygg. Tilgjengelig fra:
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/tre-for-bygg-og-bygg-i-tre/id721773/> (lest 01.02.2022).
- Thue, J. V. (2019). *FDV*. snl.no: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/FDV>
(lest 04.05.2022).
- Westhagen, H., Faafeng, O., Hoff, K. G., Kjeldsen, T. & Røine, E. (2012). *Prosjektarbeid : utviklings- og endringskompetanse*. 6. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.

Aarstad, J., Glasø, G. & Bunkholt, A. (2008). *Massivtre*. Fokus på tre nr.20. Tilgjengelig fra:
<https://www.treteknisk.no/publikasjoner/fokus-pa-tre/20--massivtre> (lest 01.02.2022).

Aasheim, E., Kleven, B., Sund, H., Jakobsen, B., Skaar, S., Kirkegaard, K. H., Landrø, H.,
Bunkholt, A., Glasø, G. & Aarstad, J. (2006). *Bygge med massivtreelementer*. Oslo:
Norsk Treteknisk Institutt.

9 VEDLEGG

Vedlegg A: Intervjuguide

Problemstilling som skal besvares:

Hvilke fremdriftsmessige konsekvenser har valg av bærende konstruksjon i massivtre, sammenliknet med prosjekter i stål og betong?

MT = massivtre

1. Generelt om intervjupersonen

- Navn, hvor jobber du, stilling?
- Hvor mange års erfaring har du i bransjen?
- Hva er dine ansvarsområder, typiske roller?
- Har du vært på andre MT-prosjekter før?
- Har du jobbet på prosjekt både med bærende konstruksjon i MT og bærende konstruksjon i betong? Hvis ja, merker du noen betydelige forskjeller mellom de to (flyt, verdiskapning, sløs)?

2. Prosjektinfo

- Entreprenør
- Byggherre
- Arkitekt
- Adresse
- Hva skal bygges?
- Byggestart og ferdigstillelse
- Hvilken entreprisform er benyttet på prosjektet?
- Bæresystem, energikrav, miljøklassifiseringer, etasjer, kvadratmeter på prosjektet?

3. Prosjekt med bærende konstruksjon i massivtre

- Hvilken leverandør benyttet dere av MT-elementene?

- Hvilket land er elementene produsert i? Og leveres elementene direkte fra denne fabrikk?
- Hvorfor er det benyttet bærekonstruksjon i MT og hvem bestemte at det skulle være i MT?
- Når i prosjektet ble det bestemt at prosjektet skulle være ha bærende konstruksjon i MT?
- Ble det vurdert bruk av MT i kombinasjon med konstruksjon i et annet materiale (f.eks. betong+stål)?
- Har det vært vurdert å bytte material i bærekonstruksjonen fra MT til stål/prefab betong eller motsatt?
- Har antall avviksmeldinger/byggefeil endret seg med at bygget er i MT?
- Hvilke fag vil påvirkes mest av at et prosjekt er i MT?

4. Entreprenørens erfaringer fra prosjektet

- Når ble dere (entreprenør) involvert i prosjektet?
- Har du fått noen tilbakemeldinger fra underentreprenører/installatører om deres erfaringer fra prosjektet? Har de gode erfaringer med det? Eller er MT enda såpass nytt at det byr på utfordringer? (mindre sykemeldinger?)
- Er samarbeidet med prosjekteringsleder annerledes i massivtreprosjekter enn i andre prosjekter? I så fall, på hvilken måte?
- Er det noe du ville gjort annerledes om du kunne gjennomført prosjektet på ny?

5. Prosjektering og kontrahering

- Er kontraheringen av et prosjekt i MT litt mer lik en IPD (integrated project delivery), hvor man kontraherer mye tidligere enn normalt?
- Når i prosessen ble underentreprenørene kontrahert? Er dette en standard, eller var det spesielt for dette prosjektet? Og hva fikk dette å si for fremdriften i prosjekteringen?
- Hvor kom entreprenør inn i prosjekteringsfasen (skisse-, for-, detaljprosjekt)?
- Ble prosjekteringsprosessen organisert annerledes for dette prosjektet enn for andre prosjekter? Hvis ja, på hvilken måte og hvorfor?
- Hva er dine erfaringer med å organisere prosjekteringsprosessen for massivtreprosjekt

slik den har blitt gjort her? Hva synes du har fungert bra, og hva har fungert mindre bra (i prosjektering, og gjennomføringsfasen)?

- Hvordan har tid - og ressursbruken på prosjektet vært? (Prosjektering, Admin, Gjennomføring)
- Hvordan har samarbeidet med rådgiverne vært? Har det bydd på noen utfordringer at prosjektet er i MT?
- Hvor lang tid brukte dere på prosjektering? Er dette lengre/kortere enn normalt?
- Ble det definert en frist for når prosjekteringen skulle være helt ferdig?
- Og i så fall, hva har dette hatt å si for fremdriften i prosjektet? Har man klart å holde seg til denne fristen? Eller har det gått ut over kvaliteten/nøyaktigheten til planene?

6. Fremdriftsplanlegging

- Hvilke konsekvenser fikk valg av MT som bærende konstruksjon for fremdriftsplanleggingen og måten prosjekteringen ble gjennomført på?
- Har dere lagt inn slakk i fremdriftsplanene fra starten av? Hvordan løser dere dette? Og hvor legges den inn?
- Bruker man kortere tid til tett bygg i MT enn i betongbygg?
- Med tanke på flyt i prosjektet, er det noen prosesser som er mer komplekse, lettere å koordinere, går noe raskere?
- Har det vært mye forsinkelser, og i så fall, hvordan har det vært å hente disse inn igjen?
- Hvilke verktøy benyttet dere i fremdriftsplanleggingen til prosjektet?
- Brukes de samme verktøyene i alle typer prosjekter eller er dette særegent for prosjekt i MT?
- Hadde dere noen utfordringer knyttet til bruken av verktøyet?
- Hvor ofte har dere møter for å oppdatere fremdriftsplanen?
- Har dere benyttet taktplanlegging?
- Er det noen forskjeller på hvor ofte dere holder møter eller samles i prosjekteringsfasen (Samhandler) i MT-prosjekter og prosjekter i betong?
- Hvilken rolle har BIM hatt i prosjektet?

7. Lean

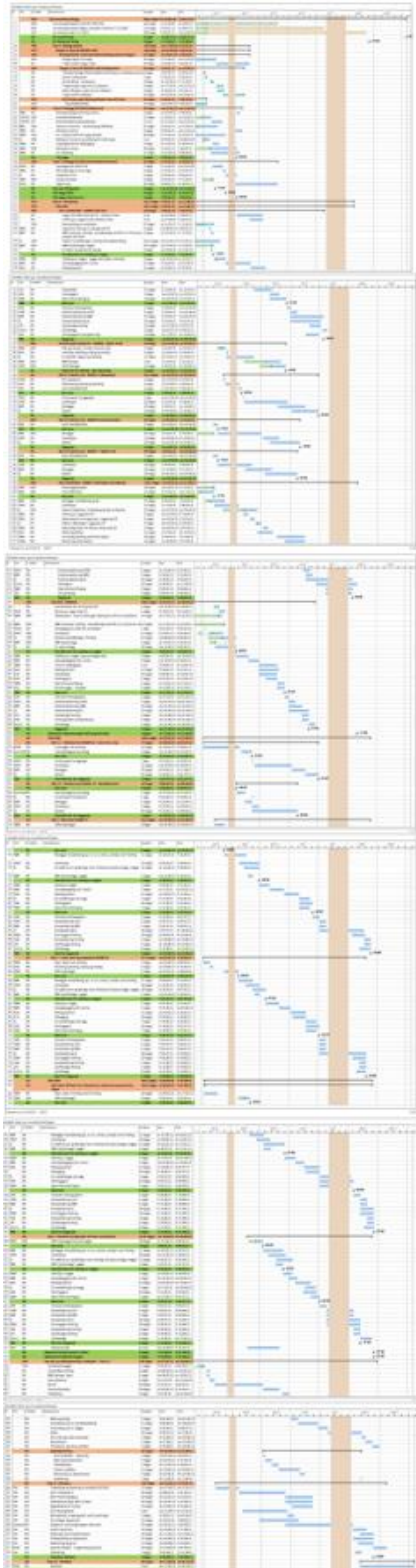
- Er Lean eller Lean construction et kjent begrep?
- Er dette et verktøy dere bruker i prosjekter?
- Hvordan vil du definere Lean for din bedrift?
- Hvordan har Lean påvirket dette prosjektet?

8. Annet

- Hvilke forskjeller er det for hvordan rigg og byggeplasslogistikk organiseres?
- Organiseres innkjøp og bestillinger ulikt for prosjekter i MT enn prosjekter i betong?
- Er det andre forskjeller mellom et prosjekt i betong og MT du vil trekke frem eller som du ser kan dukke opp (både projektering og gjennomføring)?
- Ønsker du å lede flere prosjekter i MT i fremtiden?
- Til slutt; er det noe du vil nevne som ikke har blitt tatt opp her som du ser på som viktig for å besvare problemstillingen på best mulig måte?

Vedlegg B: Eksempel på en fremdriftsplan

Under er et eksempel på hvordan en fremdriftsplan som er benyttet i dokumentstudiet kan se ut. Hensikten med figuren er å vise inndeling og omfang av aktiviteter og tilhørende gantt-diagram. Figuren viser lengden på en gjennomsnittlig fremdriftsplan som har blitt studert i dokumentstudiet.





Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway