

Torstein Ulla Pedersen

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

Torstein Ulla Pedersen

Last Planner i norsk byggenæring

Implementering og tilgang på digitale verktøy

Juni 2020



Last Planner i norsk byggenæring

Implementering og tilgang på digitale verktøy

Torstein Ulla Pedersen

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2020

Hovedveileder: Frode Drevland

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg - og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven avslutter min mastergrad innen prosjektledelse ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven er skrevet våren 2020 og tilsvarer 30 studiepoeng. Arbeidet er basert på en prosjektoppgave fra høsten 2019, som jeg skrev i emnet TBA 4531 – Prosjektledelse, fordypningsprosjekt.

Denne oppgaven handler om implementering av the Last Planner System og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring. Oppgavevalget er basert på min store interesse for både digitale verktøy og planlegging av byggeprosjekter.

I forkant av en sommerjobb for Skanska Norge, tok jeg kontakt med Roar Fosse (Avdelingssjef, BIM og VDC, Skanska Norge) og spurte om aktuelle tema som det var mulig å skrive masteroppgave om. Roar introduserte meg for ulike digitale verktøy som understøtter LPS og som benyttes i den norske byggenæringen. På dette tidspunktet hadde jeg lite kunnskap om LPS, men jeg ble inspirert til å lære om hva LPS er og hvordan metodikken praktiseres i Norge. Jeg tror at digitale verktøy kan forbedre den norske byggenæringen, og dette motiverte meg til å skrive om digitale verktøy som understøtter LPS.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min veileder Frode Drevland (førsteamanuensis ved institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU), for å ha hjulpet meg gjennom høsten 2019 og våren 2020 med konstruktive tilbakemeldinger og god veiledning. Roar Fosse fortjener også en stor takk for å ha introdusert meg for oppgavens tematikk, i tillegg til å ha bidratt med råd og oppfølging underveis i prosessen. Jeg ønsker også å takke alle andre bidragsyttere til oppgaven som har deltatt på intervjuer eller svart på andre henvendelser. Jeg setter stor pris på at så mange har prioritert å hjelpe meg med oppgaven min.

Avslutningsvis ønsker jeg å takke til min bror og medstudent, Asgeir, for å ha vært en god faglig støttespiller og venn gjennom studietiden. Til slutt vil jeg takke min kone, Maria, som alltid er der for meg, spesielt i masteroppgavens avsluttende fase.

Trondheim, juni 2020



Torstein Ulla Pedersen

Sammendrag

Ulike funn tilsier at byggenæringen har lav produktiviteten og en negativ produktivitetsutvikling. The Last Planner System (LPS) har blitt benyttet i den norske byggenæringen i mange år og er en mulig løsning på denne negative utviklingen. LPS kan betraktes som en planleggingsmetodikk, et produksjonskontrollsystem eller en Lean-metode. Hovedformålet til LPS er å redusere variabiliteten i byggeprosjekter. I tillegg forsøker LPS å konkretisere hvordan byggeprosjekter kan styre mot sine mål, slik at kundeverdien forbedres. Den norske byggenæringen har vist interesse for digitale verktøy som understøtter LPS. Likevel, når bedrifter implementerer LPS, brukes ikke slike verktøy i de fleste tilfeller.

I dag finnes det ingen studier som presenterer en samlet oversikt over implementering av LPS i den norske byggenæringen. Det finnes heller ingen studier som viser tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS i næringen. Basert på denne bakgrunnsinformasjonen, forsøker masteroppgaven å besvare følgende problemstilling: *Hva er status for implementering av the Last Planner System og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring?* Oppgaven besvarer tre forskningsspørsmål:

1. Hva er the Last Planner System?
2. I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?
3. I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?

En kvalitativ scoping litteraturstudie, kvalitative intervjuer og en kvalitativ dokumentanalyse er forskningsmetodene som brukes i denne oppgaven. Intervjuene var med 11 forskjellige personer som representerer fem norske entreprenørbedrifter.

Funn i litteraturstudien etablerer seks hoveddeler for LPS. Hoveddelene er *planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utviklingsplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll, og målinger og læring*. Videre etablerer masteroppgaven to modenhetsmodeller, basert på de seks hoveddelene. Den første modenhetsmodellen kan vurdere implementering av LPS for bedrifter i den norske byggenæringen. Den andre modenhetsmodellen kan vurdere bedriftene sin tilgang på digitale verktøy som understøtter metodikken.

Bedriftene som betraktes som ledende på LPS i den norske byggenæringen, implementerer bare utvalgte deler av systemet. De samme bedriftene bruker LPS mest aktivt i produksjon. Oppgavens resultater tyder på at flere bedrifter i byggenæringen ikke har oversikt over hele LPS. Dette kan være en av årsakene til at så få bedrifter implementerer hele systemet. Blant bedriftene som representerer toppnivået for bruk av LPS i næringen, benyttes noen hoveddeler mer enn andre. Planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utviklingsplanlegging og forpliktende planlegging er mest utbredt, særlig i produksjon. Flere av de samme bedriftene bruker også faseplanlegging i prosjektering.

De fleste digitale verktøyene som er tilgjengelig i den norske byggenæringen, understøtter bare noen av hoveddelene til LPS. Aktører i næringen ser et behov for integrerte, digitale verktøy som understøtter hele systemet, men resultatene tyder på at få bedrifter har tilgang på dette. Resultatene viser at digitale verktøy legger til rette for kontroll, og målinger og læring. Derimot kan faseplanlegging implementeres uten digitale verktøy.

Abstract

Different findings show that the architecture, engineering, and construction (AEC) industry has low productivity, and productivity decreases. The Last Planner System (LPS) has been used in the Norwegian AEC industry for several years and is a possible solution for this negative trend. LPS can be viewed as a planning methodology, a production control system, or a Lean method. The primary purpose of LPS is to reduce the variability in construction projects. Besides, LPS also tries to specify how to manage construction projects into specific goals. This specification enables increased value for the customer. The Norwegian AEC industry has shown interest in digital tools that support the implementation of LPS. Still, when firms implement LPS, digital tools are not used in most cases.

Today there are no studies that present an overview of the implementation of LPS in the Norwegian AEC industry. There are neither studies that show access to digital tools that support LPS in the industry. Based on this background information, this master thesis tries to answer the following question: *What is the status of implementation of the Last Planner System and the access of digital tools that support the methodology in the Norwegian AEC industry?* This thesis answers three research questions:

1. What is the Last Planner System?
2. To what extent is the Last Planner System implemented in the Norwegian AEC industry?
3. To what extent is digital tools that support the Last Planner System available in the Norwegian AEC industry?

A qualitative scoping literature review, qualitative interviews, and document analysis are the research methods used in this thesis. The interviews were with 11 different persons that represent five Norwegian contractors.

The findings in the literature review establish six main parts of LPS. The main parts are *master planning, phase planning, make-ready planning, commitment planning, control, and measurements and learning*. Furthermore, the thesis establishes two maturity models based on the six parts. The first maturity model can evaluate the implementation of LPS of firms in the Norwegian AEC industry. The second maturity model can evaluate the firm's access to digital tools that support the methodology.

The firms considered top-level on LPS in the Norwegian AEC industry only implement selected parts of the system. The same firms use LPS more in site production than in the design phase. Results in this thesis indicate that several firms in the AEC industry don't have an overview of all parts of LPS. This situation could be one of the reasons why so few firms implement the whole system. Among the firms representing the top-level of the use of LPS in the industry, some main parts are more used than others. Master planning, phase planning, make-ready planning, and commitment planning is mostly used, especially in site production. Some of the same firms also use phase planning in the design phase.

Most of the available digital tools in the Norwegian AEC industry support only some of the main parts of LPS. Persons in the industry claim a need for integrated digital tools that support the system, but the results indicated few firms have access to this. The results show that digital tools support control, and measurements and learning. However, phase planning can be implemented without digital tools.

Innholdsfortegnelse

FORORD.....	I
SAMMENDRAG.....	III
ABSTRACT.....	V
INNHOLDSFORTEGNELSE.....	VII
FIGURLISTE.....	IX
TABELLISTE.....	X
FORKORTELSER.....	XI
1 INTRODUKSJON.....	1
1.1 BAKGRUNN.....	1
1.2 PROBLEMSTILLING OG FORSKNINGSSPØRSMÅL.....	2
1.3 AVGRENSNINGER.....	3
1.4 LESERVEILEDNING.....	3
2 METODE.....	5
2.1 FORSKNINGSMETODER.....	5
2.2 METODEVALG.....	7
2.3 GJENNOMFØRING.....	11
2.4 DATAANALYSE.....	17
2.5 RELABILITET OG VALIDITET.....	20
3 TEORI.....	21
3.1 SENTRALE BEGREPER INNEN PRODUKSJONSTEORI.....	21
3.2 SLØSING.....	23
3.3 TRANSFORMASJON, FLYT OG VERDI.....	24
3.4 VARIABILITET OG BUFFERE.....	24
3.5 TAKT.....	25
3.6 FORBEDRING AV FLYTPROSESSER.....	26
3.7 REDUSERE SYKLUSTID.....	27
3.8 VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION.....	28
4 RESULTATER.....	31
4.1 THE LAST PLANNER SYSTEM.....	31
4.2 PRINSIPPER, FUNKSJONER, METODER OG VERKTØY.....	34
4.3 MODENHETSMODELLER.....	39
4.4 MODENHETSVURDERING.....	42
4.5 SAMLET VURDERING AV MODENHET.....	59
4.6 MODENHETSINDEKS.....	62
4.7 INTERVJUOBSERVASJONER OM NORSKE ENTREPRENØRER OG THE LAST PLANNER SYSTEM.....	64

4.8 NORSKE ENTREPRENØRER SITT SYN PÅ THE LAST PLANNER SYSTEM	65
4.9 OPPSUMMERING AV RESULTATER	65
5 DISKUSJON	67
5.1 HVA ER THE LAST PLANNER SYSTEM?	67
5.2 I HVILKEN GRAD BLIR THE LAST PLANNER SYSTEM IMPLEMENTERT I NORSK BYGGENÆRING?	68
5.3 I HVILKEN GRAD ER DIGITALE VERKTØY SOM UNDERSTØTTER THE LAST PLANNER SYSTEM TILGJENGELIG I NORSK BYGGENÆRING?.....	71
6 KONKLUSJON	75
6.1 HVA ER THE LAST PLANNER SYSTEM?	75
6.2 I HVILKEN GRAD BLIR THE LAST PLANNER SYSTEM IMPLEMENTERT I NORSK BYGGENÆRING?	75
6.3 I HVILKEN GRAD ER DIGITALE VERKTØY SOM UNDERSTØTTER THE LAST PLANNER SYSTEM TILGJENGELIG I NORSK BYGGENÆRING?.....	76
6.4 OPPSUMMERING AV KONKLUSJON	77
6.5 VIDERE ARBEID	77
REFERANSELISTE	79
VEDLEGG A – INTERVJUGUIDE	83
VEDLEGG B – STØTTEDOKUMENT TIL INTERVJUGUIDE.....	85

Figurliste

Figur 1: Sammenhengen mellom reliabilitet og validitet (Engebø, 2019).	7
Figur 2: Push og pull (Hopp og Spearman, 2011, s. 357).	23
Figur 3: Taktplan (Vatne og Drevland, 2016).	26
Figur 4: Helheten til LPS (Ballard, 2000, s. 3-15).	33
Figur 5: De fire plannivåene til LPS (Ballard, 2000; Ballard og Tommelein, 2016).	33
Figur 6: Pull-planlegging med post-it lapper (SKANSKA, u.å.).	36
Figur 7: Digital pull-planlegging (SKANSKA, u.å.).	37
Figur 8: Utkviksplan (Ballard, 2000, s. 9-5).	37
Figur 9: PPU-utviklingen til aktører i et byggeprosjekt (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009).	38
Figur 10: De seks hoveddelene til LPS.	40
Figur 11: ILM – Planlegging – Hovedfremdriftsplan.	44
Figur 12: ILM/DLM – Faseplanlegging – Prosjektering.	46
Figur 13: ILM/DLM – Faseplanlegging – Produksjon.	46
Figur 14: ILM/DLM – Utkviksplanlegging – Prosjektering.	49
Figur 15: ILM/DLM – Utkviksplanlegging – Produksjon.	49
Figur 16: ILM/DLM – Forpliktende planlegging – Prosjektering.	51
Figur 17: ILM/DLM – Forpliktende planlegging – Produksjon.	52
Figur 18: ILM/DLM – Kontroll – Prosjektering.	54
Figur 19: ILM/DLM – Kontroll – Produksjon.	54
Figur 20: ILM/DLM – Målinger og læring – Prosjektering.	56
Figur 21: ILM/DLM – Målinger og læring – Produksjon.	56
Figur 22: DLM – Integreert, digitalt verktøy.	58
Figur 23: ILM – Hoveddelene – Prosjektering.	59
Figur 24: ILM – Hoveddelene – Produksjon.	60
Figur 25: DLM – Hoveddelene – Prosjektering.	61
Figur 26: DLM – Hoveddelene – Produksjon.	61
Figur 27: Modenhetsindeks – De ulike hoveddelene – Prosjektering/produksjon.	63
Figur 28: Modenhetsindeks – Alle hoveddelene – Prosjektering/produksjon.	64
Figur 29: ILM/DLM – Alle resultater – Prosjektering/produksjon.	66

Tabelliste

Tabell 1: Forskningsspørsmål og benyttede metoder.....	8
Tabell 2: Benyttede søkemotorer i litteratursøk.....	11
Tabell 3: Søkeord, databaser og antall treff.....	12
Tabell 4: TONE-vurdering.....	13
Tabell 5: Intervjuobjektene.....	16
Tabell 6: ILM – Utkvikksplanlegging for prosjektering/produksjon.....	19
Tabell 7: Prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy for LPS (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009; Ballard og Tommelein, 2016).....	34
Tabell 8: ILM - Utkvikksplanlegging – Prosjektering/produksjon.....	41
Tabell 9: ILM – Planlegging av hovedfremdriftsplan.....	43
Tabell 10: ILM – Faseplanlegging – Prosjektering/produksjon.....	45
Tabell 11: DLM – Faseplanlegging – Prosjektering/produksjon.....	45
Tabell 12: ILM – Utkvikksplanlegging - Prosjektering/produksjon.....	48
Tabell 13: DLM – Utkvikksplanlegging – Prosjektering/produksjon.....	48
Tabell 14: ILM – Forpliktende planlegging – Prosjektering/produksjon.....	50
Tabell 15: DLM – Forpliktende planlegging – Prosjektering/produksjon.....	51
Tabell 16: ILM – Kontroll – Prosjektering/produksjon.....	53
Tabell 17: DLM – Kontroll – Prosjektering/produksjon.....	53
Tabell 18: ILM – Målinger og læring – Produksjon/prosjektering.....	55
Tabell 19: DLM – Målinger og læring – Produksjon/prosjektering.....	55
Tabell 20: DLM – Integrert, digitalt verktøy.....	58

Forkortelser

LPS = The Last Planner System

ILM = Implementering av LPS – Modenhet

DLM = Tilgang på Digitale verktøy som understøtter LPS – Modenhet

VDC = Virtual Design and Construction

PPU = Prosent Planlagt Utført

TMR = Tasks Made Ready

TA = Tasks Anticipated

MHE = Modenhet for hoveddel – Entreprenør

MAE = Modenhet for alle hoveddelene – Entreprenør

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Ulike funn tilsier at byggenæringen sliter med produktiviteten. I en artikkel fra SSB, kommer det frem at i årene mellom 2000 og 2016 har produktiviteten til den norske bygge- og anleggsvirksomheten falt med 10% (Todsén, 2018). I det samme tidsrommet har produktiviteten til privat sektor i Fastlands-Norge økt med 30%. Tidligere har forskere påpekt at byggenæringen har lav produktivitet, i tillegg til å henge bak andre næringer når det kommer til forbedring av effektivitet (Segerstedt *et al.*, 2010). Det kan tyde på at det er nødvendig med nye løsninger for å forbedre produktiviteten til byggenæringen.

Lean Construction-bevegelsen har bidratt med en rekke tiltak for å motvirke utfordringer i byggenæringen, som blant annet den stagnerende produktiviteten (Lean Construction Institute, u.å.). Lean er en ledelsesfilosofi som forsøker å øke kundeverdien og å redusere sløsing (Ballard og Tommelein, 2016). Kundeverdien økes når prosjektene leverer det som kunden trenger, innenfor gitte begrensninger i form av tid, kostnader og andre behov. Gjennom å både øke kundeverdien og å redusere sløsing kan kundens behov dekkes på et kortere tidsrom.

Nettverket Lean Construction Norge (u.å.) skriver at det mest betydningsfulle og konkrete hjelpemiddelet Lean Construction-bevegelsen har gitt så langt, er the Last Planner® System (LPS). Det fulle navnet til LPS er *The Last Planner System of Production Control* (Ballard, 2000). Produksjonskontroll betyr å styre mot et prosjekt sine mål innen sikkerhet, kvalitet, tid og kostnad (Ballard og Tommelein, 2016). LPS sørger for at prosjekter styrer mot de nevnte prosjektmålene, samtidig som sløsing reduseres og kundeverdien ivaretas. Dermed kan LPS betraktes som en Lean-metode.

LPS er et helhetlig produksjonskontrollsystem med formål om å redusere variabiliteten og usikkerheten til arbeidsflyten, slik at utførelsestiden i byggeprosjekter reduseres (Ballard og Howell, 2003; Tommelein, Riley og Howell, 1999). I tillegg til å kontrollere produksjon, fokuserer LPS også på planlegging (Ravi *et al.*, 2018). LPS har fire plannivåer: hovedfremdriftsplan, faseplaner, utkvikksplaner og ukeplaner/forpliktende planer (Ballard og Tommelein, 2016; Ballard, 2000; Richert, 2017). De fire plannivåene er understøttet av fem prinsipper som påvirker hvordan man tenker og handler, fem funksjoner som muliggjør prinsippene og en rekke metoder og verktøy som brukes til å benytte prinsippene og funksjonene i praksis (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009).

LPS har blitt brukt av norske entreprenører i mange år (Ravi *et al.*, 2018; Fosse og Ballard, 2016; Skinnarland, 2012). Veidekke Entreprenør og Skanska Norge er eksempler på to store, norske entreprenører som har LPS innebygd i sine styringssystemer (Ravi *et al.*, 2018). Den norske entreprenøren Kruse Smith gjennomførte pilotprosjekter allerede i 2008 med formål om å innføre en ny, LPS-basert planleggingsmetodikk (Skinnarland, 2010). LPS kan betraktes som en egen planleggingsmetodikk.

Digitalisering er også en mulig løsning på produktivetsproblemet i byggenæringen. I 2018 uttalte Sintef-direktør Morten Dalsmo at bygg- og anleggsnæringen kan tjene enorme summer hvis bransjen digitaliseres (Byggeindustrien, 2018). Videre sier Dalsmo at bransjen er lite digitalisert, men at det skjer ting og at det tas grep. Fulford og Standing (2014) skriver at byggenæringen ikke har klart å få maksimalt ut av utviklingen innen IT, som blir bedre

benyttet i andre næringer. Forfatterne skriver videre at IT muliggjør bedre kommunikasjon på tvers av verdikjeden i byggeprosjekter, som videre kan føre til færre feil, kostnader og overtredelser av byggetiden. Disse funnene viser at digitale verktøy kan forbedre produktiviteten til byggenæringen.

Digitale verktøy nevnes ikke som en forutsetning for å implementere prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene til LPS. I *Byggeindustrien* (2019) kan man lese om at Lean Construction har vært en del av den norske byggenæringen i mange år og at næringen har interesse for digitale verktøy som understøtter filosofien: "Siden de første virksomhetene begynte å ta i bruk Lean Construction for 15-20 år siden, har mange opparbeidet seg mye erfaring. Likevel er det stadig nye ting å lære, ikke minst knyttet til implementering og nye digitale verktøy." Som nevnt tidligere er LPS er et av de mest sentrale hjelpemidlene innen Lean Construction. Dermed tyder utsagnet på at næringen har interesse for både implementering av LPS og bruk digitale verktøy som understøtter metodikken.

Det finnes en rekke studier som har observert positive effekter ved å implementere LPS, både internasjonalt og i Norge (Ballard, 2000; Ballard, Hammond og Nickerson, 2009; Liu og Ballard, 2008; Skinnarland, 2012; Fosse og Ballard, 2016). Det finnes også studier som undersøker hvordan LPS implementeres i utvalgte, norske prosjekter (Ravi *et al.*, 2018). Derimot finnes det ingen studier som presenterer en samlet oversikt over implementering av LPS i den norske byggenæringen.

Hvis man ikke har oversikt over statusen til næringen, er det vanskelig å si noe om næringens utfordringer og forbedringspotensial. McConaughy og Shirkey (2013) skriver at det er viktig å implementere alle delene til LPS. Hvis noen av elementene til LPS utelates, kan det bli vanskelig å samkjøre avhengige arbeidsoppgaver og å forbedre produktiviteten, som LPS forsøker å oppnå. En oversikt over statusen til byggenæringen vil kunne si om det er noen bedrifter som bare implementere utvalgte deler av LPS, eller om det er vanlig praksis å implementere hele metodikken.

Selv om flere har påpekt fordelene med IT og digitale verktøy, er den norske byggenæringen lite digitalisert. Næringen har vist interesse for digitale verktøy som understøtter LPS, men metodikken benyttes ofte uten digitale verktøy. I dag finnes det ingen studier som viser tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS i den norske byggenæringen. Hvis man tilegner seg kunnskap om dette, kan bedriftene i byggenæringen bli inspirert til å bruke nye, digitale verktøy. En slik oversikt vil også kunne øke forståelsen for hvordan digitale verktøy bidrar til å implementere LPS.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Basert på denne bakgrunnsinformasjonen, forsøker masteroppgaven å besvare følgende problemstilling:

"Hva er status for implementering av the Last Planner System og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring?"

Tre forskningsspørsmål besvares i oppgaven:

1. Hva er the Last Planner System?

For å kunne undersøke i hvilken grad LPS implementeres, er det nødvendig å vite hva LPS er. Den samme definisjonen er også grunnleggende for å forstå hva som menes med digitale verktøy som understøtter LPS. Selv om LPS er praktisert lenge, finnes det ulike beskrivelser av metodikken. For å besvare oppgavens problemstilling er det nødvendig å sammenfatte de ulike beskrivelsene til en tydelig definisjon av LPS.

2. I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?

Selv om den norske byggenæringen har brukt Lean Construction og LPS i mange år, mangler det kunnskap om hva dette betyr i praksis. Det er fremdeles usikkert om næringen implementerer utvalgte deler av LPS eller om det er mange bedrifter som implementerer hele systemet. For å kunne si noe om effektene ved å implementere LPS i den norske byggenæringen, må man først vite i hvilken grad metodikken implementeres.

3. I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?

Den norske byggenæringen har vist interesse for digitale verktøy som understøtter LPS. Likevel mangler det kunnskap om tilgangen på slike verktøy i næringen. Denne oppgaven forsøker å kartlegge implementering av LPS og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i den norske byggenæringen. Denne kunnskapen muliggjør en vurdering av hvordan digitale verktøy påvirker implementeringer av LPS.

1.3 Avgrensninger

Det er allerede utført en rekke studier som betrakter effektene ved å benytte LPS. Denne masteroppgaven undersøker ikke dette nærmere. Fokuset har vært på implementering av LPS og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i den norske byggenæringen.

Selv om oppgavens problemstilling betrakter hele den norske byggenæringen, baserer resultatene seg på intervjuer med informanter fra fem store, norske entreprenørbedrifter. En av årsakene til at denne avgrensningen er valgt, er at de fem entreprenørene er omtalt som ledende på bruk av LPS i den norske byggenæringen av veileder og andre bransjeaktører. Som nærmere beskrevet senere i oppgaven er det flere observasjoner som understøtter denne vurderingen. Dermed kan oppgavens resultater si noe om toppnivået til den norske byggenæringen når det kommer til implementering av LPS.

Senere i oppgaven beskrives en rekke observasjoner som tyder på at de fem entreprenørene har den beste tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS i næringen. Oppgavens resultater er dermed også avgrenset av verktøyene som de fem entreprenørene har tilgang på.

1.4 Leserveiledning

Denne masteroppgaven er delt inn i seks kapitler med følgende innhold:

Kapittel 1 – Introduksjon

I kapittel 1 introduseres masteroppgaven. Kapitlet presenterer bakgrunnsinformasjon om oppgaven, oppgavens problemstilling og tre forskningsspørsmål. I tillegg defineres oppgavens avgrensninger.

Kapittel 2 – Metode

I kapittel 2 defineres forskningsmetodene som brukes til å finne oppgavens resultater. Kapitlet forklarer hvorfor metodene ble valgt og beskriver hvordan metodene ble utført. Til slutt vurderes reliabiliteten og validiteten til de valgte forskningsmetodene.

Kapittel 3 – Teori

I kapittel 3 presenteres teori som oppgavens resultater og diskusjon baserer seg på. Kapitlet definerer blant annet en rekke begreper og sammenhenger innen produksjonsteori.

Kapittel 4 – Resultater

I kapittel 4 presenteres oppgavens resultater som muliggjør besvarelsen av oppgavens tre forskningsspørsmål. Oppgavens første forskningsspørsmål ble besvart ved hjelp av en kvalitativ scoping litteraturstudie. De to andre forskningsspørsmålene ble besvart ved hjelp av kvalitative intervjuer og en kvalitativ dokumentanalyse.

Kapittel 5 – Diskusjon

I kapittel 5 diskuteres resultatene til oppgaven. Resultatene og egne refleksjoner drøftes sammen, slik at oppgavens tre forskningsspørsmål blir belyst fra ulike perspektiver.

Kapittel 6 – Konklusjon

I kapittel 6 besvares alle de tre forskningsspørsmålene hver for seg. Deretter oppsummere konklusjonen kort. Til slutt presenteres aktuelt videre arbeid innen oppgavens tematikk.

2 Metode

I dette kapittelet forklares kvalitativ og kvantitativ metode, samt hvordan kvalitative metoder kan vurderes. Deretter defineres forskningsmetodene som ble brukt til å besvare oppgavens tre forskningsspørsmål. Metodekapittelet forklarer også hvorfor metodene ble valgt og beskriver gjennomføringen av hver enkelt forskningsmetode. Til slutt vurderes reliabiliteten og validiteten til de valgte forskningsmetodene.

2.1 Forskningsmetoder

2.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

Det finnes ulike forskningsmetoder, men det er vanlig å skille mellom kvantitative og kvalitative metoder (Olsson, 2011).

Kvantitativ metode

Kvantitativ metode kan brukes til å analysere store enheter ved å bruke tall og statistikk, som for eksempel land, personer eller bedrifter (Dahlum og Tjernshaugen, 2019). Formålet med å benytte kvantitativ forskning, er å undersøke om en hypotese stemmer overens med innsamlet data. Det er svært viktig at kvantitativ metode har en høy grad av reliabilitet, som vil si at målingene faktisk måler det de skal. Reliabilitet vil bli forklart mer i detalj i "2.1.2 Vurdering av kvalitative metoder". Dermed stilles det høye krav til presise og nøyaktige målinger når kvantitativ metode benyttes. Eksempler på kvantitativ metode er innhenting av numeriske data, søk i databaser, spørreundersøkelser, feltmålinger og laboratoriemålinger.

Kvalitativ metode

Den kvalitative metoden fokuserer på analyse og forståelse av sammenhenger i en prosess, i stedet for opptelling av fenomener i en gruppe med individer (Malt og Tjernshaugen, 2019). Kvalitativ forskning kan brukes til å kartlegge motivasjon, holdninger, følelser og kognitive prosesser hos ulike individer. Dermed kan det utvikles nye hypoteser og teorier som kan utprøves av kvantitative studier. Kvalitativ forskning er svært egnet til å undersøke et tema som det er lite forhåndhåndskunnskaper om.

En ulempe med kvalitativ metode, er at det kan være veldig tidkrevende å behandle innsamlet data (Larsen, 2017). Siden innsamlingen ikke har like konkrete rammer som en kvantitativ metode, er det en risiko for at den innsamlede dataen ikke er sammenlignbar. På den andre siden, vil en kvalitativ metode legge til rette for utdypende og utfyllende info. Dermed kan misforståelser unngås og man kan gå dypere inn i det valgte temaet. Eksempler på kvalitativ forskningsmetode er observasjoner, intervjuer og analyser av tekster (Andersen, 2019). Denne masteroppgaven baserer seg på kvalitative forskningsmetoder. Bakgrunnen for utvelgelsen av forskningsmetodene begrunnes senere i oppgaven.

2.1.2 Vurdering av kvalitative metoder

Innen den kvantitative forskningen benyttes reliabilitet og validitet som kvalitetskriterier (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). I denne oppgaven presenteres fire begreper som brukes til å vurdere kvaliteten på kvalitative studier: pålitelighet (reliabilitet), troverdighet (intern validitet), overførbarhet (ekstern validitet) og bekreftbarhet (overførbar). Tre av de fire begrepene er tilknyttet validitet og reliabilitet.

Pålitelighet (relabilitet)

På forskningsspråket betegnes påliteligheten som relabilitet (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Påliteligheten til forskningsdata sier noe om nøyaktigheten til dataen. Nøyaktigheten kan undersøkes gjennom å spørre om hvilken data som ble brukt, hvordan dataen ble samlet inn og hvordan dataen ble bearbeidet.

For å oppnå nøyaktige resultater i kvalitativ forskning, burde datainnsamlingsteknikkene være strukturerte (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Dette er ikke tilfelle når det er samtalen som styrer datainnsamlingen. I tillegg er observasjonene verdiladet og kontekstuelle. Dette gjør det umulig å gjenskape en annen person sin forskning. I den kvalitative forskningen bruker forskeren seg selv som instrument. Dette gjør at ingen andre kan tolke dataen på samme måte, siden det er ingen som har den samme erfaringsbakgrunnen som forskeren. For å styrke påliteligheten til undersøkelsene kan forskeren gi leseren en detaljert beskrivelse av konteksten, samt gi en åpen og inngående fremstilling av fremgangsmåten under hele forskningsprosessen. Det er også mulig å styrke påliteligheten gjennom å dokumentere data, metoder og avgjørelser som ble tatt i løpet av forskningsprosjektet, samt det endelige resultatet.

Troverdighet (intern validitet)

Spørsmålet "Måler vi det vi tror vi måler?" er en vanlig definisjon på validitet innen kvantitative undersøkelser og betegnes som intern validitet (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Hvis noe er valid, betyr det at det er en sammenheng mellom det som undersøkes og dataene som er samlet inn. Ifølge denne definisjonen er ikke kvalitative undersøkelser valide, siden de ikke kan kvantifiseres (måles). På en annen side kan man si at validitet betrakter om en metode undersøker det som den har til hensikt å undersøke. Johannessen, Tuft og Christoffersen (2016, s. 230) har følgende definisjon på validitet i kvalitative undersøkelser: "Validitet i kvalitative undersøkelser dreier seg om i hvilken grad forskerens fremgangsmåter og funn på en riktig måte reflekterer formålet med studien og representerer virkeligheten."

Det finnes ulike teknikker som kan brukes for å øke sannsynligheten for å få troverdige resultater, som for eksempel: vedvarende observasjon, triangulering og tilbakeføring av resultater (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Vedvarende observasjon går ut på å bruke nok tid til å bli godt kjent med felten, slik at man klarer å skille mellom relevant og ikke relevant informasjon. Metodetriangulering betyr at forskeren bruker flere metoder under feltarbeidet, som for eksempel både observasjon og intervju. Triangulering kan også bety at forskeren tar utgangspunkt i flere forskjellige situasjoner for å undersøke et fenomen. Tilbakeføring av resultatene kan eksempelvis være at informantene bekrefter resultatene, som kan føre til at troverdigheten styrkes.

Overførbarhet (ekstern validitet)

Opplysninger fra forskning må systematiseres og analyseres (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Slike analyser går ut på å ta kodede opplysninger fra en helhet, for deretter å bygge opp en ny, forskerkonstruert kunnskap om et fenomen. Slik kan det utvikles begreper, teorier, forklaringer og fortolkninger av det fenomenet som man undersøker. Overførbarhet i kvalitative undersøkelser handler om hvorvidt man klarer å etablere slike begreper, teorier, forklaringer og fortolkninger, slik at resultatene skal kunne overføres til

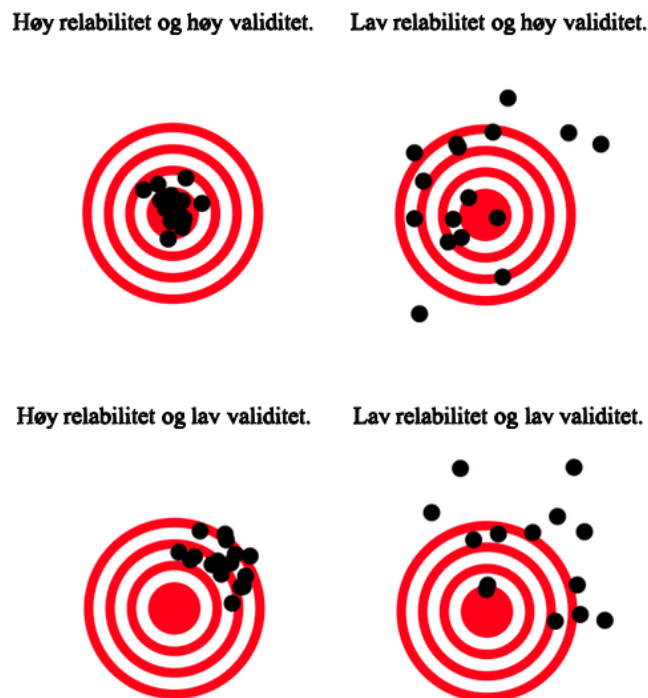
beslektede fenomener. Dette er i kontrast til overførbarhet i kvantitative undersøkelser, som fokuserer på å generalisere, med utgangspunkt i statistikk.

Bekreftbarhet (objektivitet)

Når det gjennomføres kvalitativ forskning, er det svært viktig at funnene er et resultat av forskningen og ikke et resultat av forskerens subjektive holdninger (Johannessen, Tufte og Christoffersen, 2016). Formålet med bekreftbarhet er å sikre nettopp dette. Dette begrepet vurderer i hvilken grad resultatene fra den kvalitative forskningen kan bekreftes av andre forskere som har utført lignende undersøkelser. For å oppnå bekreftbarhet, er det viktig at forskeren legger vekt på å beskrive alle beslutningene som har blitt tatt i forskningsprosessen, slik at leseren kan vurdere disse. Bekreftbarheten kan også styrkes hvis forskeren gjør rede for annen litteratur som støtter fortolkningen, eller hvis fortolkningen støttes av informantene i undersøkelsen.

Relabilitet og validitet

I Figur 1 visualiseres sammenhengen mellom høy og lav relabilitet og validitet.



Figur 1: Sammenhengen mellom relabilitet og validitet (Engebø, 2019).

2.2 Metodevalg

2.2.1 Forskningsspørsmål og forskningsmetoder

Ulike forskningsmetoder ble brukt for å besvare masteroppgavens forskningsspørsmål. Metodene som ble brukt til hvert enkelt forskningsspørsmål fremkommer i Tabell 1. Alle metodene defineres og bakgrunnen for metodevalgene forklares. Gjennomføringen av metodene beskrives senere.

Tabell 1: Forsknings spørsmål og benyttede metoder.

Forsknings spørsmål	Kvalitativ scoping litteraturstudie	Kvalitative intervjuer	Kvalitativ dokumentanalyse
FS1 – Hva er the Last Planner System?	X		
FS2 – I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?		X	(X)
FS3 – I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?		X	(X)

Den primære forskningsmetoden for hvert forsknings spørsmål er markert med en X. Det ble også benyttet en supplerende forskningsmetode i besvarelsen av forsknings spørsmål 2 og 3. Den supplerende forskningsmetoden er markert med en (X).

2.2.2 Kvalitativ scoping litteraturstudie

Bakgrunn

Ofte starter et forskningsprosjekt med å gjennomføre en litteraturstudie (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Flere studier planlegges ved å først finne frem til forskning som allerede finnes på området og hvilke metoder som er brukt på feltet. En litteraturstudie tolker og sammenstiller funn fra eksisterende studier (Mathiesen, 2017).

En litteraturstudie kan enten være en "Scoping literature review" eller en systematisk litteraturstudie. Det er en rekke forskjeller mellom de to tilnærmingene. En systematisk litteraturstudie har en spesifikk gjennomføring som utvikles tidlig i forskningen og studien undersøker forhåndsdefinerte dokumenttyper (University of Toronto, 2020). I kontrast til dette er en scoping litteraturstudie bredt definert, metoden defineres på et senere tidspunkt i forskningen og alle typer studier inkluderes.

Begge tilnærmingene baserer seg på søk i databaser. I databaser finnes det ulike filtreringsmuligheter. For eksempel er det mulig å søke etter fagfellevurderte tidsskrifter. At et tidsskrift er fagfellevurdert (engelsk peer reviewed), vil si at manuskriptet er kvalitetsvurdert av eksperter og/eller fagkonsulenter før publiseringen (Søk & skriv, 2019).

For å finne relevant litteratur i databaser er det viktig med gode søkeord. For å omfavne flere relevante resultater kan være lurt med synonymer på både engelsk og norsk (Mathiesen, 2017). Det er også mulig å søke med en rekke filtreringer og kombinasjoner av ulike søkeord. For eksempel er det mulig å begrense søkeresultatene til publiseringer etter et gitt år, til bare kilder fra spesifikke forfattere eller utvalgte publiseringssteder. Eksempler på publiseringssteder er konferanser eller journaler.

Begrunnelse for metodevalg

Oppgavens problemstilling bygger på en forståelse av hva LPS er. For å oppnå denne forståelsen, var det nødvendig å definere LPS. Dette ble gjort i oppgavens første

forskningsspørsmål, "Hva er the Last Planner System?". Det har allerede blitt forsket mye på LPS og det finnes eksisterende litteratur som beskriver og definerer metodikken. LPS brukes over hele verden og i litteraturen kan man lese om hvordan metodikken praktiseres i Norge og andre land. For å oppnå en forståelse av hva LPS er, ble en kvalitativ scoping litteraturstudie vurdert som den best egnede metoden. Denne metoden ga innsikt i forskjellige syn på tematikken og gjenga hva eksperter allerede har definert som LPS.

Siden masteroppgaven ble skrevet på et begrenset tidsrom, var det en fordel med en effektiv og presis metode. I en kvalitativ scoping litteraturstudie er det mulig å gjennomføre søk i ulike databaser med varierte søkeord og med en rekke filtreringer. Hvis bare fagfelleverderte tidsskrift inkluderes, forsikrer man seg om at litteraturen er kvalitetssikret av eksperter. Metodens ulike muligheter bidrog til at det ble funnet relevante resultater på en effektiv måte.

2.2.3 Kvalitative intervjuer

Bakgrunn

Det kvalitative intervjuet sitt formål og struktur kan defineres på følgende vis:

Formålet med det kvalitative forskningsintervjuet er å forstå sider ved intervjupersonens dagligliv, fra hans eller hennes eget perspektiv. Forskningsintervjuets struktur er likt den dagligdagse samtalen, men som et profesjonelt intervju involverer det også en bestemt metode og spørreteknikk (Kvale og Brinkmann, 2015, s. 42).

Kvale og Brinkmann (2015) skriver at kvalitative intervjuer bør brukes som metode når temaet er ulike aspekter av menneskelig erfaring. Johannessen, Tufte og Christoffersen (2016) skriver at kvalitative intervjuer egner seg når forskeren har behov for å gi informanten mer frihet til å uttrykke seg mer enn et strukturert spørreskjema tillater. Videre skriver de at menneskers opplevelser og erfaringer kommer best frem når de får være med på å påvirke hva det skal snakkes om i intervjuet.

Et kvalitativt forskningsintervju kan være strukturert i ulik grad (Johannessen, Tufte og Christoffersen, 2016). Det betyr at intervjuer kan være mye eller lite tilrettelagt på forhånd. Et ustrukturert intervju er uformelt og har spørsmål rundt et tema, men spørsmålene og rekkefølgen på spørsmålene er ikke planlagt på forhånd. Et delvis strukturert, også kalt semi-strukturert intervju, har en overordnet intervjuguide som utgangspunkt, men tema, spørsmål og rekkefølge kan variere. En intervjuguide er ikke et spørreskjema, men en liste med temaer og generelle spørsmål som intervjuet skal undersøke. Vanligvis har intervjuguidene en bestemt rekkefølge på temaene, men de kan endres hvis informanten drar inn nye temaer. I et strukturert intervju er både tema, spørsmål og rekkefølge fastsatt på forhånd. Det er også mulig å gjennomføre strukturerte intervjuer med faste svaralternativer.

Begrunnelse for metodevalg

Kvalitative, semi-strukturerte intervjuer ble brukt som den primære forskningsmetoden i besvarelsen av de to forskningsspørsmålene: "I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?" og "I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?".

Denne metoden ble benyttet siden det finnes lite kunnskap om oppgavens tematikk. Per dags dato finnes det ikke eksisterende litteratur som beskriver status for implementering av LPS og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring. Oppgaven forsøker å beskrive denne statusen. For å oppnå dette, ble kvalitative intervjuer vurdert som den best egnede metoden. Dette var siden metoden førte til observasjoner av menneskelige erfaringer og skaffet utdypende informasjon om LPS.

Intervjuene var semi-strukturerte siden denne tilnærmingen la til rette for deling av menneskers opplevelser og erfaringer. Tilnærmingen gjorde at informanter kunne påvirke hva det ble snakket om i intervjuene. De kvalitative intervjuene ga innsikt i hvordan bedrifter i byggenæringen praktiserte LPS, samt hvilke digitale verktøy som var tilgjengelig i næringen. Oppgaven undersøker statusen til den norske byggenæringen for øyeblikket. Dermed var det en fordel at metoden baserte seg på direkte kontakt med aktører som jobber i næringen nå.

2.2.4 Kvalitativ dokumentanalyse

Bakgrunn

Johannessen, Tuft og Christoffersen (2016) skriver at en dokumentanalyse er en kvalitativ innholdsanalyse som benyttes for å få frem viktige sammenhenger og relevant informasjon om forhold i samfunnet som vi ønsker å studere. Dokumentene som brukes til denne forskningen er ikke generert av forskerens egeninnsats, men er materiale fra en situasjon i fortiden som er overlevert. Jacobsen (2015) skriver om tre ulike tilfeller der dokumentanalyse er en egnet metode:

1. Når det er umulig å samle inn primærdata.
2. Når vi ønsker å få tak i hvordan andre har fortolket en viss situasjon eller hendelse.
3. Når vi ønsker å få tak i hva mennesker faktisk har sagt eller gjort.

Dokumentene som benyttes i en dokumentanalyse kan ha ulik form, som for eksempel skriftlige dokumenter, visuelle dokumenter og lyd-dokumenter (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Visuelle dokumenter kan være bilder og filmer. I samfunnsvitenskapelig metode benyttes dokumentanalyser ofte i kombinasjon med andre metoder.

Begrunnelse for metodevalg

Dokumentanalysen ble brukt som supplerende forskningsmetode i besvarelsen av forskningsspørsmålene: "I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?" og "I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?".

Som nevnt tidligere, er en dokumentanalyse en velegnet metode hvis man ønsker å forstå hvordan noen har fortolket en situasjon. Denne metoden ga innsikt i hvordan bedrifter i den norske byggenæringen betraktet og praktiserte LPS. I tillegg muliggjorde metoden en kvalitetskontroll av resultatene fra de kvalitative intervjuene. Kombinasjonen av de to metodene ga en bredere innsikt i tematikken. En annen årsak til at metoden er valgt, er siden dokumentene har vært lett tilgjengelig uten bruk av mye tid. De fleste dokumentene ble overlevert samtidig som de kvalitative intervjuene pågikk, på eget initiativ av intervjuobjektene.

2.3 Gjennomføring

Her presenteres hvordan forskningsmetodene ble gjennomført. Metodene som beskrives er kvalitativ scoping litteraturstudie, kvalitative intervjuer og kvalitativ dokumentanalyse.

2.3.1 Kvalitativ scoping litteraturstudie

Den kvalitative litteraturstudien ble brukt til å besvare forskningsspørsmålet "Hva er the Last Planner System?". Når det ble søkt etter litteratur, var ikke hovedfokuset på tall og statistikk, men på ulike kilder sin vinkling på oppgavens tematikk. Dermed ble litteraturstudien vurdert som kvalitativ. Litteraturstudien var ikke systematisk og i denne oppgaven omtales den valgte tilnærmingen som en kvalitativ scoping litteraturstudie.

Databaser

For å finne relevant litteratur til å besvare oppgavens første forskningsspørsmål, ble det søkt i fire forskjellige databaser med en rekke søkeord. Databasene Scopus, Google Scholar, Google og Oria ble brukt. Utvelgelsen av databaser var basert på anbefalinger fra veileder, forelesere og medstudenter. I tillegg har databasene ulikt innhold og utfyller hverandre. I Tabell 2 beskrives de fire databasene.

Tabell 2: Benyttede søkemotorer i litteratursøk.

Database	Beskrivelse
Scopus	Scopus er verdens største database med fagfellvurdert litteratur, med over 22 000 titler og 5 000 internasjonale forfattere (Scopus, u.å.). Det er svært gode muligheter for begrensninger av søk i Scopus og dette øker sannsynligheten for relevante treff.
Google Scholar	Google Scholar er den akademiske versjonen av Google og søker etter vitenskapelig litteratur fra anerkjente forlag og forskningsbaserte databaser (Søk & skriv, 2019). Det er svært mange treff i denne databasen og det er ikke mulig å begrense søkene til fagfellevurdert litteratur. Dette kan gjøre det vanskelig å vurdere kvaliteten på treffene i databasen.
Google	Google inneholder ikke bare akademisk litteratur. Dette gir et svært bredt resultat med mange treff. Det kan være vanskelig å vurdere troverdigheten til treffene i Google, siden det ikke alltid henvises til kilder eller forskningsmetode. Fordelen med søk i Google, er at databasen kan gi relevante treff som ekskluderes i de andre databasene.
Oria	Databasen Oria er forskningsbibliotekenes søkeverktøy. Her kan man blant annet finne fagbøker, masteroppgaver, avhandlinger og tidsskriftartikler (Søk & skriv, 2019). Oria har langt færre treff enn de andre databasene og dette gjør databasen begrenset, men også mer oversiktlig.

Søkeresultater

Som nevnt tidligere kan man kombinere ulike søkeord og benytte filtreringer i databaser. I databaser er det noen innebygde funksjoner som kan brukes for å kombinere søkeord, som for eksempel OG/AND, ELLER/OR og IKKE/NOT (Mathiesen, 2017). Hvis OG benyttes, angir søkeresultatet kilder som inneholder to eller flere søkeord. Hvis funksjonen ELLER benyttes, angir søkeresultatet kilder som inneholder et av flere nevnte søkeord. Hvis IKKE benyttes, inkluderes bare søkeresultatet som ikke inneholder et bestemt søkeord. Det er også mulig å

begrense søkene til fagfelleverderte tidsskrifter og publikasjoner fra spesifikke forfattere eller publiseringssteder. Søkeordene som ble brukt i de fire databasene og antall treff fremgår i Tabell 3.

Tabell 3: Søkeord, databaser og antall treff.

Søkeord	Database	Scopus	Google Scholar	Google	Oria	IGLC
"Last Planner System"		1 102	4 620	74 200	279	-
"Last Planner System of Production Control"		701	1 830	11 000	8	-
"Last Planner System" OG "Production Control"		800	2 420	15 200	113	-
"Production Control"		44 540	231 000	4 230 000	25 242	-
"Last Planner System" OG Definition		130	3 620	32 700	91	-
"Last Planner System" OG Construction		1 094	4 450	72 500	203	-
"Last Planner System" OG Contractor		340	2 640	26 400	128	-
"Last Planner System" OG KONFERANSE: IGLC		-	-	-	-	193
"Last Planner System" OG FORFATTER: Glenn Ballard		47	133	6 750	11	-
"Last Planner System" OG Produksjonskontroll		0	191	1 330	0 (0)	-
Produksjonskontroll		0	199	26 200	0 (29)	-
"Last Planner System" OG Definisjon		0	2 030	20 100	0 (0)	-
"Last Planner System" OG Bygg		9	276	3 550	0 (15)	-
"Last Planner System" OG Entreprenør		16	178	1 870	0 (4)	-

Når anførselstegn ble brukt, utføres søk på hele setninger. Søkefunksjonen OG har allerede blitt forklart og betyr at det ble søkt på flere forskjellige søkeord samtidig. I databasene ble det søkt i alle felt. Det er også mulig å begrense søkene til bare titler, nøkkelord og sammendrag, men dette ble ikke gjort. Det er utført søk med synonymer og ulike begrensninger på både norsk og engelsk. De fleste søkene er kombinasjoner som inkluderer setningen "Last Planner System". Søkene ble ikke begrenset av publiseringsår.

Et av søkene kombinerte søkeordet "Last Planner System" med litteratur som er skrevet av forfatteren Glenn Ballard. Et annet søk kombinerte det samme søkeordet med litteratur som er publisert på konferansen IGLC, som er en forkortelse for International Group for Lean Construction. Når det ble søkt etter litteratur som er publisert på konferansen IGLC, ble søket gjennomført på nettsiden www.IGLC.net.

Søk i Oria og Scopus ble begrenset til fagfelleverderte tidsskrifter. Det var veldig få treff med norske søkeord i Oria. Derfor har disse søkene også inkludert tidsskrifter som ikke er

fagfelle-vurdert. Antall treff med disse søkene er markert med parenteser Tabell 3. Det var ikke mulig å begrense søkene i Google og Google Scholar til fagfelle-vurderte tidsskrifter.

Utvelgelse av litteratur

Hvis søkeordene ga svært mange treff, ble bare de 50 første treffene vurdert. Utvelgelsen av relevant litteratur ble gjort i følgende rekkefølge:

Les overskrift → Les nøkkelord → Les sammendrag → Les konklusjon → Les metode

Hvis litteratur fra søkeresultatene ikke ble ansett som relevant etter å ha utført et av stegene ovenfor, ble kilden forkastet. Hvis litteraturen "bestod" alle stegene ovenfor, ble det gjort en TONE-vurdering av kilden. TONE er en forkortelse for troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet og de fire delene kan brukes til å vurdere litteratur (Overland, 2018). Innholdet til de fire delene beskrives i Tabell 4.

Tabell 4: TONE-vurdering.

Troverdighet	Troverdighet handler om hvem som er ansvarlig for artikkelen. Hvilken bakgrunn og utdanning har forfatteren? Hvor er litteraturen publisert? Tilgang på kontaktinfo og fagfelle-vurdering inngår også i troverdighetsvurderingen.
Objektivitet	Vurderingen av objektivitet handler om hvordan dataen presenteres. Forsøker forfatteren å overtale eller informere? Samsvarer litteraturen med tidligere forskning eller er det et brudd? Bli flere sider av saken belyst?
Nøyaktighet	Nøyaktighet handler om hvordan forfatteren har kommet frem til sine resultater. Beskrives metoden godt og kan den etterprøves? Årstall inngår også under litteraturens nøyaktighet, siden publiseringsåret sier noe om hvor oppdatert informasjonen er.
Egnethet	Den siste vurderingsformen handler om hvor egnet litteraturen er til formålet. Kan kilden kaste nytt lys over den valgte tematikken? Hvem er litteraturen skrevet for? Hvis litteraturen kan bidra til å besvare forskningsspørsmålene til masteroppgaven, vurderes litteraturen som egnet.

Hvis litteratur fra søkene i databasene ble ansett som troverdige, objektive, nøyaktige og egnet til å besvare masteroppgavens problemstilling, ble litteraturen lagret til senere. Dette gjorde at litteraturen var lett tilgjengelig da oppgavens resultatkapittel skulle skrives.

Andre søkemetoder

I tillegg til å søke i databaser ble søkemetodene "snowballing" og "reverse snowballing" benyttet. "Snowballing" handler om å søke i bibliografien til aktuell litteratur, for å finne annen relevant litteratur (Wohlin, 2014). "Reverse snowballing" går ut på å søke i kildene som siterer aktuell litteratur. Begge metodene ble benyttet ved hjelp av databasene Scopus og Google Scholar. Litteraturanbefalinger fra veileder har også bidratt til å finne relevant litteratur. Veileder anbefalte to doktoravhandlinger, en konferanserapport, en journalartikkel og en bok. Litteratur som ble funnet ved hjelp av de nevnte metodene har også gjennomgått en TONE-vurdering.

2.3.2 Kvalitative intervjuer

Metoden kvalitative, semi-strukturerte intervjuer var den primære forskningsmetoden i besvarelsen av to forskningsspørsmål. Denne metoden har ulike steg, som blant annet etablering av intervjuguide, utvelgelse av informanter, rekruttering av informanter og gjennomføring av intervjuer. Her beskrives både de ulike stegene, samt hvordan de ble utført.

Intervjuguide

Siden intervjuene var semi-strukturerte, ble det først etablert en intervjuguide med temaer og generelle spørsmål som intervjuene skulle undersøke. Etableringen av intervjuguiden tok utgangspunkt i masteroppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.

Opgavens intervjuguide har to sider. Forsiden inkluderer informasjon om masteroppgavens tema, hvilket institutt og universitet som skal publisere oppgaven, hvem som skriver oppgaven, bakgrunnen for oppgaven, problemstillingen, forskningsspørsmålene og hvordan intervjuet skal foregå. Til slutt informerer intervjuguiden om at intervjuet blir tatt opp med en lydopptaker hvis det er greit for intervjuobjektet. Det informeres også om at intervjuet blir transkribert og sendt til intervjuobjektet for gjennomgang og godkjenning, før publisering av resultatene.

På den andre siden til intervjuguiden er det en oversikt over hvilke spørsmål som kommer til å bli stilt. Siste reviderte utgave av intervjuguiden er angitt i "Vedlegg A". I tillegg til intervjuguiden ble det utarbeidet et støttedokument til intervjuene. Dette dokumentet fungerte som en sjekkliste på samtaleemner som burde bli inkludert i intervjuene. Siste reviderte utgave av støttedokumentet er angitt i "Vedlegg B".

Utvelgelse av informanter

Det finnes mange ulike utvelgelsesstrategier for å finne informanter til kvalitative intervjuer. I dette avsnittet presenteres et utvalg av disse. Utvalg av kritiske tilfeller brukes for å illustrere et poeng (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Et kritiske tilfelle er når vi kan si "Dersom dette skjer, kan det skje hvor som helst" eller "Dersom denne gruppen har problemer, er det sannsynlig at samtlige grupper vil ha problemer". Snøballmetoden er en annen utvelgelsesform som skjer ved at forskeren forhører seg om personer som vet mye om temaet som undersøkes. De samme personene kan igjen henviser til andre personer som er aktuelle for undersøkelsen. Hvis kriteriebasert utvelgelse benyttes, må informantene tilfredsstillende kriterier.

For å finne relevante intervjuobjekter ble ulike utvelgelsesmetoder benyttet. Et utvalg av kritiske tilfeller ble kontaktet først. Personene som ble betraktet som kritiske tilfeller hadde lederstillinger hos store, norske entreprenører og jobbet med utvikling av planleggingsmetodikk og bruk av digitale verktøy i sine bedrifter. I tillegg sa veileder og andre bransjeaktører at disse personene var ledende innen oppgavens tematikk. Dette tydet på at disse personene og bedriftene som de jobbet for representerte toppnivået til den norske byggenæringen innen implementering av LPS og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken. Et annet formål med denne utvelgelsen, var at disse personene forhåpentligvis kunne bidra med kontaktinformasjon til andre aktuelle intervjuobjekter, ved hjelp av snøballmetoden. Etter at de første intervjuobjektene takket ja til å gjennomføre intervjuer, ble det innført en kriteriebasert utvelgelse for nye intervjuobjekter. De første intervjuobjektene var også innenfor disse kriteriene. Kriteriene var følgende:

- 1) Intervjuobjektet jobber for en norsk entreprenør innen bygg.
- 2) Intervjuobjektet har erfaringer med noen av prinsippene til LPS.

Prinsippene til LPS forklares i oppgavens resultatkapittel.

Rekruttering av informanter

Selv om man ønsker å gjennomføre intervjuer med en definert gruppe, må informantene fra denne gruppen både rekrutteres og være villige til å delta i et intervju.

Alle aktuelle informantene ble kontaktet over telefon. Når informantene ble kontaktet, ble masteroppgavens tema og formål presentert, i tillegg til beregnet varighet på intervjuet. Det ble forsøkt å være fleksibel på møtetidspunkt og møtested. Det var tidkrevende å få tak i alle de aktuelle informantene, men 13/14 kontaktede informanter sa "Ja" til å gjennomføre et intervju. På grunn av ulike årsaker ble det bare gjennomført 11 intervjuer. Etter at intervjuobjektene ble kontaktet over telefon ble det sendt en mail med intervjuguiden og en oppsummering av hvilke avtaler som ble inngått i telefonsamtalen. Noen av informantene ønsket å lese gjennom intervjuguiden før de kunne gi et svar på om de ville gjennomføre et intervju. Det tidligere omtalte støttedokumentet ble ikke tilsendt på mail til informantene.

Intervjuobjektene

I teorien er det ingen øvre eller nedre grense på antall intervjuer eller observasjoner som burde gjennomføres, men det er ikke uvanlig med et utvalg på 10 til 25 personer (Johannessen, Tufte og Christoffersen, 2016). Det er likevel vanlig med 10-15 informanter i mindre prosjekter og pilotprosjekter. I prosjekter med begrenset økonomi og tid, som for eksempel studentprosjekter, må man kanskje begrense antallet intervjuer og observasjoner ytterligere. Det er viktigere å gjennomføre intervjuer med relevante informanter, kontra med mange informanter.

I denne oppgaven ble det gjennomført 11 intervjuer i perioden mellom 28. februar og 8. mai. Det har blitt gjennomført intervjuer med representanter fra fem forskjellige, norske entreprenører innen bygg: HENT, Kruse Smith, Skanska Norge, Veidekke Entreprenør og NCC Norge. Hver bedrift er representert med mellom én og tre representanter. En oversikt med navn, bedrift og stillingstittel for intervjuobjektene fremkommer i Tabell 5.

Tabell 5: Intervjuobjektene.

Navn	Bedrift	Stillingstittel
Øyvind Børstad	HENT	Utviklingsleder VDC
Gunnar Skeie	Kruse Smith	Utviklingsleder VDC
Jan Roger Kråkmo	Skanska Norge	Leder for VDC i prosjekt (akuttsykehuset på Hjelset)
Roar Fosse	Skanska Norge	Avdelingssjef, BIM og VDC
Marius Sortland Myklebust	Skanska Norge	Seniorrådgiver, BIM og VDC
Vegard Knotten	Veidekke Entreprenør	Fagansvarlig, prosjekteringsledelse og BIM
Ole Morten Skaret	Veidekke Entreprenør	Anleggsleder
Karianne Skrindo	Veidekke Entreprenør	Prosjekteringsleder og fagansvarlig for prosjekteringslederne i Storbyregion Trondheim
Thomas Iversen	NCC Norge	Lead VDC Manager
Gjermund Johnsen	NCC Norge	Prosjekteringsleder
Ulrik Schjeldrup	NCC Norge	Anleggsleder

De 11 intervjuene hadde en varighet på mellom 40 og 82 minutter. Gjennomsnittstiden til intervjuene var på 59 minutter. Informantene hadde ulik utdanningsbakgrunn, men flest informanter var utdannet på bachelornivå. Høyeste utdanningsnivå var doktorgrad. Til sammen hadde informantene 198 år med arbeidserfaring fra byggenæringen. Korteste fartstid var 6 år og lengste fartstid var 28 år. De fleste intervjuene skulle egentlig bli gjennomført ansikt til ansikt, men på grunn av koronaviruset og tilhørende restriksjoner på fysiske møter, ble bare tre av intervjuene gjennomført på denne måten. De resterende intervjuene ble gjennomført ved hjelp av videomøtetjenester som Skype og Teams.

Gjennomføring av intervjuer

Før intervjuene begynte var det som regel en uformell prat for å bli bedre kjent med informantene. Det ble alltid spurt om det var greit å ta opp samtalen med lydopptaker og dette ble godkjent av informantene i alle intervjuene. Etter dette begynte lydopptaket. I starten av intervjuene ble informasjonen fra intervjuguiden presentert og i de fysiske intervjuene ble det tatt med et ekstra eksemplar av intervjuguiden.

Siden intervjuene var semi-strukturerte ble intervjuguiden fulgt, men rekkefølgen på spørsmålene varierte. Det ble stilt ulike oppfølgingsspørsmål i hvert enkelt intervju, basert på interessante observasjoner eller uttalelser fra informantene. I løpet av intervjuene ble stilte spørsmål og gjennomgåtte tema markert i intervjuguiden og i støttedokumentet. Før intervjuene ble avsluttet ble det kontrollert om alle spørsmålene fra intervjuguiden hadde blitt spurt og at alle punktene i støttedokumentet hadde blitt gjennomgått. På slutten av alle intervjuene ble det påpekt at intervjuet kommer til å bli transkribert og sendt til informanten på mail for gjennomlesning og godkjenning. Alle informantene ble spurt om det var greit at deres navn og bedrift ble nevnt i oppgaven.

Etter at resultatene fra de 10 første intervjuene ble gjennomgått, ble det observert noen mangler i resultatene. For å dekke dette kunnskapshullet, ble det gjennomført et ekstra intervju med en ny informant. Den nye informanten ble anbefalt av en kollega som tidligere

hadde gjennomført et intervju. Det ble også valgt å ha en oppfølgingssamtale med en av de tidligere informantene, for å gjennomgå uklarheter fra det første intervjuet.

2.3.3 Kvalitativ dokumentanalyse

Dokumentanalysen ble brukt i kombinasjon med kvalitative intervjuer for å besvare to av oppgavens forskningsspørsmål. Metoden baserer seg på dokumenter som ble innhentet på ulikt vis. Noen av dokumentene er PowerPoint-presentasjoner som ble presentert i intervjuene som supplerende informasjon til samtalen. Presentasjonene ble sendt på mail etter intervjuene. Et av dokumentene er en film av et intervju. I denne filmen presenteres styringsdokumentet til en av bedriftene på delt skjerm. Informanten bekreftet at det var greit at intervjuet ble tatt opp på video og at filmen kunne bli brukt i oppgavens resultater. To dokumenter representer arbeidsformen til én av de fem entreprenørene og ble publisert i et emne ved NTNU.

Noen av dokumentene beskriver beste praksis til bedriftene. Andre dokumenter inneholder erfaringer med prosjektplanlegging og prosjektgjennomføring. Utvalgte dokumenter inkluderer også hvilke planleggingsmetodikker og digitale verktøy som brukes i bedriftene. Dokumentene representerte ikke alle de fem bedriftene. Relevant informasjon fra dokumentene ble registrert skriftlig, slik at informasjonen kunne bli brukt i oppgavens dataanalyse.

2.4 Dataanalyse

Her beskrives overgangen fra store mengder kvalitative data til presentable resultater som besvarer oppgavens forskningsspørsmål. Denne overgangen inkluderer organisering av data og analyse. To modenhetsmodeller defineres her, siden de har vært delaktige i denne overgangen.

2.4.1 Bakgrunn

Johannessen, Tuft og Christoffersen (2016) skriver at mengden data må reduseres før en forsker kan begynne med analysen av kvalitative data. For at informasjonsmengden skal bli håndterlig å jobbe med, må det lages et rammeverk som kan formidle innholdet på en forståelig måte. Eksempler på store informasjonsmengder er mange timer med intervjuer eller flere hundre sider med transkripsjonsmateriale. Kvalitative data taler ikke for seg selv og bør dermed analyseres og tolkes.

En dataanalyse har som hensikt å organisere data etter tema, analysere og tolke (Johannessen, Tuft og Christoffersen, 2016). Når forskeren skal organiserer data etter tema blir datamaterialet redusert, systematisert og ordnet. Hensikten med dette er å danne et godt grunnlag for analyse, uten å miste viktig informasjon. Å analysere betyr å dele opp noe i mindre biter eller elementer. Målet med å analysere er å avdekke en mening, et budskap eller å finne et mønster i datamaterialet, slik at forskeren kan trekke en konklusjon og besvare problemstillingen. Å tolke betyr å sette noe inn i en større sammenheng. Når data tolkes av en forsker, kan forskeren se hvilke konsekvenser analysen og konklusjonen har for det som undersøkes. For å oppnå dette er det vanlig å ta utgangspunkt i teorien om temaet som det forskes på.

2.4.2 Organisering av data

Tidligere ble det nevnt at aktuell litteratur fra den kvalitative litteraturstudien ble lagret. Det ble også lagd et Excel-ark med oversikt over hva de aktuelle kildene handler om, samt hvorfor kildene var relevante for oppgaven. På dette tidspunktet var sammendrag, metode og konklusjon til litteraturen gjennomgått, men hele kilden var ikke lest. Excel-arket inneholdt også publiseringsår, forfatter og publiseringsstedet til kildene. Denne oversikten ble brukt aktivt til å finne litteratur som besvarte forskningsspørsmålet "Hva er the Last Planner System?".

De 11 kvalitative intervjuene ble tatt opp på lydopptak. Totalt ble dette 11 timer med intervjuer. For å organisere denne dataen, ble lydopptakene transkribert til tekst. Å transkribere betyr å transformere, eller å skifte form til noe annet (Kvale og Brinkmann, 2015). Det er ikke en universell form eller kode for transkripsjon av intervjuer, men det er noen valg som må tas. Eksempler på slike valg er om uttalelser skal transkriberes ordrett, ord for ord, inkludert alle gjentakelser og ordlyder som "eh"-er. Det er flere dimensjoner av et intervju som kan inkluderes i et transkripsjonen, som for eksempel følelsesuttrykk som latter og sukk.

Det siste intervjuet ble gjennomført i masteroppgavens avsluttende fase. Derfor ble det ikke prioritert å transkribere dette intervjuet. Transkripsjonen av de 10 resterende intervjuene inkluderte ikke ordlyder som "eh" eller følelsesuttrykk som latter og sukk. Gjentakelser ble inkludert i noen grad og alle transkripsjonene var på bokmål. Pauser i intervjuene ble markert med [...]. Etter at transkripsjonene var ferdige, ble de sendt på mail til informantene for gjennomlesning og godkjenning. De fleste informantene besvarte denne mailen og foreslo få eller ingen endringer i transkripsjonen.

Dokumentene som inngikk i den kvalitative dokumentanalysen ble gjennomgått for å finne resultater som kunne besvare oppgavens forskningsspørsmål. Interessante observasjoner og funn ble lagret i et eget dokument for å ha oversikt over resultatene. Resultater som understøttet eller var i konflikt med hverandre ble markert i dokumentet. Dette ble gjort for å tydeliggjøre resultater som var aktuelle for oppgavens diskusjonskapittel.

2.4.3 Analyse

Her forklares hva som ble gjort for å analysere dataen fra de ulike forskningsmetodene.

Tematisk kodeanalyse

Etter at litteraturen fra den kvalitative scoping litteraturstudien var organisert, ble det gjennomført en tematisk kodeanalyse av litteraturen. Robson og McCartan (2016) skriver at tematisk kodeanalyse er en generisk tilnærming for å analysere kvalitativ data og at analysen har ulike faser. Først må man bli kjent med dataen. Dette ble gjort da den aktuelle litteraturen fra litteraturstudien ble lest. Deretter genereres de første kodene. Da litteraturen ble lest for første gang, ble innholdet til LPS gruppert, basert på gjentakende funn i litteraturen. Flere kilder beskrev LPS som planlegging med ulike tidsperspektiver, kontroll, målinger og læring.

Analysens neste steg er identifisering av temaer (Robson og McCartan, 2016). Basert på de grupperte funnene, ble det etablert seks temaer, som senere ble til seks hoveddeler for LPS. De seks hoveddelene er *planlegging av hovedfremdriftsplan*, *faseplanlegging*,

utkvikksplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll og målinger og læring. Hver hoveddel har tilhørende underpunkter og forklares i detalj i oppgavens resultatkapittel.

Etablering av modenhetsmodeller

Oppgavens andre og tredje forskningsspørsmål forsøker å gradere statusen til den norske byggenæringen. For å besvare de to forskningsspørsmålene, etableres to modenhetsmodeller i denne oppgaven. En modenhetsmodell er et rammeverk som muliggjør en kvantifisering av kvalitative resultater.

Den første modenhetsmodellen kan vurdere implementering av LPS til bedrifter i den norske byggenæringen. Modenhetsmodellen omtales som "**Implementering av LPS – Modenhet**" (**ILM**). Den andre modenhetsmodellen kan vurdere tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS. Denne modenhetsmodellen blir heretter omtalt som "**Tilgang på digitale verktøy som understøtter LPS – Modenhet**" (**DLM**). I oppgaven brukes modenhetsmodellene til å vurdere de fem entreprenørbedriftene som intervjuobjektene representerer. Modenhetsmodellene sitt utgangspunkt er de seks hoveddeler til LPS.

Begge modenhetsmodellene har seks hoveddeler hver. ILM har de samme seks hoveddelene som LPS, som ble definert tidligere. DLM inkluderer ikke planlegging av hovedfremdriftsplan, men har en annen hoveddel som heter *integrert, digitalt verktøy*. Dette betyr at modenhetsmodellene har fem hoveddeler som er like. Innen alle hoveddelene til modenhetsmodellene er det mulig å få mellom 0 og 3 poeng.

ILM definerer hva som tilsvarer 0/1/2/3 poeng innen hver hoveddel. 3 poeng betyr at bedriftens implementering samsvarer med teorien om LPS. Lavere score angir en delvis implementering av LPS og en poengscore lik 0 angir ingen implementering, i henhold til litteraturen. Selv som poengverdiene 0/1/2/3 er definert, er det mulig å oppnå halvpøeng i modenhetsmodellen, som for eksempel 2,5 poeng. Det er aktuelt å benytte halvpøeng hvis entreprenørene befinner seg et sted mellom de definerte scoreverdiene.

Tabell 6 viser de definerte poengscorene til ILM for hoveddelen utkvikksplanlegging.

Tabell 6: ILM – Utkvikksplanlegging for prosjektering/produksjon.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Utkvikksplanlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • I utkvikksplanleggingen ser man minst seks uker frem i tid. • I utkvikksplanleggingen kartlegges det om de sju forutsetningene er tilstede for fremtidige arbeidsoppgaver (det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen).
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikk gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Utkvikksplanleggingen ser minst tre uker frem i tid. • De syv forutsetningene presenteres og følges opp i varierende grad. • Utkikk gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Utkvikksplanleggingen har en varierende tidshorisont. • I utkvikksplanleggingen kartlegges det om de sju forutsetningene er tilstede for fremtidige arbeidsoppgaver (det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen).
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Utkvikksplanleggingen har en varierende tidshorisont.

	<ul style="list-style-type: none"> • De syv forutsetningene presenteres og følges opp i varierende grad.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Utkvikksplanlegging gjennomføres ikke.

Som man kan se i tabellen ovenfor har ILM – 2 to definisjoner på samme poengscore. Dette gjelder noen utvalgte poengscorer og er gjort for å tilpasse modenhetsmodellen til situasjonen i byggenæringen. Hvis en bedrift tilfredsstillende kravene til én av definisjonene til ILM – 2, så oppnår bedriften 2 poeng for denne hoveddelen.

Den andre modenhetsmodellen, DLM, har definert tre forskjellige poengscorer, 0/1,5/3. Full score og 3 poeng indikerer at bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som understøtter LPS i henhold til litteraturen. En poengscore lik 0 indikerer ingen tilgang på digitale verktøy som understøtter metodikken. De fem entreprenørene kan også få poengscorer som er mellom de definerte nivåene, på samme måte som for den første modenhetsmodellen. Poengscorene har en nøyaktighet på 0,5. En fullstendig oversikt over resultatene til alle hoveddelene som inngår i ILM og/eller DLM presenteres i oppgavens resultatkapittel. Tolkningen av resultatene drøftes i diskusjonskapittelet.

2.5 Relabilitet og validitet

I masteroppgaven benyttes tre forskjellige, kvalitative metoder for å finne resultater som besvarer masteroppgavens tre forskningsspørsmål. Relabiliteten og validiteten til forskningsspørsmålene vurderes her.

Det første forskningsspørsmålet har som hensikt å definere hva LPS er. En kvalitativ scoping litteraturstudie ble benyttet for å besvare forskningsspørsmålet. Validitet i kvalitative undersøkelser handler om hvordan funnene reflekterer virkeligheten til forskningsområdet. Litteraturstudien gjorde det mulig å samle hva eksperter fra hele verden definerer som LPS. Denne sammenstillingen sørger for at besvarelsen representerer virkeligheten. For å styrke påliteligheten til resultatene fra litteraturstudien, er gjennomføringen av metoden nøye beskrevet. Ulike fremgangsmåter for å finne, vurdere og sortere litteratur er forklart. Beskrivelsen av metoden forsøker å gi leseren innsikt i hva som ble gjort, steg for steg.

For å besvare det andre og det tredje forskningsspørsmålet, ble det gjennomført 11 kvalitative intervjuer og en kvalitativ dokumentanalyse. Intervjuobjektene representerer fem store, norske entreprenørbedrifter. Alle informantene jobber i byggenæringen og de to metodene ga innsikt i forskningsområdet til de to forskningsspørsmålene. Triangulering kan benyttes for å øke resultatene sin validitet. For tre av de fem entreprenørbedriftene ble det gjennomført intervjuer med tre forskjellige representanter fra hver bedrift. Ulike perspektiver gjorde at det var mulig å kvalitetssikre intervjuresultatene. I tillegg var dokumentanalysen en ekstra kvalitetssikring av resultatene.

For å oppnå pålitelige resultater, ble det forsøkt å beskrive konteksten og fremgangsmåten til intervjuene og dokumentanalysen på en detaljert måte. Dette ble gjort for å gi leseren innsikt i hvilke vurderinger og avgjørelser som ble tatt underveis i prosessen. I resultatkapittelet presenteres resultatene som de to metodene førte til. På denne måten kan leseren følge hele prosessen fra start til slutt.

3 Teori

I dette kapitlet presenteres teori som ligger til grunn for oppgavens resultat- og diskusjonskapittel. Et av formålene ved LPS er å forbedre produktiviteten til byggeprosjekter (Liu og Ballard, 2008). For å forstå hvordan LPS påvirker produktiviteten, defineres sentrale begreper innen produksjonsteori. LPS sin påvirkning på produktiviteten er tett koblet til sløsing, transformasjon, flyt og verdi, som også forklares i dette kapitlet.

Ballard og Howell (2003) skriver at hovedformålet med LPS er å redusere variabiliteten i byggeprosjekter. Variabilitet er avhengig av buffere og derfor må disse to begrepene forklares. Deretter forklares takt, samt hvordan man kan forbedre flytprosesser og redusere syklustiden. Avslutningsvis defineres Virtual Design and Construction (VDC), siden rammeverket omtales i oppgavens diskusjonskapittel.

3.1 Sentrale begreper innen produksjonsteori

I de neste avsnittene defineres sentrale begreper innen produksjonsteori. Disse begrepene brukes i forklaringen av sløsing, transformasjon, flyt, verdi, variabilitet, buffere, takt og forbedring av flytprosesser.

3.1.1 Arbeidsstasjon

Begrepet arbeidsstasjon ligger til grunn for store deler av produksjonsteorien. I boken «Factory Physics» beskrives en arbeidsstasjon som en samling av en eller flere maskiner, eller manuelle stasjoner, som har en tilnærmet identisk funksjon (Hopp og Spearman, 2011, s. 228). Eksempelvis kan et produkt flyte gjennom en kjede med ulike arbeidsstasjoner i en fabrikk, hvis det utføres en spesifikk operasjon på hver arbeidsstasjon. I en fabrikk er inspeksjon eller montering av en spesifikk komponent to eksempler på hva som kan bli utført på en arbeidsstasjon.

Det er store forskjeller mellom produksjon på en bilfabrikk og på en byggeplass. Et av kjennetegnene ved produksjon i byggenæringen, er at bygg er store objekter som sitter fast i bakken (Kalsaas, Bølviken og Klakegg, 2017, s. 22-24). Dette medfører at produksjonen må flyttes til bygget, som er produktet. Man kan si at produksjonen beveger seg gjennom produktet, "hos kunden", på kundens tomt. Dette er i stor kontrast til produksjon i en fabrikk, der produktet flyttes til produksjonen. Eksempler på arbeidsstasjoner i et byggeprosjekt er et arbeidslag eller rådgivende ingeniører (Drevland, 2019, s. 158). Dette er enkeltpersoner eller grupper som har samme funksjon. Tommelein, Riley og Howell (1999) omtaler arbeidsstasjonene i et byggeprosjekt som fagparader. Dette er siden arbeidsstasjonene «marsjerer» gjennom produktet når de utfører sine arbeidsoppgaver.

Ballard og Howell (2003) skriver at arbeidsoppgaver er forpliktelse. I denne oppgaven betraktes arbeidsoppgaver som mer overordnet enn aktiviteter. Aktiviteter har et detaljnivå som muliggjør kontroll av kostnad og tid.

To begreper som også brukes ofte i produksjonsteori er oppstrøms og nedstrøms. Man kan si at en arbeidsstasjon er oppstrøms hvis den er plassert tidligere i en kjede av arbeidsstasjoner (Drevland, 2019, s. 158). Når vi omtaler en kjede av arbeidsstasjoner, betyr dette at arbeidsstasjonene er avhengige av hverandre. Den første arbeidsstasjonen i en kjede vil alltid være oppstrøms for de andre arbeidsstasjonene i den samme kjeden. På samme måte er en

nedstrøms arbeidsstasjon plassert etter en annen arbeidsstasjon i samme kjede. Den siste arbeidsstasjonen i en kjede vil alltid være nedstrøms for de andre arbeidsstasjonene i kjeden.

3.1.2 Kapasitet, produksjonshastighet og last

Den gjennomsnittlige leveransen til en produksjonsprosess per tid er definert som gjennomstrømningen (throughput på engelsk) eller gjennomstrømningsraten (Hopp og Spearman, 2011, s. 231). Videre kan den øvre grensen til gjennomstrømningen kalles for kapasiteten til produksjonsprosessen. Den faktiske produksjonen per tidsenhet er produksjonshastigheten til en produksjonsenhet. I et produksjonssystem vil det vanligvis være en naturlig variasjon i arbeidsstasjonene sin kapasitet og faktisk produksjonshastighet. Det er også viktig å påpeke at den totale produksjonshastigheten aldri vil overstige produksjonshastigheten til den tregeste arbeidsstasjonen i kjeden. Produksjonshastigheten til denne arbeidsstasjonen kalles for flaskehalsraten. Hvis man ønsker å øke produksjonshastigheten til et produksjonssystem, kan det være fornuftig å forsøke å forbedre flaskehalsraten.

Last er et begrep som også brukes for å beskrive produksjonsprosesser (Drevland, 2019, s. 159). En last er en mengde arbeid og lasting betyr at en arbeidsstasjon tildeles arbeid. Hvis lasten er like stor som kapasiteten til produksjonsprosessen, kan man si at arbeidsstasjonen er optimalisert. Hvis et arbeidslag har kapasitet til å montere 500 m² gips hver dag, så vil en dagsproduksjon på 400 m² tilsvare 80% av optimalisert produksjon.

3.1.3 Parti, varer i arbeid og syklustid

I Drevland (2019, s. 159) sin doktoravhandling defineres begrepene parti og partistørrelse (batch og batch size på engelsk). Et parti kan betraktes som den samtidige produksjonsmengden. Hvis man overfører analogien til baking, kan et parti være det som settes inn i en ovn samtidig. Da vil mengden bakevarer i ovnen være partistørrelsen. I en fabrikksetting fokuseres det på komplette enheter, som for eksempel en bil. Hvis man betrakter byggenæringen, er det vanskeligere å stadfeste konkrete parti og partistørrelser. I kontrast til baking og fabrikkproduksjon, som fokuserer på komplette enheter, kan kvantitative størrelser eller områder betraktes som et parti i byggenæringen. Eksempler på dette er kvadratmeter gips eller ferdigbygde rom.

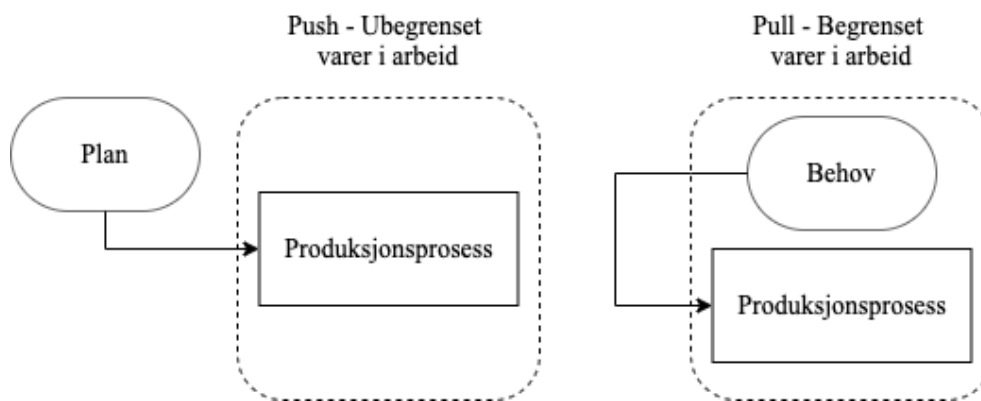
Begrepet varer i arbeid (work in progress på engelsk) er et måltall på antall produkter som er innen en spesifikk arbeidssekvens (Hopp og Spearman, 2011, s. 230). Dette omfavner alle varene i arbeidssekvensen, med unntak av de ferdige varene på det siste punktet i arbeidssekvensen. Hvis man betrakter en bilfabrikk med et samlebånd, så vil det være mange arbeidsstasjoner som utfører ulikt arbeid (Drevland, 2019, s. 159). I dette tilfellet vil bilen være partistørrelsen som flyter direkte mellom arbeidsstasjonene, uten mellomlagring. Dette betyr at det er kontinuerlig flyt. I byggenæringen er det arbeidsstasjonene som flytter på seg, ikke produktet. Dermed blir denne definisjonen problematisk. Likevel kan endring i inventar eller pågående fagparader betraktes som varer i arbeid. Eksempelvis kan antall leiligheter som er påbegynt, men som ikke er ferdige, betraktes som varer i arbeid.

Syklustid omtales også som gjennomsnittlig syklustid, gjennomstrømningstid eller oppholdstid for en gitt arbeidssekvens (Hopp og Spearman, 2011, s. 230). Dette er gjennomsnittstiden fra en arbeidssekvens starter til den er ferdig. Dette vil si tiden der varer har tilstanden «varer i arbeid». På samme måte som for varer i arbeid, må denne definisjonen

forklares nærmere for å forstå hvordan dette fungerer i byggenæringen (Drevland, 2019, s. 160). Syklustid i et byggeprosjekt kan for eksempel være tiden som brukes på å fullføre byggingen av en leilighet.

3.1.4 Push og pull

Innenfor produksjonsteori er det i hovedsak to tilnæringer til produksjonssystemer: push og pull (Hopp og Spearman, 2011, s. 356-357). Det er mulig å oversette begrepene til trykk og sug, men det er vanlig å benytte de engelske begrepene i den norske byggenæringen. Begrepet pull har også blitt omtalt som «produksjon etter bestilling», som indikerer at det er en kunde som bestiller et produkt fra systemet. Dette er i motsetning til push, der produkter lages før det finnes et reelt behov for produktet. Figur 2 viser en visuell fremstilling av de to begrepene. Det er også verdt å påpeke at de aller fleste produksjonssystemer er en kombinasjon av push og pull. Ballard (2000) skriver at et pull-system sørger for at det ikke blir for store materialbuffere på byggeplassen.



Figur 2: Push og pull (Hopp og Spearman, 2011, s. 357).

3.2 Sløsing

Begrepet sløsing (waste på engelsk) nevnes ofte sammen med produksjonsteori. Ifølge Womack og Jones, referert i Drevland (2019, s. 50), defineres sløsing som en aktivitet som konsumerer ressurser, men som ikke skaper verdi. Hvis man definerer verdi som en fordel, vil alle aktiviteter som skaper en fordel ikke regnes som sløsing. Det er også mulig å betrakte verdi som fordel minus kostnad. Med denne definisjonen vil tilfeller der kostnadene er større enn fordelene betraktes som sløsing.

Produksjonssystemet til Toyota er basert på reduisering av sløsing. Gjennom å fokusere på hva som reduserer effektiviteten i egne produksjonssystemer, har Toyota funnet sju hovedårsaker for sløsing (Ohno, 1988, s. 18-20):

1. Overproduksjon.
2. Venting.
3. Transport.
4. Overprosessering.
5. Unødvendig inventar.
6. Forflytning.
7. Defekte deler eller produkter.

De syv hovedårsakene for sløsing er basert på fabrikkproduksjon og kan ikke overføres direkte til byggeprosjekter. Det er verdt å merke seg at noen av formene for sløsing er nødvendige, men at andre former for sløsing er unødvendige. I byggeprosjekter vil for eksempel transport av varer ikke skape verdi, men dette er likevel nødvendig for å produsere et bygg. Til sammenligning er overproduksjon unødvendig og burde alltid unngås.

3.3 Transformasjon, flyt og verdi

Historisk sett har det vært tre ulike tilnærminger til produksjon i byggeprosjekter i det 20. århundret (Koskela, 2000, s. 3). Koskela kom frem til at de tre tilnærmingene ikke var motstridende, men utfyllende. Dette var utgangspunktet for produksjonsteorien TFV, som tar for seg transformasjon, flyt og verdi.

Den første tilnærmingen omhandler transformasjon av input til output (Koskela, 2000). Hovedprinsippet til transformasjon, er å realisere verdiskapende aktiviteter effektivt. Dette skjer gjennom å bryte ned arbeidsoppgaver og å minimere kostnadene til alle de nedbrutte arbeidsoppgavene. Nedbrytningen av arbeidsoppgaver omtales på engelsk som "Work Breakdown Structure". Alle byggeprosjekter brytes ned i ulik grad, slik at det er mulig å beregne tid og kostnader for prosjektets deler (Heagney, 2016). Hvis et produksjonssystem skal optimeres, med en transformasjonstilnærming, burde man forsøke å gjennomføre flest mulig aktiviteter som skaper verdi (Koskela, 2000). Som nevnt tidligere er et produksjonssystem sammensatt og inneholder ikke bare transformasjonsaktiviteter. Dermed må også flyt betraktes.

Flyt, den andre tilnærmingen til produksjonssystemer i byggeprosjekter, omhandler aktivitetene som ikke skaper verdi (Koskela, 2000, s. 88-90). Dette er aktiviteter som skjer mellom verdiskapende aktiviteter. Eksempler på flytaktiviteter er venting, inspeksjon og flytting. For å kunne optimalisere et produksjonssystem må også flyten betraktes. For å redusere flyten i et byggeprosjekt kan man komprimere leveringstiden, redusere variabiliteten, forenkle arbeidsoppgaver, øke gjennomsiktigheten og øke fleksibiliteten. Variabilitet vil bli forklart i "3.4.1 Variabilitet". På samme måte som for sløsing finnes det nødvendige og unødvendige flytaktiviteter. I praksis betyr dette at unødvendige flytaktiviteter burde fjernes og at nødvendige flytaktiviteter burde reduseres, slik at det kan skapes mer verdi.

Den siste tilnærmingen til produksjonssystemer i byggeprosjekter er verdi. Drevland (2019, s. 126) skriver at verdi kan skapes for både kunden og alle nedstrøms arbeidsstasjoner. Verdi skapes ved at kundens behov blir videreformidlet og ivaretatt (Koskela, 2000, s. 88-90). For å øke verdien kan man også vurdere behovet for alle leveransene i et prosjekt, forsikre seg om at produksjonssystemet er kapabelt og måle produsert verdi. Som nevnt tidligere kan verdi betraktes som en fordel, eller en fordel minus kostnader.

3.4 Variabilitet og buffere

3.4.1 Variabilitet

Den formelle definisjonen på variabilitet, er kvaliteten på ujevnheter til en gruppe enheter (Hopp og Spearman, 2011, s. 265). I et produksjonssystem kan variabiliteten til ulike parametere betraktes, som for eksempel variabiliteten til fysiske størrelser, prosessid, tidsintervaller mellom reparasjoner, kvalitetsmålinger, temperatur og hardhet til materialer.

Prosessvariabiliteten er variabiliteten til den effektive prosesstiden til en jobb ved en arbeidsstasjon (Hopp og Spearman, 2011, s. 271-277). Denne variabiliteten kan også omtales som variabiliteten til transformasjon, som ble forklart tidligere. Mulige årsaker til at denne variabiliteten oppstår er naturlig variasjon, tilfeldige brudd, oppstartstid av maskiner/operasjoner, tilgjengelige arbeidere og behov for å gjøre operasjoner på nytt. Andre eksempler på årsaker er vær og sykdom.

Flytvariabilitet omhandler variabiliteten til forflytningen av jobber eller deler fra en arbeidsstasjon til en annen (Hopp og Spearman, 2011, s. 277-278). Eksempelvis vil flytvariabiliteten til en arbeidsstasjon som er oppstrøms påvirke alle sine nedstrøms arbeidsstasjoner. Som nevnt tidligere, er flyt ikke-verdiskapende aktiviteter.

I byggeprosjekter vil ikke arbeidsoppgaver være helt like, som ofte er tilfelle i en fabrikk. For å kunne forstå variabilitet i byggeprosjekter, forklarer Drevland (2019, s. 161) at det er mer relevant å betrakte variabiliteten som tiden det tar før alle forutsetningene til en arbeidsoppgave er tilstede. Sentrale forutsetninger for produksjonssystemer i byggeprosjekter forklares i "3.7.3 Øke gjennomstrømning". Hvis variabiliteten til fremdriftsplanen i et byggeprosjekt reduseres, vil planens troverdighet øke. Variabilitetsloven defineres på følgende vis:

Variabilitetsloven: En økning i variabilitet vil alltid redusere prestasjonen til et produksjonssystem (Drevland, 2019, s. 161).

3.4.2 Buffere

I en ideell verden, ville transformasjon og behov alltid være det samme. I et slikt tilfelle ville det ikke være behov for inventar, siden alle ressursene utnyttes 100%. Siden dette ikke er tilfelle, er det et behov for buffere. Buffere retter opp misforholdet mellom behov og transformasjon og finnes i tre ulike formater (Hopp og Spearman, 2011, s. 202):

1. Inventarbuffer (ekstra material i transformasjonsprosessen eller mellom transformasjons- og behovsprosessen).
2. Tidsbuffer (en forsinkelse mellom behov og tilfredsstillelse gjennom en transformasjonsprosess).
3. Kapasitetsbuffer (ekstra transformasjonspotensiale for å tilfredsstille uregelmessige og uforutsigbare behov).

Årsaken til at transformasjon og behov ikke alltid er like, er blant annet variabilitet (Hopp og Spearman, 2011, s. 203). Eksempler på variabilitet er kunder som endrer sine behov eller maskiner som slutter å fungere. Hvis bufferne i et produksjonssystem er fleksible, vil man kunne redusere variabiliteten. Et produksjonssystem er fleksibelt hvis arbeidsstasjonene kan utføre ulike arbeidsoppgaver. Det er ofte vanskelig å oppnå i byggeprosjekter, siden mange av arbeidsoppgavene krever en spesifikk fagkompetanse.

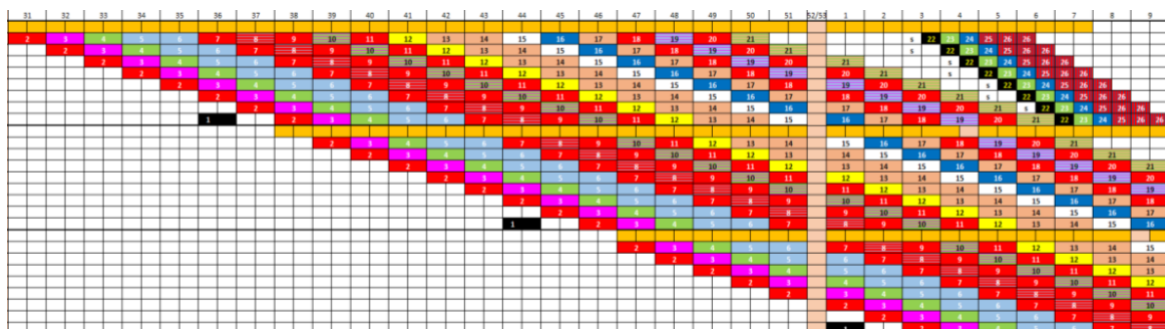
3.5 Takt

Ordet «takt» er tysk og brukes til å beskrive et Japansk system som indikerer et presist tidsintervall (Hopp og Spearman, 2011). I fabrikkproduksjon indikerer takten gjennomsnittstiden mellom outputs, altså gjennomsnittstiden til transformasjon. Videre kan

man benytte takttiden som en designparameter i produksjon. For eksempel hvis man betrakter forholdet mellom tilgjengelig tid i en periode og behovet som må dekkes i samme periode. Taktplanlegging har dermed flere likheter med pull-planlegging, som er basert på et bestilt produkt, altså et reelt behov.

Tommelein, Riley og Howell (1999) skriver at takt er i tråd med Lean-filosofien og kan benyttes til å unngå usikkerhet i arbeidsflyten og forsinkelser i byggeprosjekter. Dette kan oppnås gjennom å tilpasse størrelsen på arbeidslagene, altså arbeidsstasjonene, ut fra gjennomstrømmningen. Denne tilpasningen gjør at områder i bygget vil være ledige når det er behov for dette, slik at det blir kontinuerlig flyt. Dermed kan de ulike fagene jobbe alene i et område. Dette fører til at det alltid er tilstrekkelig arbeidsplass der arbeidet foregår, som er en forutsetning for å kunne utføre arbeidsoppgaver i byggeprosjekter. Forutsetninger for arbeidsoppgaver i byggeprosjekter forklares nærmere senere.

Vatne og Drevland (2016) skriver at taktplanlegging sikter på å øke produktiviteten gjennom å redusere sløsing. Dette oppnås gjennom å optimalisere størrelsen på arbeidslag og laster, slik at ønsket produksjonshastighet oppnås. Det er gjort funn som tilsier at taktplanlegging reduserer ikke-verdiskapende tid som forbrukes av arbeidere i byggeprosjekter. For å oppnå dette, er det nødvendig med en omfattende planlegging sammen med prosjektets involverte aktører. Det er også viktig å følge opp taktplanen underveis. Figur 3 viser et eksempel på en taktplan. I eksempelet er en kolonne en lokasjon, rutene er arbeidsoppgaver og de forskjellige bedriftene har hver sin farge. Som figuren viser, er arbeidslagene og lastene tilpasset slik at tiden som brukes på hver lokasjon er lik for alle bedriftene. Det er utbredt å lage taktplaner ved hjelp av post-it lapper med ulike farger.



Figur 3: Taktplan (Vatne og Drevland, 2016).

3.6 Forbedring av flytprosesser

Koskela (1992, s. 15-16) har kommet frem til 11 prinsipper for å forbedre flytprosesser i byggeprosjekter. Flytprosesser er prosessene som påvirker tiden, kostnadene og verdiene i et prosjekt. Prinsippene har som formål å redusere eller eliminere aktiviteter som omhandler flyt, men også å gjøre transformasjon mer effektivt. De 11 prinsippene ble etablert før teorien om TFFV, men transformasjon, flyt og verdi omtales i prinsippene. Koskela sine prinsipper er følgende:

1. Redusere andelen ikke-verdiskapende aktiviteter.
2. Øk sluttverdien ved å systematisk vurdere kundens behov.
3. Reduser variabilitet.
4. Reduser syklustid.
5. Forenkle ved å minimere antallet steder, deler og koblinger.
6. Øk fleksibiliteten til output.
7. Øk gjennomsiktigheten til prosessen.
8. Fokuser på kontroll av hele prosessen.
9. Forbedre prosessen kontinuerlig.
10. Balanser forbedring av flyt ved å forbedre konverteringen.
11. Benchmark (måle prestasjon).

3.7 Redusere syklustid

Redusering av syklustid er et av prinsippene som Koskela presenterer for å forbedre flytprosesser. Dette prinsippet gjennomgås i detalj siden bruk av LPS understøtter prinsippet. For å kunne forstå hvordan syklustiden kan reduseres, benyttes Little's lov.

3.7.1 Little's lov

Little's lov: *Varer i arbeid = Gjennomstrømning x Syklustid*

Hvis man omskriver Little's lov, slik at det fokuseres på syklustid, får vi følgende formel (Hopp og Spearman, 2011, s. 239):

$$\text{Syklustid} = \frac{\text{Varer i arbeid}}{\text{Gjennomstrømning}}$$

Dette indikerer at syklustiden kan reduseres gjennom å redusere varer i arbeid eller gjennom å øke gjennomstrømningen (throughput på engelsk).

3.7.2 Redusere varer i arbeid

Som nevnt tidligere, er varer i arbeid et måltall på antall produkter som er innenfor en spesifikk arbeidssekvens (Hopp og Spearman, 2011, s. 230). I et byggeprosjekt kan dette for eksempel være påbegynte leiligheter som ikke er ferdige. Innenfor begrepet varer i arbeid, inngår både ulike partistørrelser og buffere mellom de ulike arbeidsstasjonene. Dette betyr at varer i arbeid kan reduseres gjennom å redusere partistørrelser eller buffere.

Hvis det er ønskelig å redusere buffere, kan dette gjøres direkte eller ved å redusere variabiliteten, som også er et av Koskela (1992, s. 16) sine 11 prinsipper. Hvis kapasitetsbufferne økes, vil variabiliteten reduseres (Hopp og Spearman, 2011, s. 309). Det forventes også at produksjonshastigheten reduseres, hvis variabiliteten reduseres. Dette betyr at en økning av kapasitetsbuffer vil ha en tosidig effekt. Alternativt kan både inventar- og tidsbuffer reduseres gjennom god planlegging. Det er viktig å poengtere at hvis bufferne blir for små, kan det få kritiske konsekvenser for alle nedstrøms arbeidsstasjoner (Hopp og Spearman, 2011, s. 203).

Partistørrelsen har allerede blitt definert som størrelsen til den samtidige produksjonsmengden (Drevland, 2019, s. 159). Hvis man ønsker å redusere partistørrelsen til en produksjonsprosess

i et byggeprosjekt, kan dette gjøres gjennom å redusere størrelsen på kontrollområdene, som for eksempel er leiligheter. Dette vil føre til færre uferdige produksjonsprosesser og en redusert syklustid. Færre kontrollområder legger også til rette for en hyppigere kontroll av prosjektets kontrollområder.

3.7.3 Øke gjennomstrømning

Gjennomstrømningen, som også er omtalt som gjennomstrømningsraten, har tidligere blitt definert som den gjennomsnittlige leveransen til en produksjonsprosess per tid (Hopp og Spearman, 2011, s. 231). Hvis denne parameteren skal økes, betyr det at produksjonshastigheten må økes. For å øke produksjonshastigheten, må det blant annet tas hensyn til flaskehalsraten. Dette er tidligere blitt definert som produksjonshastigheten til den tregeste arbeidsstasjonen i en produksjonskjede.

Det er kjent at en arbeidsstasjon bruker tid på både transformasjon og flyt. Videre er det ønskelig å øke transformasjon og redusere flyten (Koskela, 1992, s. 16). Et eksempel på en arbeidsstasjon, er et arbeidslag på en byggeplass (Drevland, 2019, s. 158). Oppgavene til denne arbeidsstasjonen kan deles inn i forflytning, venting på forutsetninger, tilrigging, prosessering, nedrigging, opprydding og ny forflytning. Delene forflytning, tilrigging, nedrigging, opprydding og ny forflytning kan omtales som nødvendig flyt og burde gjøres så effektivt som mulig. Venting på forutsetninger kan betraktes som unødvendig flyt og burde dermed fjernes. Lauri Koskela (2000, s. 188) har kommet frem til følgende sju forutsetninger for å kunne utføre arbeidsoppgaver i byggeprosjekter. De sju forutsetningene er basert på empirisk forskning og er følgende:

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

De syv forutsetningene kan også betraktes som årsaker til at arbeidsoppgaver ikke er utført til riktig tid.

3.8 Virtual Design and Construction

Rammeverket Virtual Design and Construction (VDC) defineres av Kunz og Fischer (2012) som bruk av integrerte, tverrfaglige ytelsesmodeller til å designe byggeprosjekter, slik at både offentlige og forretningsmessige mål støttes. VDC-modellene er virtuelle, siden de har en databasert visualisering av prosjekter. Visualiseringen er såkalte bygningsinformasjonsmodeller, som også kan omtales som BIM. Modellene er også integrerte, som betyr at alle relevante aktører har tilgang til delt informasjon. Det som menes med at modellene er tverrfaglige, er at de representerer både byggherren, entreprenøren, ingeniørene, arkitektene og andre involverte aktører i et prosjekt. Rammeverket brukes som regel i prosjekteringsfasen til byggeprosjekter.

VDC omtales som en tilnærming som kan hjelpe byggenæringen med å oppnå en etterlevelse av prinsippene til Lean (Alarcón, Mandujano og Mourgues, 2013). Dette skjer gjennom å

redusere sløsing og kostnader, forbedre produktiviteten og skape positive resultater i byggeprosjekter. Målinger er en sentral del av VDC og kan brukes til å evaluere situasjonen til prosesser i prosjekteringen (Knotten og Svalestuen, 2014). Enkle målinger kan brukes til å forbedre kontrollen, slik at effektiviteten forbedres. Prosent Planlagt Utført (PPU) og evaluering av planleggingsmøter er eksempler på VDC-målinger. PPU vil bli forklart i detalj i oppgavens resultatkapittel.

4 Resultater

Dette kapittelet presenterer resultatene som brukes til å besvare oppgavens tre forskningsspørsmål. For å besvare det første forskningsspørsmålet, "Hva er the Last Planner System?", gjennomgås litteratur fra eksperter innen tematikken. Litteraturen beskriver behovet for LPS, formålet med LPS, samt hvordan man kan betrakte LPS som en helhet. Deretter presenteres en rekke prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy som gjør rede for hvordan man må tenke og handle for å implementere LPS.

For å besvare de to andre forskningsspørsmålene, etableres to modenhetsmodeller. Modenhetsmodellene er allerede etablert i metodekapittelet, men beskrives ytterligere her. I denne oppgaven vurderer modenhetsmodellene fem ulike entreprenører. Resultatene fra vurderingene presenteres på ulike måter. Utvalgte intervjuobservasjoner og norske entreprenører sitt syn på LPS presenteres også i kapittelet. Til slutt oppsummeres resultatene.

4.1 The Last Planner System

Her beskrives behovet for LPS, formålet med LPS, samt hvordan man kan betrakte LPS som en helhet. Innholdet baserer seg på allerede definerte begreper fra oppgavens teorikapittel.

Ballard og Howell (2003) skriver at hovedformålet til LPS er å redusere variabiliteten. Tommelein, Riley og Howell (1999) har undersøkt hvordan variabiliteten til arbeidsflyten påvirker overleveringer mellom ulike bedrifter i byggeprosjekter. Forfatterne kom frem til at når arbeidsflyten har mer variasjon, så fullføres prosjekter senere og det blir mer sløsing i utførelsen. Det er mulig å unngå begge deler hvis man reduserer variabiliteten til arbeidsflyten, som LPS forsøker å oppnå.

LPS forsøker å gjøre arbeidsflyten i byggeprosjekter mer forutsigbar (Ballard, 2000). Systemet er inspirert av Lauri Koskela (2000) sitt arbeid med produksjonsteori i byggenæringen. TFV-teorien (transformasjon, flyt og verdi), som allerede er definert, inngår i dette arbeidet. Koskela (1992) hevder at det største forbedringspotensialet til gjennomføringen av byggeprosjekter er relatert til flyt.

Ved å benytte LPS kan produktiviteten til både den enkelte produksjonsenheten og alle nedstrøms produksjonsenheter forbedres (Ballard og Howell, 1998). Dermed kan gjennomføringstiden til byggeprosjekter bli kortere. Det er også mulig å redusere gjennomføringstiden ved å redusere buffere. Hvis man måler syklustiden og variabiliteten er det lettere å oppnå riktig størrelse på prosjektets buffere, som videre kan føre til en redusert gjennomføringstid (Ballard og Howell, 2003).

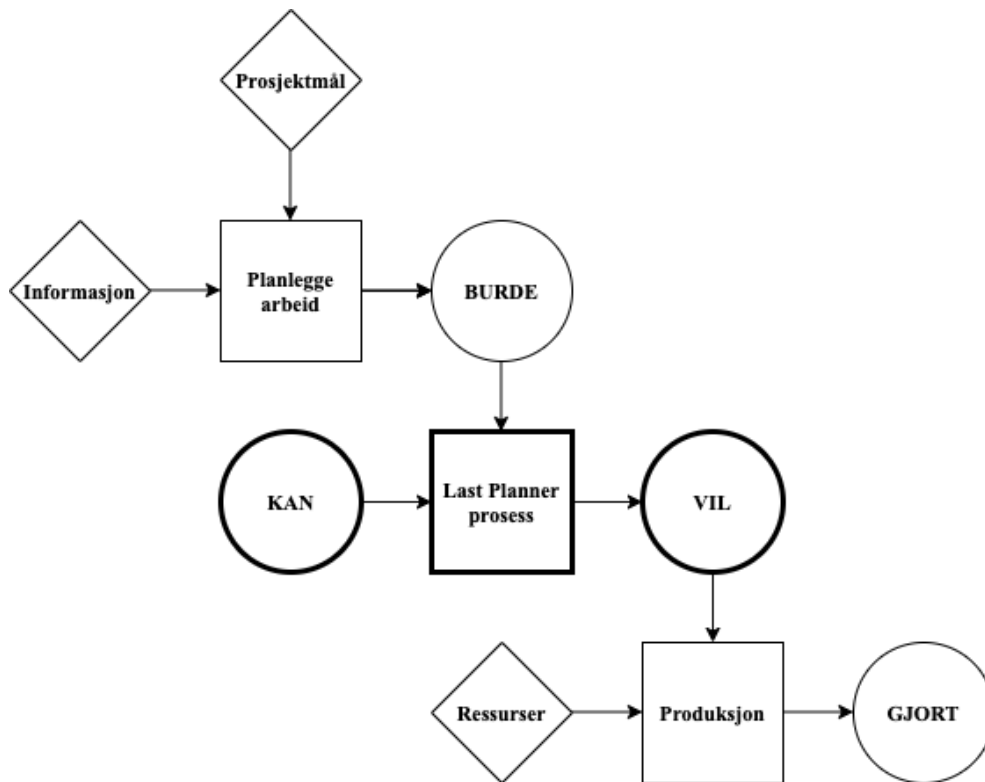
Det fulle navnet til LPS er *The Last Planner System of Production Control* (Ballard, 2000). Produksjonskontroll betyr å styre mot et prosjekt sine mål innen sikkerhet, kvalitet, tid og kostnad (Ballard og Tommelein, 2016). Ballard (2000) presenterer en rekke kriterier for å oppnå effektive produksjonskontrollsystemer:

- Variabiliteten må reduseres eller fjernes.
- Arbeidsoppgaver må være sunne. Det betyr at alle forutsetningene til arbeidsoppgavene må være tilstede.
- Det jobbes aktivt med å oppnå alle forutsetningene for fremtidige arbeidsoppgaver.
- Gjennomføringsgraden til planlagte arbeidsoppgaver må måles og presenteres.
- Årsaker til at planlagte arbeidsoppgaver ikke ble utført må undersøkes. Deretter må årsakene fjernes.
- Bufferne til de sunne arbeidsoppgavene må tilpasses og følges opp.
- Pull-planlegging benyttes i tillegg til tradisjonell push-planlegging.
- Produksjonskontrollen legger til rette for arbeidsflyt og verdiskapning.
- Prosjektet betraktes som et midlertidig produksjonssystem.
- Beslutninger gjøres innad i produksjonskontrollsystemet.
- Sub-optimalisering unngås i produksjonskontrollsystemet.

LPS kan betraktes som en Lean-metode (Ballard og Tommelein, 2016). Begrepet Lean ble først tatt i bruk av John Krafcik i 1988, da han skrev artikkelen "Triumph of the Lean Production System" (University of St Andrews, u.å.). På dette tidspunktet hadde Toyota allerede utviklet et produksjonssystem som samsvarte med prinsippene til Lean, men de brukte ikke begrepet enda. I 1992 publiserte Lauri Koskela en rapport med 11 prinsipper for å forbedre flytprosesser i byggeprosjekter. De 11 prinsippene har allerede blitt introdusert i "3.6 Forbedring av flytprosesser" og rapporten regnes som det litterære startskuddet for Lean Construction (Drevland, 2016). Lean Construction-bevegelsen har bidratt med en rekke tiltak for å motvirke utfordringer i byggenæringen (Lean Construction Institute, u.å.). En av disse utfordringene er den stagnerende produktiviteten.

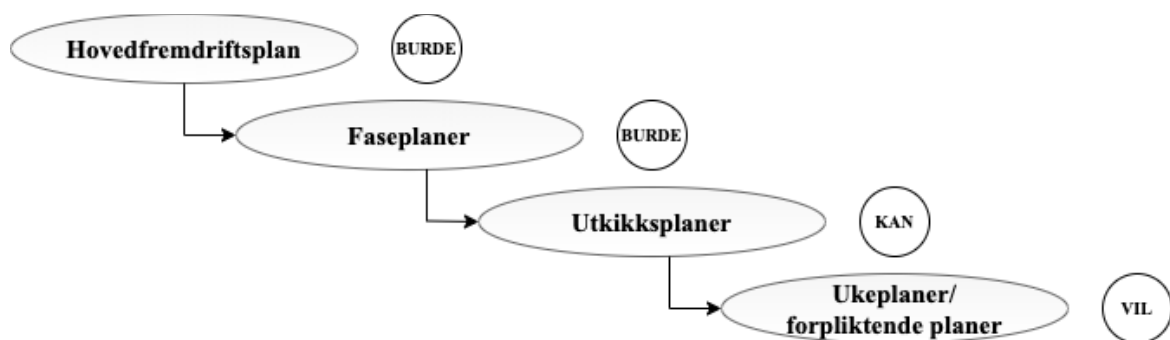
Lean er en ledelsesfilosofi som forsøker å øke kunde verdien og å redusere sløsing (Ballard og Tommelein, 2016). Verdien økes når prosjektene leverer det som kunden trenger, innenfor kundens begrensninger i form av tid, kostnad og andre behov. LPS er en metode som muliggjør dette og som konkretiserer hvordan prosjekter kan styre mot disse målene.

LPS omformer arbeidsoppgaver som BURDE gjøres til arbeidsoppgaver som KAN gjennomføres (Ballard, 2000). Dette skjer gjennom å sørge for at arbeidsoppgaver er klare for utførelse, før de inkluderes i prosjekters ukeplaner. Deretter forplikter formenn og baser seg til å gjennomføre innholdet i ukeplanene, slik at man er sikre på at arbeidsoppgavene VIL bli utført. De nevnte overgangene inngår i helheten til LPS, som presenteres i Figur 4. Enkeltpersonene eller gruppene i byggeprosjekter som bestemmer hva som skal bli utført i morgen omtales som "Last Planners". I denne oppgaven vil disse personene bli omtalt som "de siste planleggerne". Dette kan for eksempel være formenn, baser, arkitekter eller rådgivende ingeniører.



Figur 4: Helheten til LPS (Ballard, 2000, s. 3-15).

LPS kan deles inn i fire plannivåer og kan betraktes som en planleggingsmetodikk. De fire plannivåene er: hovedfremdriftsplan, faseplaner, utviklingsplaner og ukeplaner/forpliktende planer (Ballard, 2000; Ballard og Tommelein, 2016). Det siste plannivået omtales som både ukeplaner og forpliktende planer i litteraturen om LPS. De fire plannivåene presenteres i Figur 5 og har de samme overgangene som er tilknyttet "Last Planner prosess" i Figur 4 (BURDE, KAN og VIL).



Figur 5: De fire plannivåene til LPS (Ballard, 2000; Ballard og Tommelein, 2016).

Produksjonskontrollsystemet LPS består av en rekke prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy som beskrives i denne masteroppgaven (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009). De nevnte prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene, samt de fire plannivåene, brukes i etableringen av de seks hoveddeler for LPS. De seks hoveddelene forklares i detalj senere.

Hoveddelene er også basert på overgangene BURDE, KAN, VIL og GJORT, som inngår i helheten til LPS.

4.2 Prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy

LPS ble først tatt i bruk i byggeplassproduksjon, men erfaring har vist at produksjonssystemet også egner seg til å kontrollere prosjektering (Ballard, 2000; Ballard, Hammond og Nickerson, 2009; Fosse og Ballard, 2016). Produksjonssystemet kan karakteriseres ut fra fem prinsipper som påvirker hvordan man tenker og handler, fem funksjoner som muliggjør prinsippene og en rekke metoder og verktøy som brukes til å benytte prinsippene og funksjonene i praksis (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009). Prinsipper er overordnet funksjonene og representerer holdninger. Funksjonene er mer konkrete enn prinsippene. Prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene til LPS fremkommer i Tabell 7.

Tabell 7: Prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy for LPS
(Ballard, Hammond og Nickerson, 2009; Ballard og Tommelein, 2016).

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

4.2.1 Prinsipper

Det første prinsippet til LPS, er å planlegge mer i detalj når utførelsen nærmer seg. For usikre og variable produksjonssystemer, som for eksempel et byggeprosjekt, kan ikke pålitelig, detaljert planlegging skje lenge før det planlagte tidspunktet (Ballard, 2000, s. 3-15). Likevel, når det bestemmes hva som skal gjøres i et prosjekt, er det vanlig å følge en hovedfremdriftsplan som ble lagd i starten av prosjektet. Ballard stilte følgende spørsmål i sin doktorgrad: "How are such decisions made and can they be made better?" (Ballard, 2000, s. 3-16). Noen år senere ble dette prinsippet presentert som en del av LPS (Ballard og Tommelein, 2016). Essensen ved dette prinsippet, uavhengig av detaljnivået til planene som

allerede finnes, er at man burde revurdere fase for fase sammen med de som skal utføre arbeidet i fasen (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009).

Det andre prinsippet innen LPS-begrepet, er å lage planer sammen med de som skal gjøre arbeidet. Dette kan for eksempel være de siste planleggerne. En av grunnene til at involvering av de siste planleggerne er et fundamentalt element i LPS, er siden deres planer fører til direkte utførelse (Ballard og Tommelein, 2016). Det er disse rådgiverne i frontlinjen som har mest kunnskap om hvordan man kan optimalisere arbeid i gitte omgivelser. I et pilotprosjekt kom det frem av involvering av underentreprenører forenklet koordineringen i byggeprosjektet (Ballard, 2000, s. 10-12).

Et annet prinsipp er å finne og fjerne hindringer for planlagte arbeidsoppgaver som et team. Hindringer grupperes ut fra Koskela (2000, s. 188) sine sju forutsetninger som ble presentert i "3.7.3 Øke gjennomstrømning". De sju gruppene med hindringer er basert på empirisk forskning.

Hindringer kan være fysiske, som for eksempel tilgjengelig material før utførelse eller utførte foregående aktiviteter (Ballard og Tommelein, 2016). Det finnes også informative hindringer, som for eksempel informasjon før design, design før utførelse eller tillatelse før arbeid. Ansvar for å fjerne hindringene fordeles i teamet. Det er for eksempel typisk at formennene er ansvarlige for å sikre kvalifisert og riktig mengde arbeidskraft, men at det er byggingeniørene som ansvarlige for å fjerne informasjonshindringer. Det er viktig å identifisere avdelingene og individene som er kontaktpersoner for de ulike typene hindringer.

Troverdige og sikre lovnader er et resultat av forpliktelsene vi gjør, av respekt for andre aktører sine behov (Ballard og Tommelein, 2016). For å kunne implementere dette prinsippet er det viktig at alt arbeid blir utført på et språk og på en måte som de involverte aktørene forstår. Før lovnader inngås, må den som skal forplikte seg til noe vurdere kapabilitet og kapasitet til å gjennomføre forespørselen innen den forespurte tidsfristen. For å oppnå troverdige lovnader, er det viktig at det er akseptert å svare "Nei" på en forespørsel.

Det siste prinsippet innen LPS er læring fra nedbrytning. LPS-prosjekter består av faser, fasene består av prosesser, prosessene består av operasjoner og operasjonene består av steg (Ballard og Tommelein, 2016).

4.2.2 Funksjoner

Funksjonene som fremkommer i Tabell 7 overlapper i stor grad med prinsippene som ble forklart. Når man planlegger sammen, spesifiseres hvilke arbeidsoppgaver som skal gjøres når, og av hvem (Ballard og Tommelein, 2016). Den forberedende planleggingen omhandler både identifisering og fjerning av hindringer, nedbrytning av arbeidsoppgaver og design av operasjoner. Når operasjoner designes, inkluderer ikke bare de siste planleggerne, men også fagarbeiderne som skal utføre operasjonen. Dette understøtter prinsippet om at man skal planlegge sammen med de som skal gjøre arbeidet.

Det som menes med at en arbeidsoppgave er frigjort, er at den er godt definert, alle forutsetninger er tilstede, arbeidsoppgaven er i riktig sekvens, i tillegg til at de utførende er kapable til gjennomføre arbeidsoppgaven (Ballard, 2000, s. 3-16). Når det står at alle forutsetningene er tilstede, menes Koskela (2000, s. 188) sine sju forutsetninger. De sju forutsetningene er: design og nødvendig prosjektering er utført, komponenter og materialer er

tilgjengelig, arbeidere er tilgjengelige, utstyr er tilgjengelig, det er tilstrekkelig arbeidsplass, foregående aktiviteter er fullført og eksterne forhold er i orden. De sju forutsetningene tar for seg de mest aktuelle informative og materielle forutsetningene som må være tilstede for å ha sunne arbeidsoppgaver. Frigjøring av arbeidsoppgaver representerer overgangen fra BURDE til KAN i Figur 4.

Funksjonen forpliktelser handler om aktørene i byggeprosjekter inngår lovnader om at de VIL gjennomføre de planlagte arbeidsoppgavene. En annen viktig del av denne funksjonen, er at man gir beskjed hvis man tror at man ikke klarer å holde inngåtte lovnader (Ballard og Tommelein, 2016). Dette er i kontrast til å vente så lenge som mulig med å gi denne beskjeden. Funksjonen læring tar for seg hvordan man kan lære av arbeidsoppgaver som ikke ble utført som planlagt.

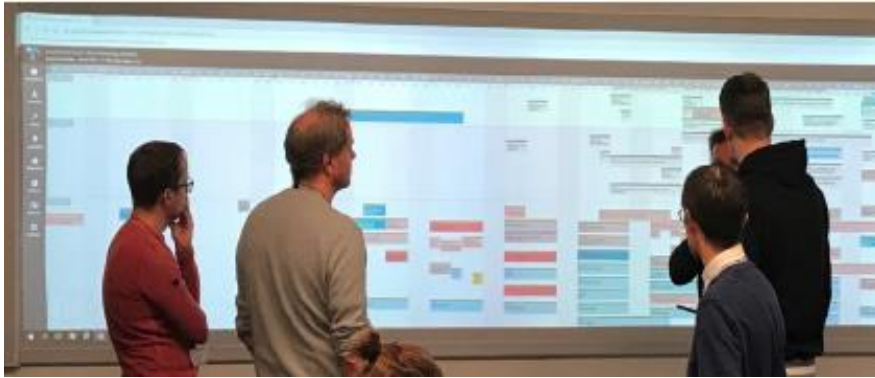
4.2.3 Metoder og verktøy

Innen LPS kan metoden pull-planlegging, også kalt for bakoverplanlegging, brukes til å lage planer på alle plannivåene til et byggeprosjekt (Ballard og Tommelein, 2016). For eksempel kan denne metoden brukes til faseplanlegging. Hvis man benytter pull-planlegging til faseplanlegging, burde denne planleggingen skje minimum en utviklingsperiode før oppstart av fasen. En utviklingsperiode er typisk mellom 3-12 uker, avhengig av tiden som er nødvendig for å fjerne hindringer. Pull-planleggingen burde involvere de som er ansvarlige for å levere arbeid, de som har autoritet til å ta av avgjørelser, samt de som har nødvendig informasjon. Dette samsvarer med de tidligere forklarte prinsippene og funksjonene. Figur 6 viser hvordan pull-planlegging med kan se ut i praksis.



Figur 6: Pull-planlegging med post-it lapper (SKANSKA, u.å.).

En del av pull-planleggingen er identifisering og definering av milepæler som teamet planlegger mot (Ballard og Tommelein, 2016). Milepæler kan for eksempel være overgangen mellom ulike faser. Deretter identifiseres hva som må til for å tilfredsstille den gitte milepælen. Dette gjør teamet sammen. Når milepælen er godt definert og teamet er enige om hva som inngår i milepælen, begynner de å planlegge bakover fra fristen til milepælen. Dette skjer gjennom å bruke fysiske eller virtuelle post-it-lapper som har informasjon om avhengigheter mellom de involverte bedriftene. Figur 7 visualiserer hvordan digital pull-planlegging kan se ut. Det er viktig at alle forstår deres eget arbeid, samt alternative gjennomføringsmåter, for å kunne utvikle en best mulig plan for alle som er involvert i planleggingen.



Figur 7: Digital pull-planlegging (SKANSKA, u.å.).

For å sikre effektiv bruk av kapasitet, må arbeid som BURDE bli utført innen en gitt dato være tilgjengelig for utførelse (KAN) uten hindringer (Ballard og Tommelein, 2016). For å oppnå dette, benyttes verktøyet hindringsanalyse. En hindringsanalyse er en systematisk måte for å loggføre hindringer, slik at de kan fjernes før de står i veien for prosjektets fremdrift. Figur 8 illustrerer hvordan en utviklingsplan kan se ut. Som figuren viser, registreres det om aktivitetene sine nødvendige forutsetninger er tilstede. Når hindringsanalysen utføres, kan det også oppdages risikoer. En risiko kan defineres som en hendelse som kan inntreffe og som har konsekvenser for noe som har verdi for mennesker (Aven, 2019). For å øke bevisstheten rundt risikoer, med tilhørende konsekvenser, er et av verktøyene innen LPS registrering av risikoer.

Activity ID	Activity Description	Planned Start Date	Response Party	Contract / Order	Design			Materials	Labor	Equipment	Prereq Work	Weather
					AE Complete	Submittal	RFI's					
	Install dowel templ	12-Aug	NLB	X	X	X	X	X	X	X	Above	X
	Pour mat slab @E	17-Aug	NLB	X	X	X	X	Concrete	X	X	Above	X
	Move tower shoring	23-Aug	Safv	X	X	X	X	X	X	Crane	Above	X
	Hard demo (Beams	30-Aug	Cal-	X	X	X	X	X	X	X	Above	X
	One side walls	13-Sep	Pecl	X	X	X	X	X	X	X	Collector	X
	Install wall rebar	16-Sep	McG	X	X	X	X	X	X	X	Above	X
	Epoxy dowels	22-Sep	NLB	X	X	X	X	X	X	X	Above	X
	Pull Test	23-Sep	ICI	X	X	X	X	X	X	X	Above	X
	Close forms	24-Sep	Pecl	X	X	X	X	X	X	X	Above	X

Figur 8: Utviklingsplan (Ballard, 2000, s. 9-5).

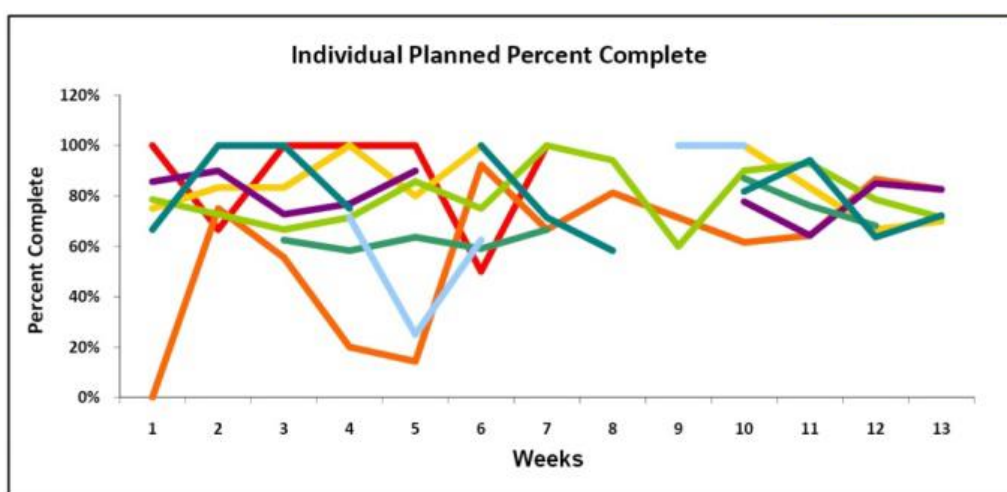
Oppgavehierarkiet til LPS-prosjekter ble omtalt tidligere. Prosjekter som benytter LPS består av ulike faser, som består av ulike prosesser, som består av ulike operasjoner, som består av ulike steg (Ballard og Tommelein, 2016). Denne nedbrytningen øker forståelsen for hva som skal utføres og legger til rette for målinger og kontroll av arbeidsoppgaver. Den forpliktende planleggingen består av målbare, definerte operasjoner og tydeliggjør hvem som er ansvarlig for å utføre hva.

Studier av første utførelse er omfattende planlegging av kommende operasjoner som skal gjøres for første gang (Ballard, 2000, s. G-13; Ballard og Tommelein, 2016). Denne planleggingen gjøres to til tre uker før utførelsen av et tverrfaglige team som er involvert i operasjonen. På planleggingsmøtene utarbeides det en arbeidsplan på "stegnivået" til prosjektnedbrytningen, slik at alle vet hva de skal gjøre. Arbeidsplanen utarbeides med utgangspunkt i operasjonens mål knyttet til sikkerhet, kvalitet, tid og kostnad. Deretter kontrolleres den første utførelsen opp mot operasjonens mål. Hvis utførelsen ikke tilfredsstillir målet, må dette utbedres og testes på nytt. Dette er en iterativ prosess som pågår frem til man oppnår operasjonens mål.

Den daglige koordineringen er korte, daglige møter, der avhengige bedrifter presenterer hvilke forpliktelser de har gjort den siste arbeidsdagen, hvilke forpliktelser de trenger hjelp til og hvilke forpliktelser de ikke klarer å levere (Ballard og Tommelein, 2016; Richert, 2017). Denne oppdateringen skjer på starten eller slutten av dagen og gjør at man enkelt kan gjøre daglige justeringer for å holde den planlagte ukeplanen. Den hyppige kontrollen legger til rette for daglige justeringer som er enklere å gjennomføre enn månedlige justeringer. Den daglige koordineringen og de andre planleggingsformene innen LPS er basert på troverdige lovnader, som ble omtalt tidligere. Hvis de siste planleggerne gjør troverdige lovnader, bekrefter de at arbeidsoppgavene som de har sagt de skal gjøre innen neste arbeidssekvens er godt definert og sunne. Når det er snakk om sunne arbeidsoppgaver, så betyr det at de er frigjorte og uten hindringer.

For å oppnå læring ved bruk av LPS, kan målinger benyttes (Richert, 2017). Ballard og Tommelein (2016) skriver at det finnes fire målinger for å måle effektiviteten til LPS-implementeringer: Prosent Planlagt Utført (PPU) (Percent Plan Complete på engelsk), klargjorte arbeidsoppgaver (TMR) (Tasks Made Ready på engelsk), forutsette arbeidsoppgaver (TA) (Tasks Anticipated på engelsk) og frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver (Frequency of Plan Failures på engelsk).

PPU sammenligner fullførte arbeidsoppgaver med planlagte arbeidsoppgaver på dagsnivå eller ukensnivå (Ballard og Tommelein, 2016). Antallet fullførte arbeidsoppgaver deles på antallet arbeidsoppgaver som var planlagt innen et gitt tidsrom, slik at man får en prosentscore. PPU måler arbeidsflyten sin relabilitet. Målet for PPU er 100%. I Figur 9 presenteres en PPU-utvikling til ulike aktører i et byggeprosjekt.



Figur 9: PPU-utviklingen til aktører i et byggeprosjekt (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009).

TMR måler teamet sin evne til å identifisere og fjerne hindringer (Ballard og Tommelein, 2016). Dette gjøres gjennom å sammenligne den forberedende planleggingen og ukeplanene som de siste planleggerne har godkjent i fellesskap. TA måler teamet sin evne til å forvente kommende arbeidsoppgaver. Hvis teamet ikke klarer å forvente kommende arbeidsoppgaver, kan ikke hindringer fjernes. For eksempel kan en ukeplan inneholde arbeidsoppgavene ABCDE. I den forberedende planleggingen var det forventet at arbeidsoppgavene ACEFG skulle bli utført denne uken. Det betyr at det bare er arbeidsoppgavene A, C og E som inngår i begge planene og at $TMR=ACE/ACEFG=60\%$. F og G inngår i den forberedende planleggingen, men inngår ikke i ukens ukeplan. Det betyr at $TA=FG/ACEFG=40\%$.

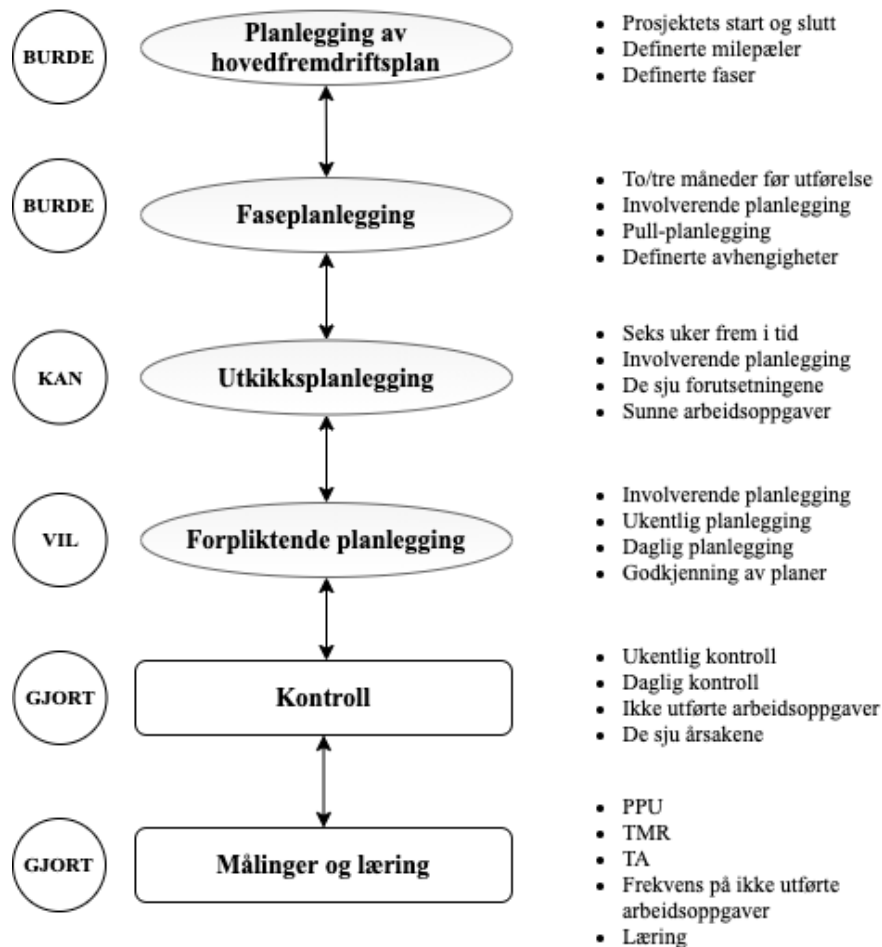
Frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver måler det samme som PPU, men presenterer en frekvens og ikke et prosenttall (Ballard og Tommelein, 2016). Begge målingene registrerer årsaker til at arbeidsoppgaver ikke er utført som planlagt. Grupperingen til årsakene er basert på Koskela (2000) sin sju årsaker. Fem hvorfor-analysen går ut på å stille spørsmålet «Hvorfor?» fem ganger, for å komme frem til roten av et problem, slik at det kan fikses (Ohno, 1988; Ballard og Tommelein, 2016).

4.3 Modenhetsmodeller

Forskningsspørsmålet "I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?", baserer seg på en forståelse av hva som menes med LPS. Det er ulike elementer som inngår i LPS og systemet er basert på en rekke prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy. McConaughy og Shirkey (2013) skriver om viktigheten av å implementere alle delene til LPS. Hvis bare utvalgte elementer fra LPS implementeres, vil det bli utfordrende å samkjøre avhengige arbeidsoppgaver. Dette kan forhindre en forbedret produktivitet, som LPS forsøker å oppnå. Siden forfatterne påpeker viktigheten av å implementere hele LPS, er det nødvendig med en oversikt over alle delene som inngår i systemet. Her etableres seks hoveddeler for LPS som forsøker å gi en oversikt over hele systemet. De seks delene baserer seg på eksisterende litteratur og er understøttet av LPS sine prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy.

Hoveddelene er *planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utviklingsplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll og målinger og læring*. De fire første hoveddelene er inspirert av de fire plannivåene til LPS, som ble presentert i Figur 5. De to siste hoveddelene er ikke plannivåer, men mekanismer. LPS er et produksjonskontrollsystem som kontinuerlig forsøker å oppnå forbedring gjennom målinger og læring. Dette har vært utgangspunktet for etableringen av hoveddelene kontroll, og målinger og læring.

Figur 10 presenterer alle hoveddelene med tilhørende underpunkter. Delene representerer de samme overgangene som inngår i helheten til LPS, som ble presentert i Figur 4. Overgangene er BURDE, KAN, VIL og GJORT.



Figur 10: De seks hoveddelene til LPS.

Forskningsspørsmålet "I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?" har som formål å gradere situasjonen i den norske byggenæringen. Dette gjelder også for forskningsspørsmålet "I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter LPS tilgjengelig i norsk byggenæring?". For å oppnå dette, etableres to modenhetsmodeller i denne oppgaven. Modenhetsmodeller er et rammeverk som muliggjør en kvantifisering av kvalitative resultater.

Den første modenhetsmodellen kan vurdere implementering av LPS til bedrifter i den norske byggenæringen. Modenhetsmodellen omtales som "Implementering av LPS – Modenhet" (ILM). Den andre modenhetsmodellen kan vurdere tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS. Denne modenhetsmodellen blir heretter omtalt som "Tilgang på digitale verktøy som understøtter LPS – Modenhet" (DLM). Begge modenhetsmodellene er basert på de seks hoveddelene til LPS og litteratur om tematikken.

Den første modenhetsmodellen, ILM, har de samme seks hoveddelene som LPS, som ble presentert i Figur 10. Det er mulig å få mellom 0 og 3 poeng innen hver hoveddel som inngår i ILM. Full poengscore og 3 poeng tilsvarer en implementering som samsvarer med litteraturen om LPS. En lavere score angir en delvis implementering av LPS og en score lik 0 betyr ingen implementering, i henhold til litteraturen. I masteroppgaven defineres hva som tilsvarer 0/1/2/3 poeng for hver hoveddel som inngår i ILM. Selv om litteratur er

utgangspunktet til modenhetsmodellen, har også observasjoner fra de kvalitative intervjuene bidratt til en justering av de definerte poengscorene. Dette er gjort for å samkjøre resultatene til entreprenørene med de definerte verdiene. I Tabell 8 kan man se et eksempel på definerte poengscorer til hoveddelen utkikkplanlegging, som inngår i ILM.

Tabell 8: ILM - Utkikkplanlegging – Prosjektering/produksjon.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikkplanlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • I utkikkplanleggingen ser man minst seks uker frem i tid. • I utkikkplanleggingen kartlegges det om de sju forutsetningene er tilstede for fremtidige arbeidsoppgaver (det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen).
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikk gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Utkikkplanleggingen ser minst tre uker frem i tid. • De syv forutsetningene presenteres og følges opp i varierende grad. • Utkikk gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Utkikkplanleggingen har en varierende tidshorison. • I utkikkplanleggingen kartlegges det om de sju forutsetningene er tilstede for fremtidige arbeidsoppgaver (det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen).
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikkplanleggingen har en varierende tidshorison. • De syv forutsetningene presenteres og følges opp i varierende grad.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikkplanlegging gjennomføres ikke.

Den andre modenhetsmodellen, DLM, har ikke hoveddelen planlegging av hovedfremdriftsplan. Dette er siden det er vanskelig å vurdere den digitale modenheten til hoveddelen. Derimot har DLM en egen hoveddel som heter *integrert, digitalt verktøy*. I denne oppgaven betraktes digitale verktøy som programvare som fungerer på digitale enheter. Dette kan for eksempel være PC, nettbrett eller mobil. Når det er snakk om digitale verktøy som understøtter LPS, betyr dette at verktøyene har funksjoner som muliggjør en implementering av LPS, som samsvarer med litteraturen om metodikken. Det fokuseres på tilgangen på slike verktøy, siden dette sier noe om både hvilke verktøy som finnes og hvor utbredt de er i den norske byggenæringen.

På samme måte som for ILM, kan man få mellom 0 og 3 poeng innen DLM. 0 poeng tilsvarer ingen modenhet og 3 poeng tilsvarer full modenhet. Siden poengskalaen til de to modenhetsmodellene er like, er det mulig å sammenligne poengscorene til ILM og DLM. For DLM defineres det hva som tilsvarer 0/1,5/3 poeng. Det betyr at modenhetsmodellen har tre definerte poengscorer, i kontrast til ILM som har fire. Bakgrunnen for dette valget, er at det var større variasjon i resultatene til ILM. Dette førte til et behov for en mer detaljert beskrivelse av poengscorene til denne modenhetsmodellen.

På samme måte som for ILM, har observasjoner fra kvalitative intervjuer bidratt til å justere de definerte poengscorene til DLM. Dette gjør at poengscorene til modenhetsmodellen blir mer like virkeligheten til næringen. Selv om begge modenhetsmodellene definerer noen utvalgte poengscorer, er det mulig å få en score som er mellom de definerte poengscorene, med en nøyaktighet på 0,5. For eksempel er det mulig å få en score på 2,5, selv om denne

verdien ikke er definert for noen av modenhetsmodellene. Hvis man tar utgangspunkt i Tabell 8, kan følgende situasjon gi en poengscore på 2,5:

- Utkvikksplanlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer.
- Utkvikksplanleggingen ser 6 uker frem i tid.
- De syv forutsetningene inngår i styringsdokumentene til bedriften, men de følges bare opp i noen prosjekter.

Denne situasjonen tilsvarer ikke 3 poeng, siden de syv forutsetningene verken kartlegges og følges opp i de fleste prosjekter. Situasjonen er likevel over 2 poeng, siden alle kravene til 2 poeng er oppfylt, i tillegg til at utkvikksplanleggingen ser 6 uker frem i tid. Dermed tilsvarer denne situasjonen 2,5 poeng.

For noen av hoveddelene er det angitt ulike definisjoner for samme poengscore, som vist i Tabell 8. Dette gjøres for å beskrive ulike eksempler på praksis i byggenæringen som tilsvarer lik modenhet innen modenhetsmodellene. Man trenger bare å oppfylle kravene til én av de to definisjonene for å oppnå denne poengscoren. Begge modenhetsmodellene brukes til å vurdere de fem entreprenørene: HENT, Kruse Smith, Skanska Norge, Veidekke Entreprenør og NCC Norge.

Hvis en entreprenør oppnår mange poeng innen ILM eller DLM i pilotprosjekter, så vil entreprenøren få denne poengscoren minus 1 poeng. For ILM kan dette være gode implementeringer av LPS i enkeltprosjekter, men at dette skiller seg fra vanlig praksis i bedriften. For DLM kan dette for eksempel være prosjekter som tester nye, digitale verktøy som understøtter LPS, men at verktøyet ikke er tilgjengelig i alle prosjektene til bedriften. Hvis entreprenøren ville ha fått en bedre score uten å ta hensyn til slike pilotprosjekter, så beholdes den opprinnelige poengscoren. Det betyr at den beste poengscoren alltid beholdes.

De to modenhetsmodellene har fem hoveddeler som er like. I vurderingen av disse fem hoveddelene skiller ILM og DLM mellom prosjektering og produksjon. Dette skillet er basert på observerte forskjeller i oppgavens resultater. Både planlegging av hovedfremdriftsplan og integrert, digitalt verktøy er overordnet både prosjektering og produksjon. Derfor er disse to hovedpunktene uten en slik todeling.

4.4 Modenhetsvurdering

Her beskrives det teoretiske grunnlaget for hver av hoveddelene som inngår i modenhetsmodellene ILM og DLM. Etterpå defineres poengscorene til hoveddelene. Deretter presenteres resultatene til de fem entreprenørene som ble vurdert ut fra modenhetsmodellene. For noen av hoveddelene er det også inkludert kvalitative observasjoner og anonyme sitater fra intervjuerobjektene.

4.4.1 Planlegging av hovedfremdriftsplan

Hovedfremdriftsplanen lages i oppstarten av et prosjekt og identifiserer prosjektets start, viktige milepæler og prosjektets sluttdato (Richert, 2017; Ballard og Tommelein, 2016). Milepælene er vanligvis gjennomføringsdatoer for prosjektets ulike faser. Eventuelle overlapper mellom fasene beskrives i hovedfremdriftsplanen. Milepælene gir en indikasjon på hvordan prosjektets progresjon burde være for å oppnå suksess. Hovedfremdriftsplanen detaljeres ikke ut over milepælene, siden dette gjøres i faseplanleggingen.

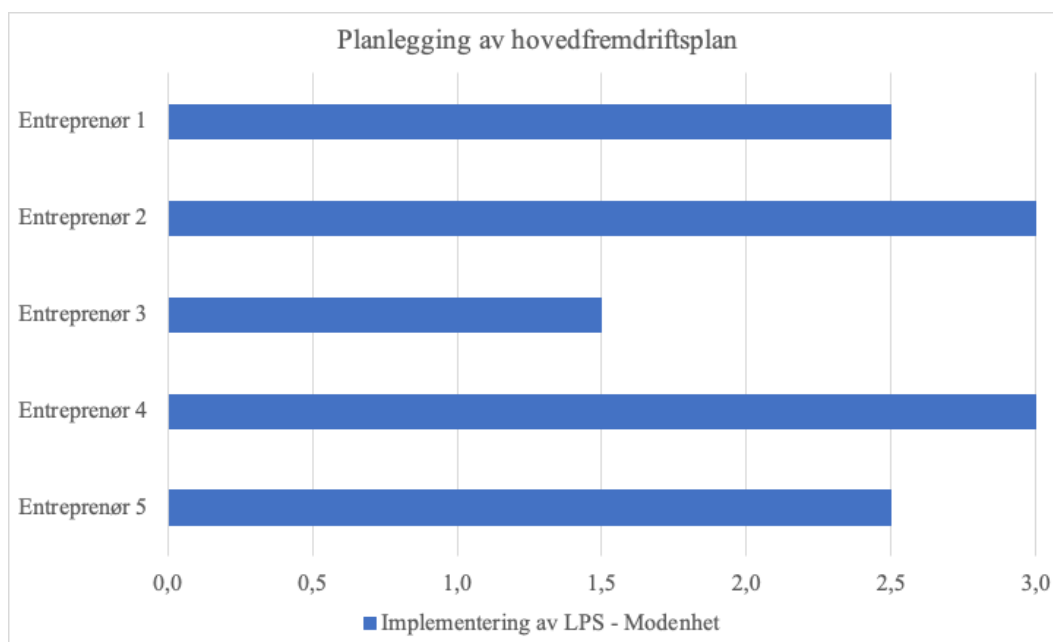
Ballard (2000) skriver at det er viktig å bryte ned hovedfremdriftsplanen i mindre arbeidspakker og operasjoner. Dette gjør at arbeidsoppgavene kan defineres bedre, slik at riktig rekkefølge på arbeidsoppgavene blir valgt, med riktig mengde ressurser. Dermed vet man at arbeidsoppgavene er gjennomførbare og det kan gjøres troverdige lovnader om hvordan prosjektet skal gjennomføres.

I Tabell 9 presenteres de definerte poengscorene til hoveddelen planlegging av hovedfremdriftsplan. Hoveddelen er en del av ILM, men inngår ikke i DLM.

Tabell 9: ILM – Planlegging av hovedfremdriftsplan.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Hovedfremdriftsplanen etableres i begynnelsen av et prosjekt og har en definert begynnelse og slutt. • Hovedfremdriftsplanen identifiserer prosjektets viktige milepæler, med faser mellom milepælene. Overlapper, startdato og sluttdatoer for fasene er godt beskrevet. • Hovedfremdriftsplanen detaljeres ikke ut over milepælene, siden dette gjøres i faseplanleggingen.
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> • Hovedfremdriftsplanen etableres i begynnelsen av et prosjekt med en definert begynnelse og slutt. • Hovedfremdriftsplanen inneholder faser med milepæler. Start- og sluttidspunkt til fasene er beskrevet i hovedfremdriftsplanen.
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Hovedfremdriftsplanen etableres etter begynnelsen av et prosjekt med en definert begynnelse og slutt. • Faser og milepæler defineres i varierende grad.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjekter har ikke en hovedfremdriftsplan med faser og milepæler.

I Figur 11 kan man se poengscoren til de fem entreprenørene for planlegging av hovedfremdriftsplan, i henhold til ILM sine definerte poengscorer. I denne hoveddelen får entreprenørene en samlet vurdering for prosjektering og produksjon.



Figur 11: ILM – Planlegging – Hovedfremdriftsplan.

I denne hoveddelen har alle de fem entreprenørene fått svært mange poeng. Ingen har en lavere poengscore enn 1,5 og fire av de fem entreprenørene har en poengscore på 2,5 eller 3.

4.4.2 Faseplanlegging

I hovedfremdriftsplanen defineres prosjektets faser. Eksempler på faser i en hovedfremdriftsplan er grunnarbeid, bærekonstruksjon eller fasadearbeider (Ballard, 2000). Fasene planlegges to til tre måneder før utførelsen begynner (Richert, 2017). Fasene planlegges sammen med de som skal utføre prosjektets planer, som er et av prinsippene til LPS (Ballard og Tommelein, 2016; Ballard, Hammond og Nickerson, 2009).

Arbeidsoppgavene i faseplanen må være godt definert og på et språk som alle forstår. Avhengigheter mellom de ulike arbeidsoppgavene inkluderes i planleggingen og inngår i faseplanen. Pull-planlegging er allerede definert og er en sentral del av faseplanleggingen. Det er mulig å gjennomføre pull-planlegging for prosjektets faser med fysiske post-it lapper eller digitale verktøy.

Det er mulig å kombinere LPS med taktplanlegging, som ble forklart i "3.5 Takt". For eksempel kan man bryte ned byggeprosjekter i like lange faser som er tilpasset arbeidskapasiteten til arbeidslagene (Frandsen, Berghede og Tommelein, 2014). Dette gjør at arbeidslagene til de ulike underentreprenørene kan jobbe alene på hvert sitt område. Selv om det er mulig å kombinere LPS og takt, vil ikke denne kombinasjonen bli undersøkt ytterligere.

I Tabell 10 defineres poengscorene til faseplanlegging for ILM. I Tabell 11 presenteres poengscorene til samme hoveddel for DLM. Innen denne hoveddelen får de fem entreprenørene ulike vurderinger for prosjektering og produksjon.

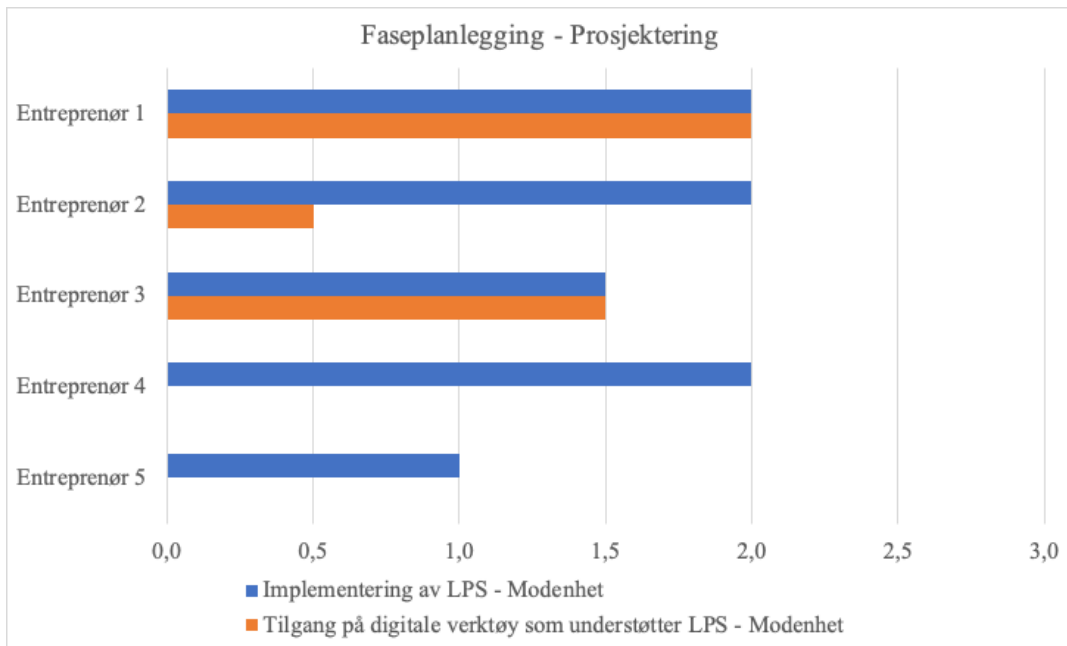
Tabell 10: ILM – Faseplanlegging – Prosjektering/produksjon.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektets faser planlegges sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Arbeidsoppgavene i planen er godt definert og på et språk som alle forstår. Avhengigheter mellom ulike arbeidsoppgaver inkluderes i planleggingen. • Faseplanleggingen skjer ved hjelp av pull-planlegging. • Faseplanleggingen skjer to til tre måneder før fasen skal utføres.
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektets faser planlegges sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Faseplanleggingen skjer ved hjelp av pull-planlegging. • Faseplanleggingen skjer inntil en måned før fasen skal utføres.
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Faseplanleggingen skjer delvis ved hjelp av pull-planlegging. • Faseplanleggingen skjer tett på utførelse av fasen.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektet har ikke faser som planlegges.

Tabell 11: DLM – Faseplanlegging – Prosjektering/produksjon.

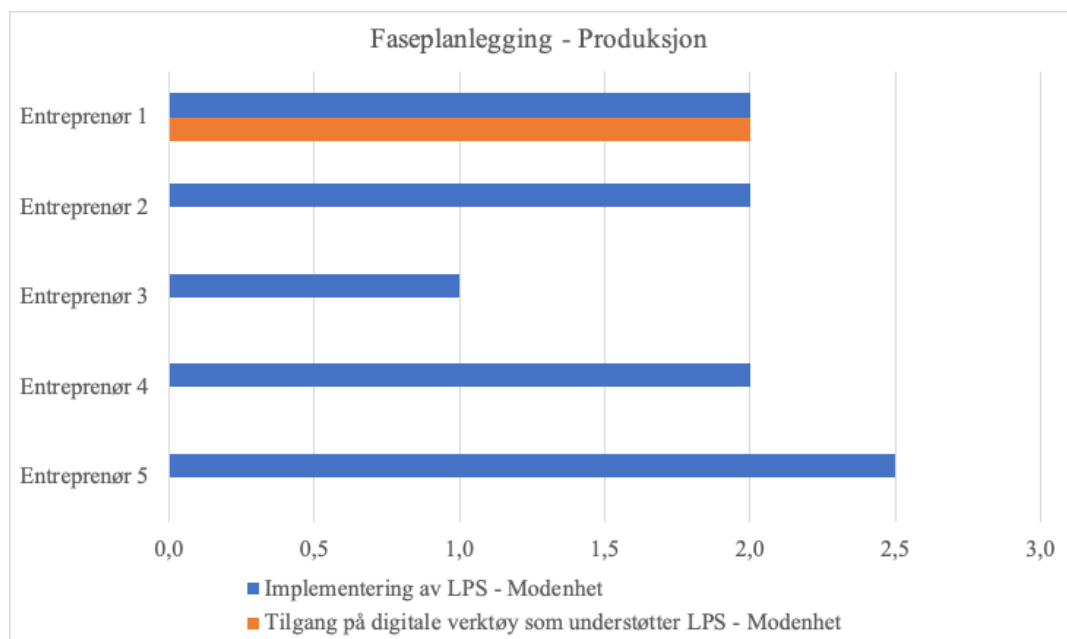
Score	Definisjon
DLM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som muliggjør digital pull-planlegging sammen med de som skal gjøre jobben. • Det samme verktøyet kan overføre de digitale faseplanene til digitale ukeplaner og dagsplaner.
DLM – 1,5	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som muliggjør digital pull-planlegging sammen med de som skal gjøre jobben. • Det samme verktøyet tilbyr ikke overføring av de digitale faseplanene til digitale ukeplaner og dagsplaner. Verktøyet lagrer den digitale lappeplanen til neste faseplanlegging.
DLM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har ikke tilgang på et digitalt verktøy som muliggjør digital pull-planlegging.

I Figur 12 presenteres de fem entreprenørene sin score innen faseplanlegging for prosjektering. I Figur 13 presenteres de fem entreprenørene sin score innen faseplanlegging for produksjon. Begge figurene inkluderer ILM og DLM.



Figur 12: ILM/DLM – Faseplanlegging – Prosjektering.

Alle entreprenørene gjennomfører faseplanlegging i prosjekteringen i noen grad. For ILM har alle en poengscore som er mellom 1 og 2. Tilgangen på digitale verktøy er veldig varierende og DLM varierer mellom 0 og 2 poeng. Figuren viser at det er mulig med en høy ILM-score for faseplanlegging, uten en høy DLM-score.



Figur 13: ILM/DLM – Faseplanlegging – Produksjon.

Alle entreprenørene benytter faseplanlegging i produksjon. Laveste score i ILM er 1, men fire av de fem entreprenørene har en poengscore på 2 eller høyere. Tilgangen på digitale verktøy som kan brukes til faseplanlegging av produksjon er nesten helt fraværende. Det er bare en av de fem entreprenørene som har en DLM-score over 0.

I de kvalitative intervjuene nevnte flere av informantene at de var fornøyde med faseplanlegging uten bruk av digitale verktøy. Ulike informanter uttalte at de foretrakk oppsettet med fysiske lapper og en av dem sa følgende:

"Jeg er mer glad i det første oppsettet, å ha fysiske lapper. Det handler ikke om å være gammeldags, men det handler om å få den menneskelige interaksjonen, at man må reise seg, man må opp, man må vise seg frem."

Informant

Det ble også observert usikkerhet og skepsis for bruk av digitale verktøy blant informantene. En annen informant uttalte følgende:

"Jeg er helt enig i at det hadde vært fantastisk [med digital pull-planlegging], men samtidig så vil det medføre en stor usikkerhet på om ting havner riktig. Når du gjør det manuelt så øker du sannsynligheten på at du gjør ting rett."

Informant

Noen av intervjuobjektene sa at de gjerne skulle ha gjennomført digital faseplanlegging, men at lisenskostnadene til aktuelle verktøy hindret dem. Intervjuobjektene nevnte at en fordel med digitale planleggingsøker er at man slipper å skrive planen inn i et digitalt verktøy etterpå. Hvis man benytter fysiske post-it lapper er det også en risiko for at lapper med arbeidsoppgaver faller ned fra veggen, slik at det blir feil i planen.

4.4.3 Utkvikksplanlegging

I utviklingsplanleggingen forsikrer man seg om at de planlagte arbeidsoppgavene er gjennomførbare (Ballard, 2000; Richert, 2017). Det er vanlig praksis at utviklingsplaner strekker seg seks uker frem i tid, men planene kan variere mellom tre og 12 uker. I hindringsanalysen, som inngår i utviklingsplanleggingen, loggføres hindringer, i tillegg til å registrere risikoer (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009). Tidligere har Koskela (2000) sine sju forutsetninger for arbeidsoppgaver i byggeprosjekter blitt introdusert. De sju forutsetningene må være tilstede for å oppnå sunne arbeidsoppgaver som er gjennomførbare (Ballard, 2000; Richert, 2017). Det er bare sunne arbeidsoppgaver som kan inngå i den forpliktende planleggingen. I tillegg er det viktig at utviklingsplanleggingen utføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer (Ballard og Tommelein, 2016).

I Tabell 12 defineres poengscorene til utviklingsplanlegging for ILM. I Tabell 13 defineres poengscorene for DLM. Innen denne hoveddelen får de fem entreprenørene ulike vurderinger for prosjektering og produksjon.

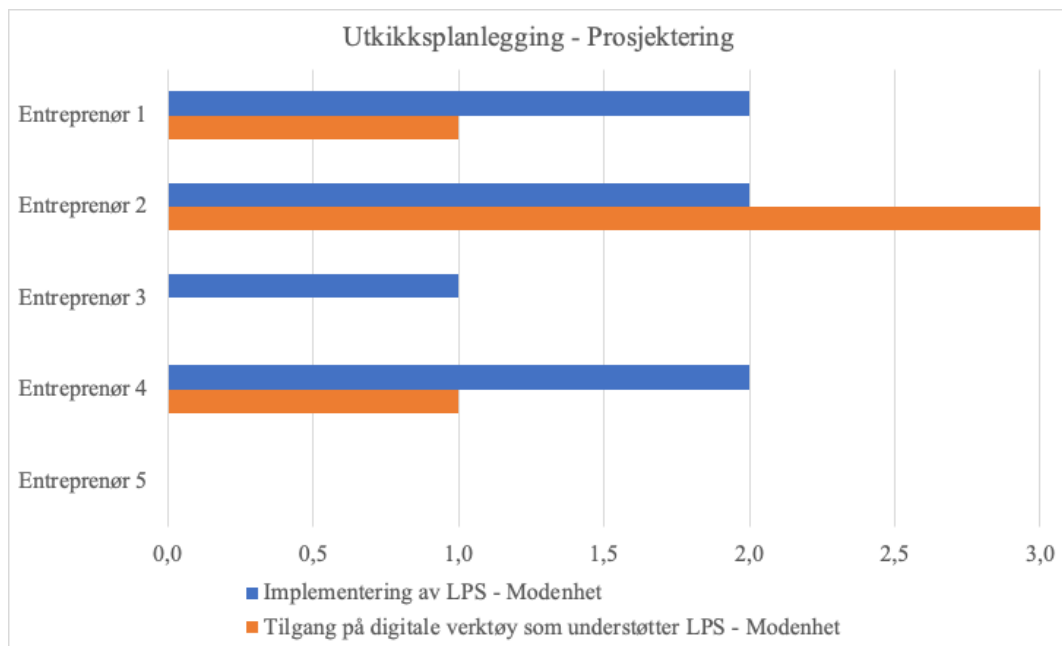
Tabell 12: ILM – Utkvikksplanlegging - Prosjektering/produksjon.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Utkvikksplanlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • I utkvikksplanleggingen ser man minst seks uker frem i tid. • I utkvikksplanleggingen kartlegges det om de sju forutsetningene er tilstede for fremtidige arbeidsoppgaver (det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen).
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikk gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Utkvikksplanleggingen ser minst tre uker frem i tid. • De syv forutsetningene presenteres og følges opp i varierende grad.
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Utkikk gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Utkvikksplanleggingen har en varierende tidshorison. • I utkvikksplanleggingen kartlegges det om de sju forutsetningene er tilstede for fremtidige arbeidsoppgaver (det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen).
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Utkvikksplanleggingen har en varierende tidshorison. • De syv forutsetningene presenteres og følges opp i varierende grad.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Utkvikksplanlegging gjennomføres ikke.

Tabell 13: DLM – Utkvikksplanlegging – Prosjektering/produksjon.

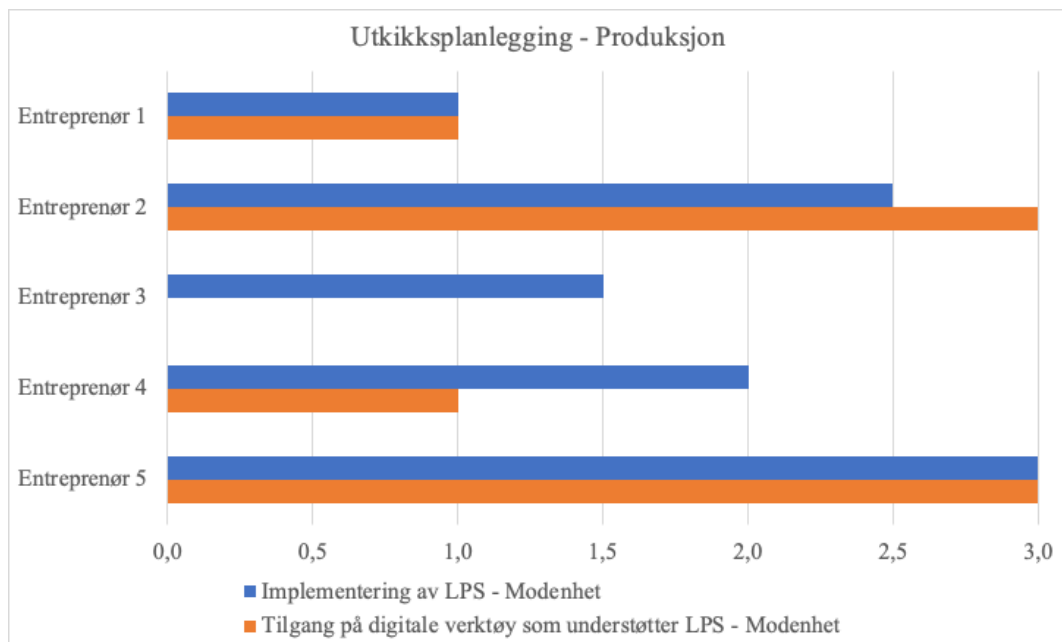
Score	Definisjon
DLM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som kan registrere hvilke forutsetninger som er tilfredsstillende for hver enkelt arbeidsoppgave. Når alle forutsetningene er tilfredsstillende, markerer verktøyet at arbeidsoppgavene er sunne, slik at de er klare for den forpliktende planleggingen.
DLM – 1,5	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy der det er mulig å legge inn hindringer til planlagte arbeidsoppgaver.
DLM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har ikke tilgang på et digitalt verktøy som muliggjør utkvikksplanlegging.

I Figur 14 presenteres de fem entreprenørene sin poengscore på utkvikksplanlegging i prosjekteringen. I Figur 15 presenteres de fem entreprenørene sin poengscore på utkvikksplanlegging i produksjon. Begge figurene inkluderer ILM og DLM.



Figur 14: ILM/DLM – Utkvikksplanlegging – Prosjektering.

For DLM er det en stor spredning i resultatene til entreprenørene. En av entreprenørene har fått en DLM-score på 0 poeng, men en annen har fått 3 poeng. Poengscoren for ILM er mer lik, der tre av entreprenørene har en poengscore på 2. Likevel har en av entreprenørene en ILM-score lik 0.



Figur 15: ILM/DLM – Utkvikksplanlegging – Produksjon.

Resultatene indikerer at digitale verktøy som understøtter LPS er mer utbredt innen produksjon, når det kommer til utkvikksplanlegging. Også for produksjon har DLM en spredning mellom 0 og 3 poeng. Laveste poengscore i ILM er 1 poeng. Dette betyr at alle entreprenørene implementerer utkvikksplanlegging for produksjon i noen grad.

I de kvalitative intervjuene fortalte noen av informantene at de ønsket å benytte utviklingsplanlegging mer aktivt. Informantene hadde opplevd positive effekter ved å bruke hoveddelen, men sa at det ikke ble prioritert i alle prosjekter.

4.4.4 Forpliktende planlegging

Den forpliktende planleggingen har et kortsiktig tidsperspektiv og planlegger arbeidsoppgaver på dagsnivå eller ukensnivå (Ballard og Tommelein, 2016). Arbeidsoppgavene som inngår i den forpliktende planleggingen må ha alle nødvendige forutsetninger, være frigjorte og være basert på troverdige lovnader mellom de involverte aktørene. Tidsvinduet til den forpliktende planleggingen varierer basert på arbeidsformen. For prosjektering, der syklustiden for leveranser er mer enn et par dager, burde den forpliktende planleggingen utføres hver uke eller annen hver uke. For produksjon, med daglige leveranser, burde den forpliktende planleggingen skje i samme tempo, altså daglig. Daglig koordinering er en metode som kan brukes for å oppnå forpliktende planlegging på daglig nivå (Ballard, Hammond og Nickerson, 2009).

For å oppnå troverdige lovnader i den forpliktende planleggingen, burde planene godkjennes av de utførende aktørene. I en slik godkjenningen vurderes det om arbeidsoppgavene er frigjorte. Dette betyr at arbeidsoppgavene er godt definert, alle forutsetninger er tilstede, arbeidsoppgaven er i riktig sekvens, i tillegg til at de utførende er kapable til gjennomføre arbeidsoppgaven (Ballard, 2000, s. 3-16).

I Tabell 14 presenteres de ulike poengscorene for forpliktende planlegging for ILM. I Tabell 15 presenteres de ulike poengscorene for forpliktende planlegging for DLM. I denne hoveddelen får de fem entreprenørene ulike vurderinger for prosjektering og produksjon.

Tabell 14: ILM – Forpliktende planlegging – Prosjektering/produksjon.

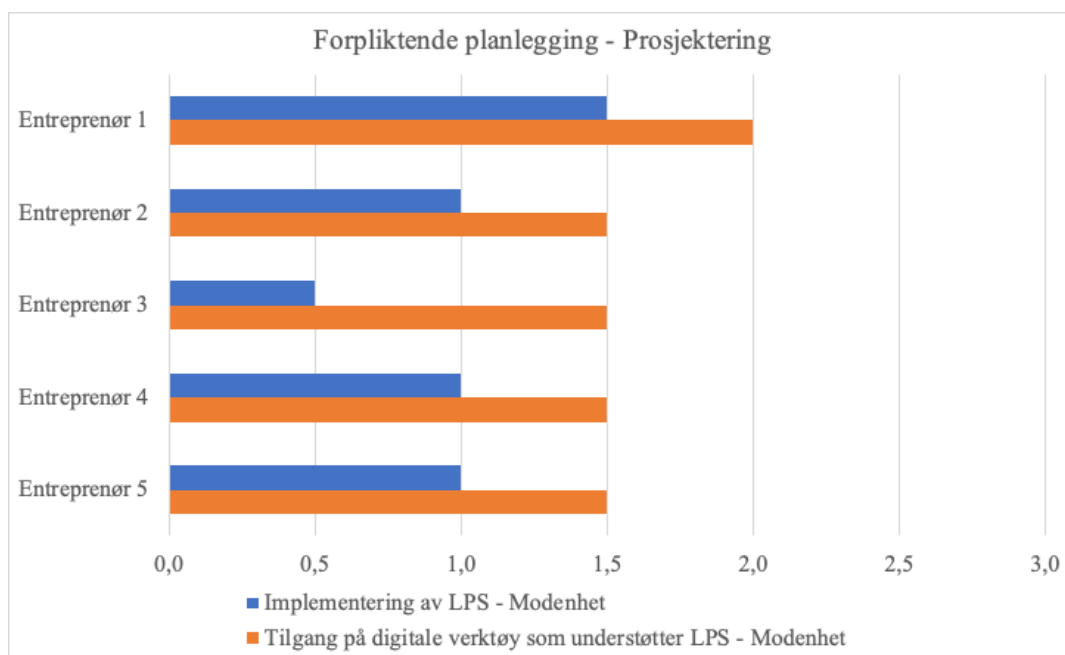
Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Forpliktende planlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Det er bare sunne arbeidsoppgaver som har alle de syv forutsetningene som inngår i den forpliktende planleggingen. • Prosjektets arbeidsoppgaver er brutt ned på dagsnivå. Det gjennomføres daglige møter for å koordinere planlagte arbeidsoppgaver. • Det gjennomføres ukentlige planleggingsmøter som tar for seg neste ukes arbeidsoppgaver. Planen godkjennes av de utførende aktørene.
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> • Forpliktende planlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Prosjektets arbeidsoppgaver er brutt ned på ukentlig nivå. • Det gjennomføres ukentlige planleggingsmøter som tar for seg neste ukes arbeidsoppgaver. Planen godkjennes av de utførende aktørene.
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> • Forpliktende planlegging gjennomføres sammen med de som skal utføre prosjektets planer. • Prosjektets arbeidsoppgaver er brutt ned på ukentlig nivå. • Det gjennomføres planleggingsmøter minimum hver 14. dag. Planen godkjennes av de utførende aktørene.

ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Det gjennomføres ikke forpliktende planlegging sammen med de som skal utføre prosjektets planer.
----------------	--

Tabell 15: DLM – Forpliktende planlegging – Prosjektering/produksjon.

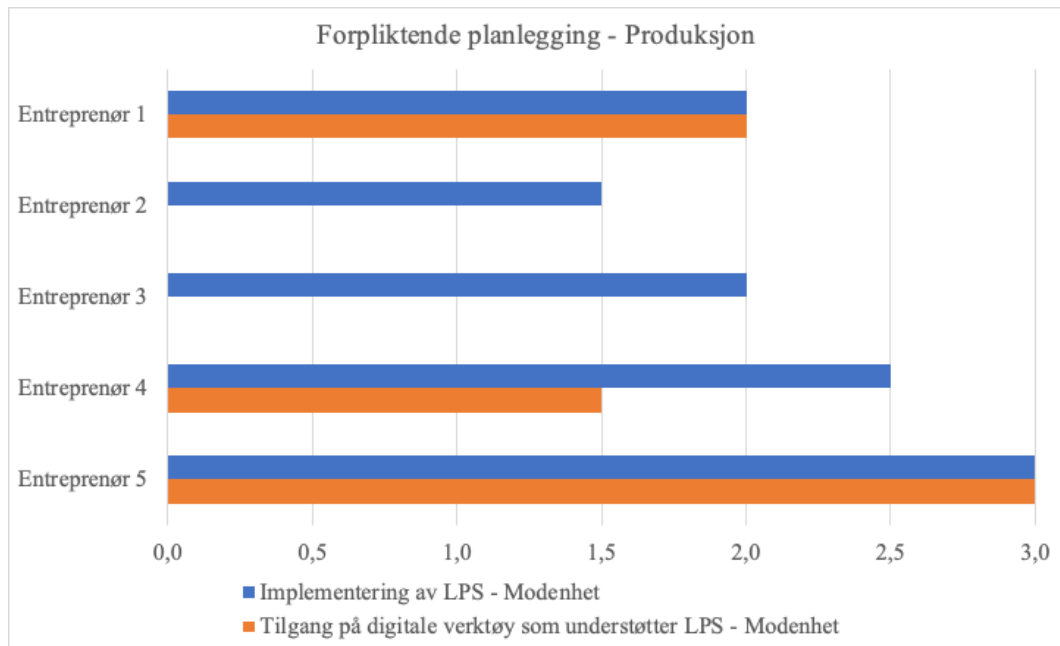
Score	Definisjon
DLM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy der forpliktende arbeidsoppgaver som skal utføres den neste uken kan registreres. • Verktøyet markerer hvis det gjøres endringer i planene som det er felles enighet om.
DLM – 1,5	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy der forpliktende arbeidsoppgaver som skal utføres den neste uken kan registreres.
DLM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Digitale verktøy brukes ikke i planlegging fra uke til uke. Endringer i planen noteres analogt og den digitale hovedfremdriftsplanen endres ikke.

I Figur 16 presenteres poengscoren til de fem entreprenørene innen forpliktende planlegging i prosjekteringen. I Figur 17 presenteres poengscoren til de fem entreprenørene innen forpliktende planlegging i produksjonen. Begge figurene inkluderer både ILM og DLM.



Figur 16: ILM/DLM – Forpliktende planlegging – Prosjektering.

DLM har en høyere poengscore enn ILM hos alle entreprenørene i den forpliktende planleggingen for prosjektering. Snittverdien for ILM er 1 og poengscorene innen modenhetsmodellen varierer mellom 0,5 og 1,5. Fire av de fem entreprenørene har en poengscore i DLM lik 1,5 og den siste entreprenøren har en poengscore på 2.



Figur 17: ILM/DLM – Forpliktende planlegging – Produksjon.

Innen den forpliktende planleggingen har entreprenørene langt flere poeng innen ILM når produksjon betraktes. For produksjon varierer resultatene til DLM mellom 0 og 3 poeng. Dette er en større variasjon enn for prosjektering. Det er to av entreprenørene som har 0 poeng for produksjon i DLM, men de tre resterende har minimum 1,5 poeng.

Flere av informantene påpekte viktigheten av å involvere de som skal utføre jobben i den forpliktende planleggingen. Noen påpekte også at involverende planlegging reduserer konfliktnivået i prosjekter. En av informantene sa følgende om eierskap til prosjekts planer:

"Eierskapet handler om at du blir involvert og at du får være med og planlegge selv."

Informant

4.4.5 Kontroll

Det fulle navnet til LPS er The Last Planner System of Production Control (Ballard, 2000). Hoveddelen kontroll er tett koblet til både den forpliktende planleggingen, målinger og læring. Alle arbeidsoppgavene som inngår i den forpliktende planleggingen skal ikke være hindret av de sju forutsetningene til Koskela (2000) og det stilles høye krav til planpåliteligheten. For å undersøke om prosjektets uke- og dagsplaner er pålitelige, må det kontrolleres om de planlagte arbeidsoppgavene blir gjort til riktig tid.

I daglige koordineringsmøter, på starten eller slutten av dagen, samles prosjektets avhengige aktører (Richert, 2017; Ballard og Tommelein, 2016). I disse møtene gjennomgås hvilke forpliktete arbeidsoppgaver de har gjort den siste arbeidsdagen, hvilke arbeidsoppgaver de trenger hjelp til og hvilke arbeidsoppgaver de ikke klarer å levere. Dette blir gjort daglig siden det er enklere med daglige justeringer enn ukentlige justeringer, som igjen er mye enklere enn månedlige justeringer.

I Tabell 16 presenteres de definerte poengene til kontroll, som er en del av ILM. I Tabell 17 presenteres de definerte poengene til samme hoveddel for DLM. Poengscorene til begge tabellene kan brukes til å vurdere både prosjektering og produksjon.

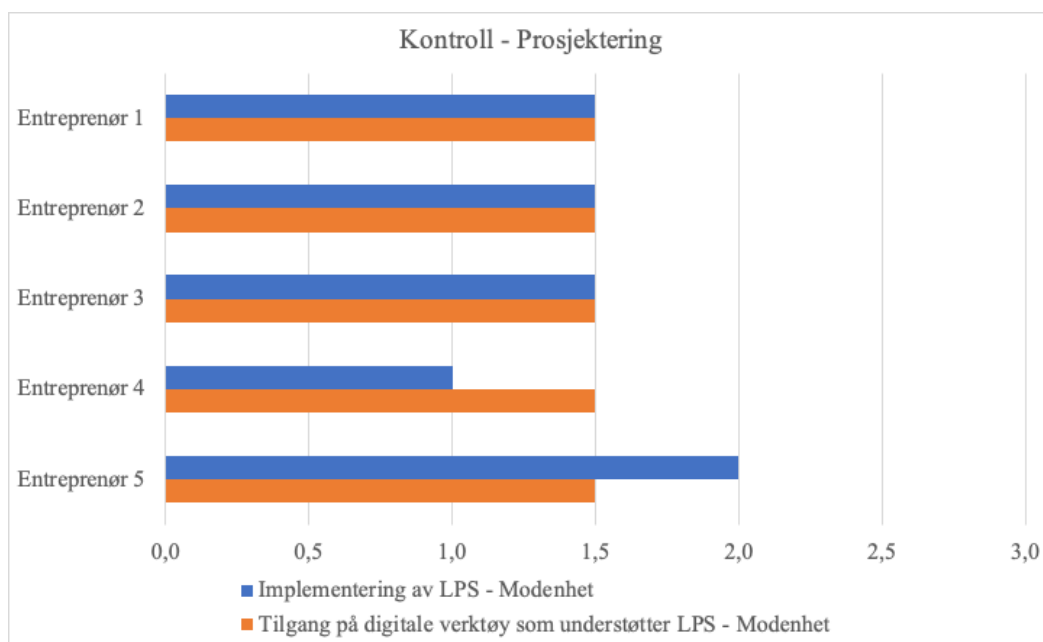
Tabell 16: ILM – Kontroll – Prosjektering/produksjon.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none"> Arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres daglig og kobles til de sju årsakene. Det er et tydelig skille mellom utførte/ikke utførte arbeidsoppgaver.
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none"> Arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres ukentlig og kobles til de sju årsakene i noen grad. Det er et tydelig skille mellom utførte/ikke utførte arbeidsoppgaver.
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none"> Arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres minimum hver 14. dag og kobles til de sju årsakene i noen grad. Utførte arbeidsoppgaver registreres i prosent, ikke som utført/ikke utført.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none"> Utførte arbeidsoppgaver registreres i prosent, ikke som utført/ikke utført.

Tabell 17: DLM – Kontroll – Prosjektering/produksjon.

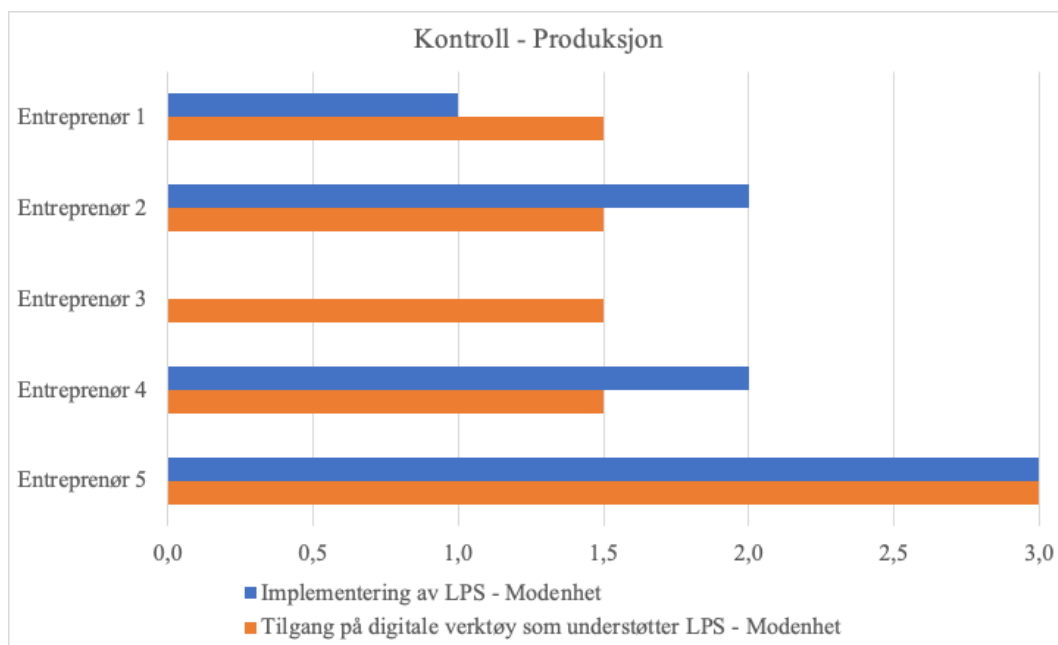
Score	Definisjon
DLM – 3	<ul style="list-style-type: none"> Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy der det er mulig med daglig, digital oppdatering på arbeidsoppgaver. Verktøyet registrerer om arbeidsoppgaven ikke har begynt, har begynt eller er ferdige. Det samme verktøyet oppdaterer prosjektets planer automatisk når statusen til arbeidsoppgaver endres. I det samme verktøyet kan årsaker for ikke-utførte arbeidsoppgaver registreres.
DLM – 1,5	<ul style="list-style-type: none"> Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy der ikke-utførte arbeidsoppgaver med tilhørende årsaker kan registreres. Verktøyet fungerer til faste møter der de utførende er tilstede. Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som muliggjør daglig registrering av utførte arbeidsoppgaver. Verktøyet muliggjør ikke registrering av årsaker.
DLM – 0	<ul style="list-style-type: none"> Bedriften har ikke tilgang på et digitalt verktøy som muliggjør registrering av utførte arbeidsoppgaver og årsaker.

I Figur 18 presenteres de fem entreprenørene sine poengscore for kontroll av prosjektering. I Figur 19 presenteres de fem entreprenørene sine poengscore for kontroll av produksjon. Begge figurene inkluderer både ILM og DLM.



Figur 18: ILM/DLM – Kontroll – Prosjektering.

Resultatene for kontroll av prosjektering er svært like for alle de fem entreprenørene, både for ILM og DLM. Alle entreprenørene har en poengscore mellom 1 og 2 for begge modenhetsmodellene. I tillegg har alle entreprenørene 1,5 poeng i DLM. Tre av entreprenørene har en lik poengscore på ILM og DLM.



Figur 19: ILM/DLM – Kontroll – Produksjon.

Resultatene for kontroll av produksjon er mer varierte enn for prosjektering. Fire av de fem entreprenørene har fått 1,5 poeng på DLM. Den siste entreprenøren skiller seg ut med 3 poeng på både ILM og DLM. Hvis man ser bort fra entreprenør 3 på produksjon, så er det maks 0,5 poeng som skiller mellom ILM og DLM, både for prosjektering og produksjon.

4.4.6 Målinger og læring

Foreløpig er det fire etablerte målinger som brukes til å måle effektiviteten til LPS: PPU, TA, TMR og frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver (Ballard og Tommelein, 2016). PPU måler relabiliteten til arbeidsflyten. TMR måler teamet sin evne til å identifisere og fjerne hindringer til arbeidsoppgaver, før de skal gjennomføres. Formålet med TA er å måle hvor godt teamet klarer å forutse hva som kommer til å skje de neste ukene i prosjektet. Frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver fungerer på samme måte som PPU og kobler årsaker til arbeidsoppgavene som ikke er utført. PPU oppgis i prosent, men frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver oppgis som frekvens. Læring oppnås gjennom å analysere resultatene fra prosjektets målinger (Richert, 2017). Gjennom å analysere mislykkede planer kan man avdekke behov og muligheter som kan forbedre produksjonssystemet (Ballard og Tommelein, 2016). Det er dermed en sterk kobling mellom målinger og læring. I tillegg kan metodene "Fem hvorfor-analyse" eller "Studier av første utførende" benyttes for å oppnå læring.

I Tabell 18 defineres poengscorene for målinger og læring for ILM. I Tabell 19 defineres poengscorene for målinger og læring for DLM. Begge tabellene inkluderer både prosjektering og produksjon.

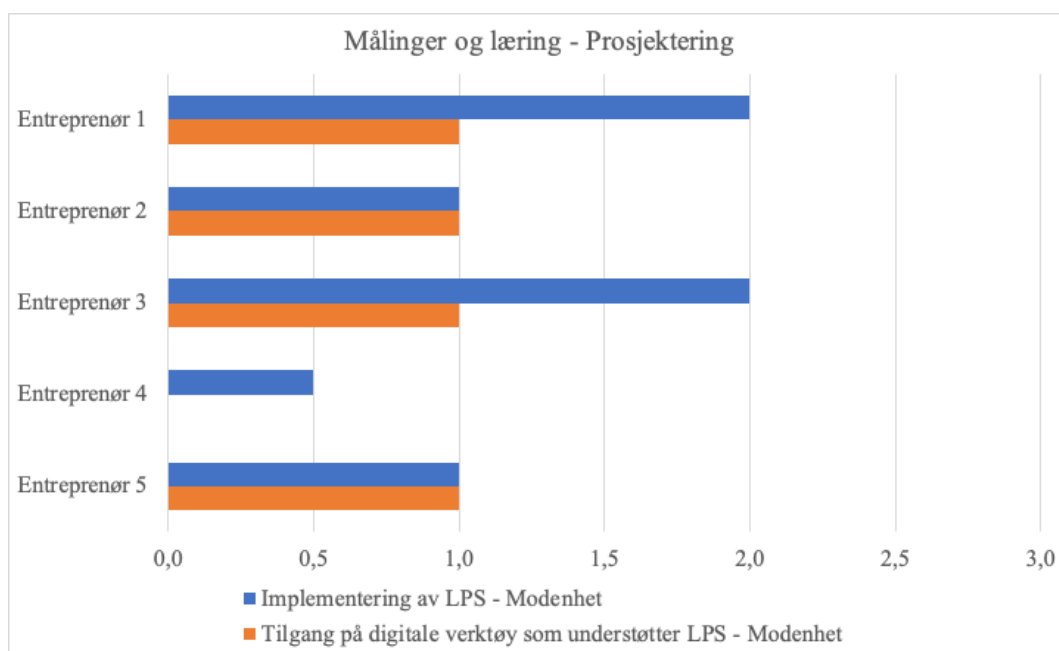
Tabell 18: ILM – Målinger og læring – Produksjon/prosjektering.

Score	Definisjon
ILM – 3	<ul style="list-style-type: none">• PPU, TMR og TA og frekvens på arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres.• Målinger benyttes aktivt til læring.
ILM – 2	<ul style="list-style-type: none">• PPU og frekvens på arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres.• Målinger benyttes til læring i noen grad.
ILM – 1	<ul style="list-style-type: none">• PPU og frekvens på arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres i varierende grad.• Målinger benyttes til læring i liten grad.
ILM – 0	<ul style="list-style-type: none">• Målinger og læring fra målinger benyttes ikke

Tabell 19: DLM – Målinger og læring – Produksjon/prosjektering.

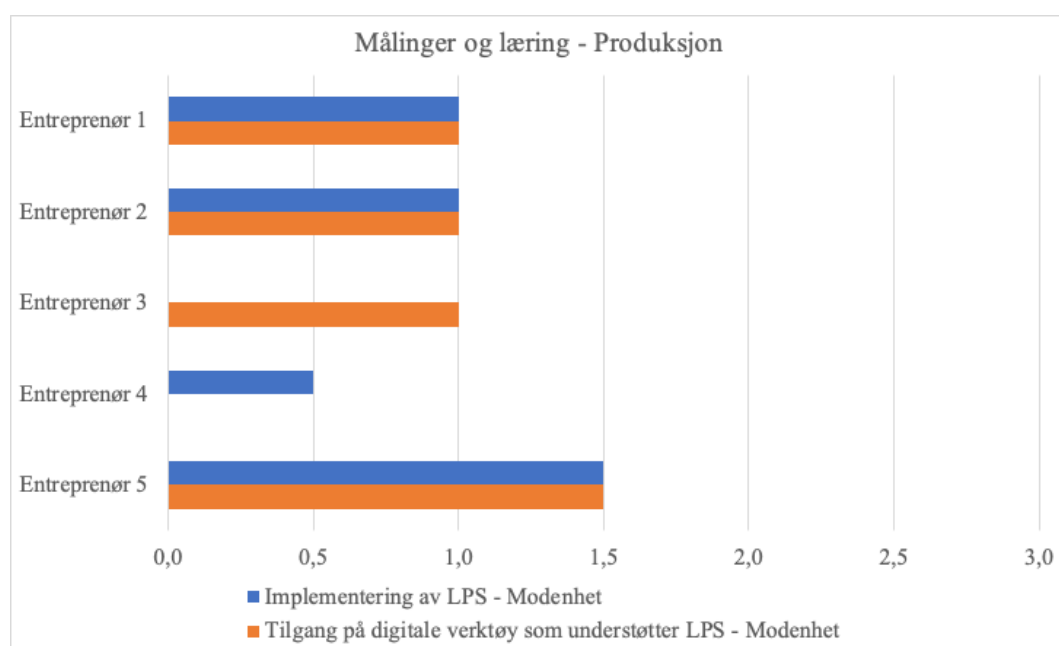
Score	Definisjon
DLM – 3	<ul style="list-style-type: none">• Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som beregner PPU, TMR, TA og frekvens på arbeidsoppgaver som ikke er utført automatisk, basert på registrerte, utførte arbeidsoppgaver. I verktøyet kan også årsakene til at arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres.
DLM – 1,5	<ul style="list-style-type: none">• Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som fungerer til bruk under faste møter. Verktøyet beregner PPU, TMR, TA og frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver. Dette skjer når ikke-utførte arbeidsoppgaver og tilhørende årsaker registreres manuelt.• Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som er sammenkoblet med prosjektets planer. Hvis arbeidsoppgaver som ikke er utført registreres med tilhørende årsaker, beregnes PPU og frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver automatisk.
DLM – 0	<ul style="list-style-type: none">• Bedriften har ikke tilgang på et digitalt verktøy som kan brukes til målinger og læring.

I Figur 20 presenteres de fem entreprenørene sine poengscorer innen målinger og læring for prosjektering. I Figur 21 presenteres de fem entreprenørene sine poengscorer innen målinger og læring for produksjon. Begge figurene inkluderer både ILM og DLM.



Figur 20: ILM/DLM – Målinger og læring – Prosjektering.

Innen målinger og læring i prosjekteringen har de fem entreprenørene fått ganske ulike resultater for ILM. Resultatene for DLM er mer like, der fire av de fem entreprenørene har en poengscore lik 1. Den siste entreprenøren skiller seg ut med lavest poengscore for både ILM og DLM. To av entreprenørene har like poengscorer for ILM og DLM innen prosjektering.



Figur 21: ILM/DLM – Målinger og læring – Produksjon.

De fem entreprenørene har fått gjennomgående lave poengscorer for målinger og læring for produksjon. Ingen har en høyere score enn 1,5 i de to modenhetsmodellene. Fire av de fem entreprenørene har en poengscore lik 1 eller mindre for både ILM og DLM. For målinger og læring er det flere eksempler på lik score på ILM og DLM, og det er aldri mer forskjell på de to modenhetsmodellene enn 1 poeng. Dette gjelder både for prosjektering og produksjon.

Ingen av de fem entreprenørene utfører målinger av TMR og TA. Det var heller ingen som hadde tilgang på digitale verktøy som muliggjorde de to målingene. Flere hadde kjennskap til PPU og blant informantene var det mange som snakket om positive effekter ved å måle PPU. Målingen ble brukt til ansvarliggjøring i møter og har vært nyttig for å oppnå læring. Til tross for dette, var det ulike meninger om hva som er formålet med PPU og hva som er en god PPU-verdi. En av informantene sier følgende om bruk av PPU-målinger:

*"Du kan ha en PPU på 90%, men du trenger ikke å få overlevert bygget likevel.
... milepælene er viktigere, PPU er bare en prosessindikator."*

Informant

En av informantene sa at deres bedrift var fornøyd med en PPU-verdi på 70%, men Ballard og Tommelein (2016) skriver at målet til PPU er 100%. En informant fra en annen bedrift påpekte at PPU handler om pålitelige løfter. Informanten sa følgende:

"PPU tenker jeg sier noe om planpåliteligheten. Den sier også noe om hvor flink vi er til å holde løfter, så det er jo en kulturell dimensjon ved dette."

Informant

Flere av informantene sa at de gjerne skulle ha jobbet mer med læring, men at dette ikke blir prioritert i alle prosjekter. Dette har ført til mye "learning by doing". Til tross for dette, var det andre informanter som fortalte om gode effekter ved å jobbe systematisk med læring. For eksempel ble det snakket varmt om stillingsrelaterte samlinger for anleggsledere, prosjekteringsledere eller prosjektledere. På samlingene ble det fokusert på erfaringsutveksling og læring.

4.4.7 Integrert, digitalt verktøy

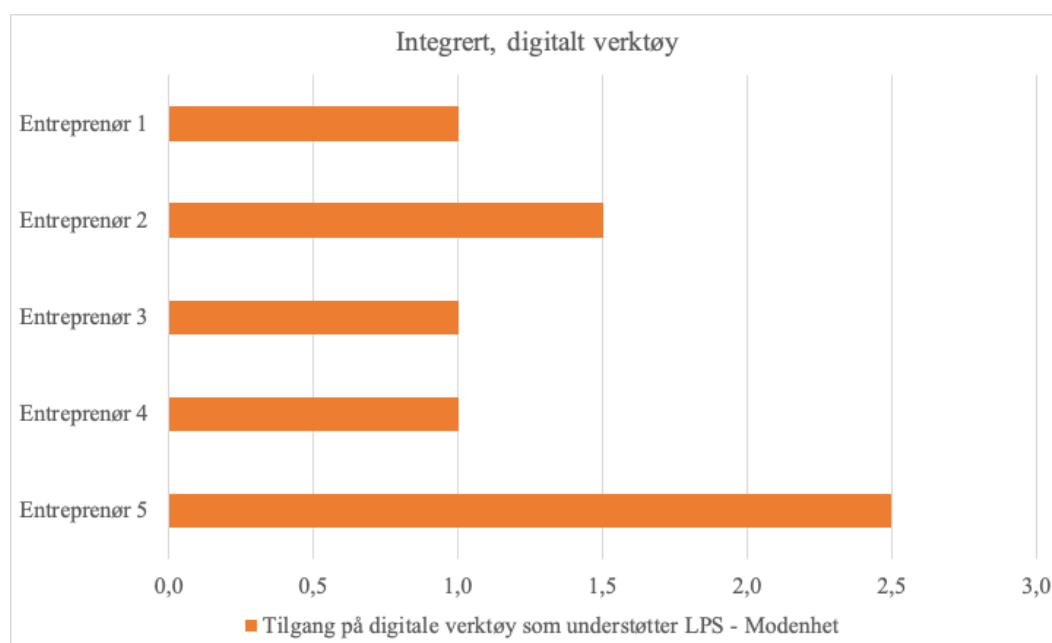
Hoveddelen integrert, digitalt verktøy inngår i DLM, men ikke i ILM. I de kvalitative intervjuene ble det avdekket et behov for et integrert, digitalt verktøy som tilbyr en helhetlig implementering av LPS.

I Tabell 20 presenteres poengscorene for integrert, digitalt verktøy, som er en del av DLM. Denne hoveddelen har poengscorer som omfavner både prosjektering og produksjon.

Tabell 20: DLM – Integrert, digitalt verktøy.

Score	Definisjon
DLM – 3	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som inkluderer alle plannivåene til prosjektet, i tillegg til målinger som er sammenkoblet med prosjektets planer. • Det samme verktøyet kan fokusere på alle de ulike plannivåene. • Det samme verktøyet inkluderer både prosjektering og produksjon.
DLM – 1,5	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har tilgang på et digitalt verktøy som inkluderer alle plannivåene til prosjektet. • Det digitale verktøyet kan fokusere på alle de ulike plannivåene.
DLM – 0	<ul style="list-style-type: none"> • Bedriften har ikke tilgang på et digitalt verktøy som kan fokusere på prosjektets ulike plannivåer.

I Figur 22 presenteres resultatene fra de fem entreprenørene for integrert, digitalt verktøy, som inngår i DLM.



Figur 22: DLM – Integrert, digitalt verktøy.

Fire av de fem entreprenørene har ganske like resultater. Tre av entreprenørene har 1 poeng og den fjerde har 1,5 poeng. En av entreprenørene skiller seg ut med en poengscore på 2,5.

Som tidligere nevnt, ble det avdekket et behov for et integrert, digitalt verktøy i de kvalitative intervjuene. Noen av informantene påpekte at det ble store lisenskostnader hvis flere digitale verktøy ble kombinert. Et annet problem ved å bruke forskjellige verktøy var at prosjektets planer ikke alltid kunne bli overført mellom verktøyene. En av informantene sa følgende om behovet for integrerte, digitale verktøy:

"Det er jo kanskje den store drømmen til alle, at vi får et program som hjelper oss med alt: lappeteknikken, planlegging, oppfølging av planer, rapportering på PPU. Man kan jo tenke seg at tre dager før prosjekteringsmøtet, eller et eller annet planmøte så får man opp en liste over alle oppgavene dine innenfor utkikk og slikt, også må du kvittere på det."

Informant

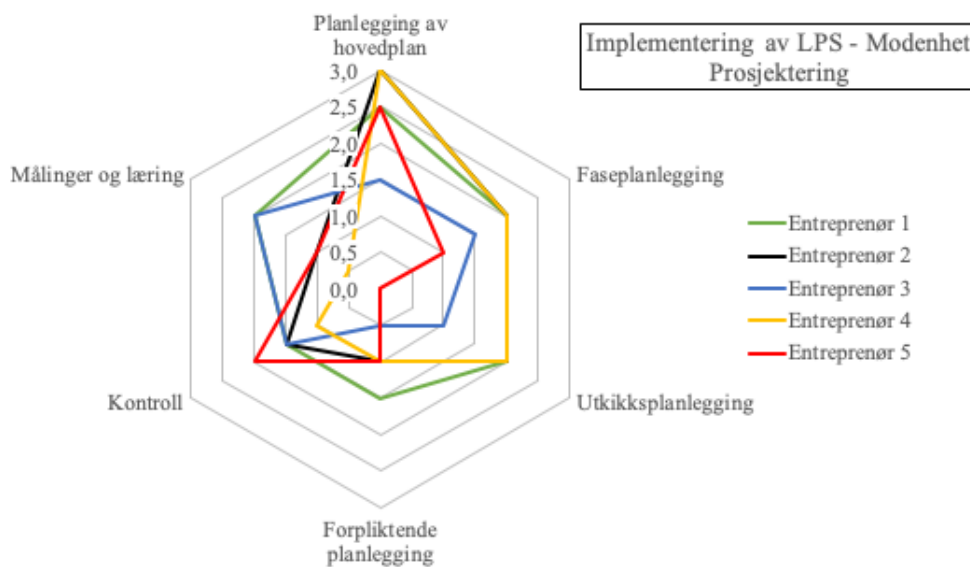
En av informantene sa at de vurderte å ta i bruk et nytt verktøy som kunne implementere store deler av LPS. Verktøyet ble ikke brukt på grunn av store lisenskostnader.

4.5 Samlet vurdering av modenhet

Tidligere ble to modenhetsmodeller med seks hoveddeler hver etablert. Fem norske entreprenører ble vurdert ut fra de to modenhetsmodellene. Etter at de ulike hoveddelene ble forklart, ble resultatene til de fem entreprenørene presentert, del for del. Her presenteres en samlet vurdering av modenheten til alle hoveddelene som inngår i ILM og DLM. Det betyr at resultatene til alle entreprenørene og alle hoveddelene er inkludert. Resultatene for prosjektering og produksjon presenteres hver for seg.

4.5.1 Implementering av the Last Planner System i norsk byggenæring

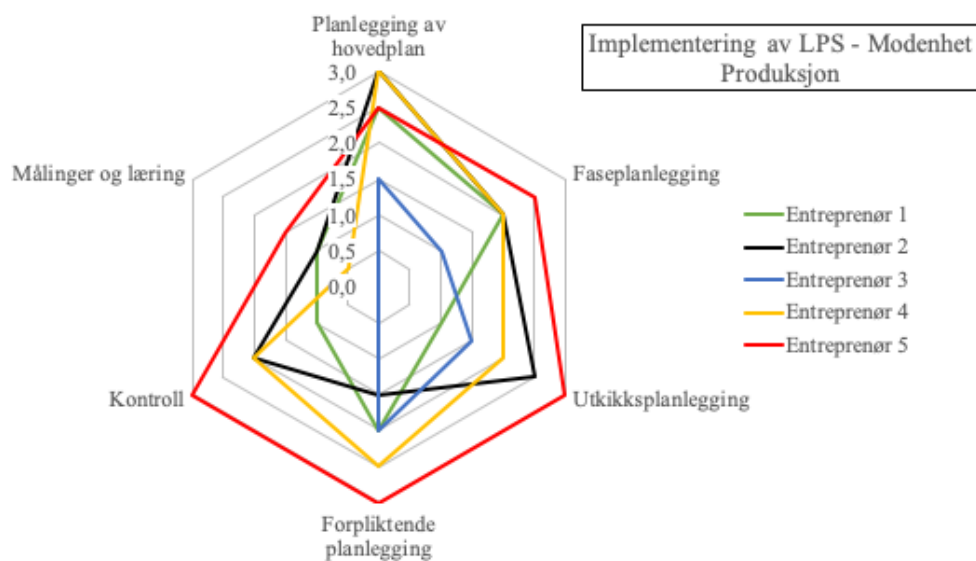
Her presenteres en samlet vurdering av modenheten til alle hoveddelene som inngår i ILM. I Figur 23 presenteres resultatene til alle de fem entreprenørene innen ILM og prosjektering. I Figur 24 presenteres resultatene til alle entreprenørene innen ILM og produksjon.



Figur 23: ILM – Hoveddelene – Prosjektering.

Som det fremkommer i figuren finnes det høye poengscorer innen nesten alle hoveddelene, men på hoveddelen forpliktende planlegging er høyeste poengscore 1,5. Selv om det er gode implementeringer på de fleste hoveddelene, viser resultatene at alle entreprenørene har sine

styrker og svakheter. Entreprenør 1 er den eneste av de fem entreprenørene som ikke har mindre enn 1,5 poeng på noen av hoveddelene.



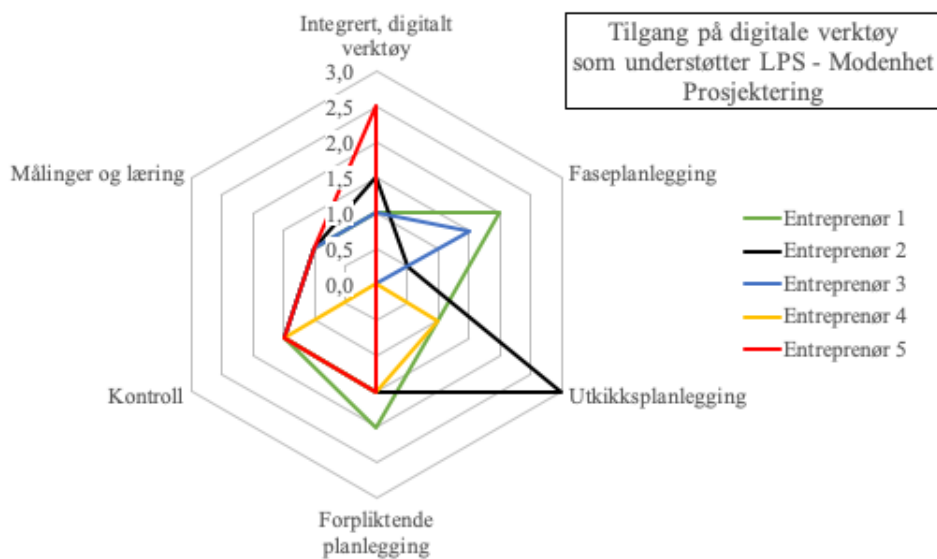
Figur 24: ILM – Hoveddelene – Produksjon.

De fem entreprenørene har fått flere poeng på implementering av LPS i produksjon enn i prosjektering. Entreprenør 2 og 4 har fått 1,5 poeng eller mer på alle hoveddelene utenom målinger og læring. Entreprenør 5 har 2,5 eller 3 poeng på alle hoveddelene utenom målinger og læring. Resultatene indikerer at denne hoveddelen har det største forbedringspotensialet. Det er ganske høye poengscorer på planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utviklingsplanlegging og forpliktende planlegging.

4.5.2 Tilgang på digitale verktøy som understøtter the Last Planner System i norsk byggenæring

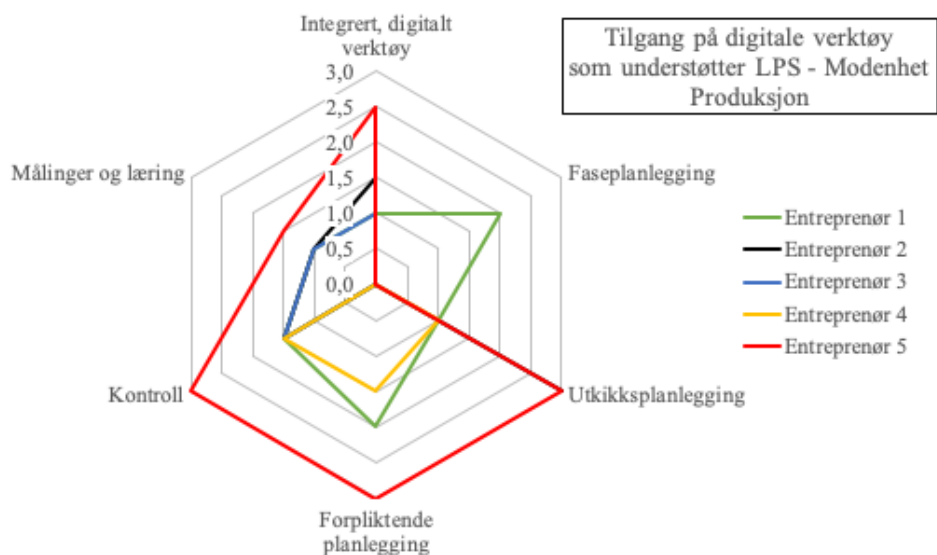
Her presenteres en samlet vurdering av modenheten til alle hoveddelene som inngår i DLM. I Figur 25 presenteres resultatene til alle de fem entreprenørene innen DLM og prosjektering. I Figur 26 presenteres resultatene til alle entreprenørene innen DLM og produksjon.

Digitale verktøy som brukes av de fem entreprenørene er: Touchplan, Synchro, Microsoft Excel, Microsoft Project, Integrert prosjektgjennomføring (egenutviklet programvare av Kruse Smith), HENT Core (egenutviklet programvare av HENT), Safran, Miro, Jira, Planner i Teams, Asta Powerproject, Power BI og BIM 360 Plan. De fleste bruker Microsoft Excel og mange bruker Microsoft Project. De resterende verktøyene brukes av en eller to entreprenører og ofte bare i pilotprosjekter.



Figur 25: DLM – Hoveddelene – Prosjektering.

Det er svært varierte resultater for DLM i prosjektering. Entreprenør 5 er den eneste som har en poengscore på over 1,5 på hoveddelen integrert, digitalt verktøy. Entreprenør 2 er den eneste som har en poengscore på over 1 på hoveddelen utvikksplanlegging. Entreprenør 1 er den som har jevnest resultater, med en poengsum på minimum 1 på alle hoveddelene. Resultatene tyder på at ingen av de fem entreprenørene har tilgang på digitale verktøy som understøtter hoveddelene kontroll, og målinger og læring i prosjekteringen. Ingen av entreprenørene har fått mer enn 1 poeng på de to hoveddelene.



Figur 26: DLM – Hoveddelene – Produksjon.

Innen DLM er det bare Entreprenør 2 som har mer enn 0 poeng på faseplanlegging i produksjon. Utenom denne hoveddelen, har Entreprenør 5 høyeste poengscore på alle de andre hoveddelene. Det synes ikke i figuren, men Entreprenør 2 har også 3 poeng på hoveddelen utkvikksplanlegging. Noen av entreprenørene har tilgang på digitale verktøy som understøtter hoveddelene utkvikksplanlegging og forpliktende planlegging. Det er færrest poeng på hoveddelene faseplanlegging, og målinger og læring.

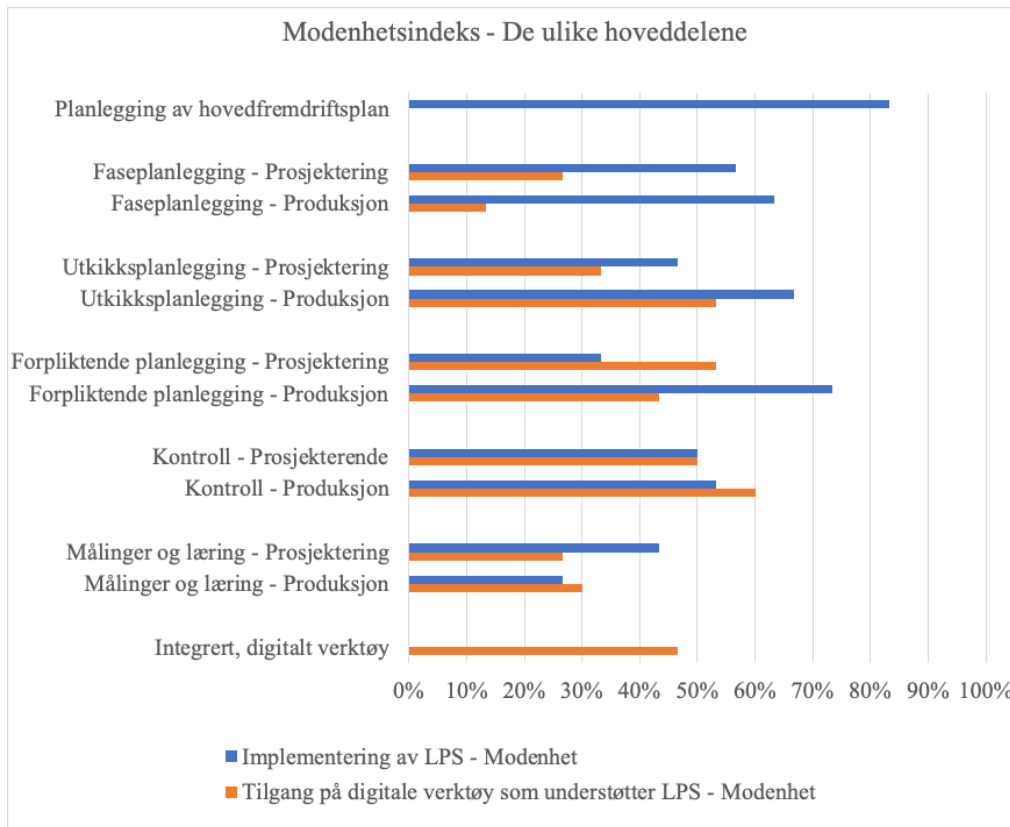
4.6 Modenhetsindeks

Her presenteres modenhetsindeksen til ILM og DLM. Modenhetsindeksen angis i prosent og representerer gjennomsnittresultatene til de fem entreprenørene som ble vurdert. Indeksen muliggjør en sammenligning av resultatene til de to modenhetsmodellene. I tillegg visualiserer modenhetsindeksen resultatene til både prosjektering og produksjon sammen, slik at de kan sammenlignes.

4.6.1 Modenhetsindeks for de ulike hoveddelene

Modenhetsindeksen for de ulike hoveddelene som inngår i ILM og DLM presenteres i Figur 27. 100% tilsvarer at alle de fem entreprenøren har maksimal poengscore på én av hoveddelene som inngår i ILM og/eller DLM. Nedenfor kan man se hvordan modenhetsindeksen for en hoveddel beregnes. I formelen er "**M**odenhet for **h**oveddel – **E**ntreprenør" forkortet **MHE**. Telleren representerer resultatene til de fem entreprenørene på en utvalgt hoveddel. Dette kan for eksempel være "ILM – Faseplanlegging – Prosjektering". Nevneren tilsvarer 100% modenhet. Det betyr full poengscore og 3 poeng for alle de fem entreprenørene på denne hoveddelen.

$$\text{Modenhetsindeks, én hoveddel} = \frac{MHE\ 1 + MHE\ 2 + MHE\ 3 + MHE\ 4 + MHE\ 5}{5\ \text{entreprenører} * 3\ \text{poeng}}$$



Figur 27: Modenhetsindeks – De ulike hoveddelene – Prosjektering/produksjon.

Resultatene viser at innenfor ILM er det bare hoveddelen planlegging av hovedfremdriftsplan som har en modenhet på over 80%. Det er ingen av hoveddelene som har en modenhet på over 60% innen prosjektering. Hvis man betrakter produksjon og ILM, har hoveddelene faseplanlegging, utvikksplanlegging og forpliktende planlegging en modenhet på over 60%.

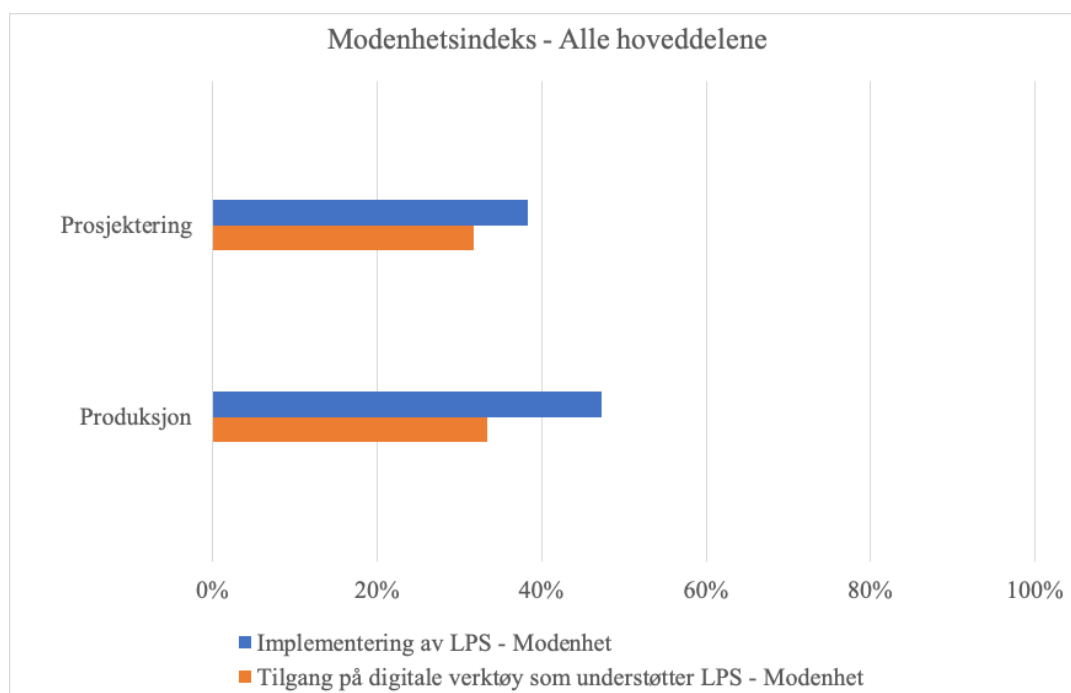
I figuren kan man se at innen hoveddelen faseplanlegging er det mulig å oppnå en høy modenhet innen ILM, selv om modenheten til DLM er lav. Modenheten til ILM og DLM er svært like for hoveddelen kontroll. Dette gjelder både for prosjektering og produksjon. Denne sammenhengen ble også påpekt tidligere, da resultatene til denne hoveddelen ble gjennomgått.

Innen ILM er det gjennomgående bedre resultater for produksjon enn for prosjektering. Det eneste unntaket er hoveddelene målinger og læring. Denne hoveddelen og integrert, digitalt verktøy har lavest modenhet, med ingen resultater som er over 50%. Resultatene innen DLM varierer mellom 13% og 60%, men de fleste hoveddelene har en modenhet under 50%.

4.6.2 Total modenhetsindeks for alle hoveddelene

I Figur 28 presenteres den totale modenhetsindeksen for hele ILM og DLM. Dette betyr alle hoveddelene som inngår i modenhetsmodellene. Nedenfor kan man se hvordan den totale modenhetsindeksen til ILM eller DLM beregnes. I formelen er "Modenhet for alle hoveddelene – Entreprenør" forkortet **MAE**. Telleren representerer resultatene til de fem entreprenørene på alle hoveddelene som inngår i ILM eller DLM. Nevneren tilsvarer 100% modenhet. Dette kan for eksempel være full poengscore på alle hoveddelene som inngår i "ILM – Produksjon" for de fem entreprenørene.

$$\text{Modenhetsindeks, alle hoveddelene} = \frac{MAE\ 1 + MAE\ 2 + MAE\ 3 + MAE\ 4 + MAE\ 5}{5\ \text{entreprenører} * 6\ \text{hoveddeler} * 3\ \text{poeng}}$$



Figur 28: Modenhetsindeks – Alle hoveddelene – Prosjektering/produksjon.

Ifølge resultatene i Figur 28 er det en høyere modenhet for produksjon enn for prosjektering innen ILM. Denne modenhetsmodellen har en modenhet på 47% innen produksjon og 38% innen prosjektering. Modenheten til DLM er svært lik, med 32% for prosjektering og 33% for produksjon.

4.7 Intervjuobservasjoner om norske entreprenører og the Last Planner System

Her presenteres observasjoner fra kvalitative intervjuer med representanter fra store norske entreprenørbedrifter. Flere av observasjonene diskuteres senere.

I de kvalitative intervjuene kom det frem at prosjekttypen og kontraktstørrelsen ikke er avgjørende for om LPS benyttes i planleggingen av prosjektets planer. Hvem som er prosjektleder, prosjekteringsleder og anleggsleder har derimot langt større påvirkning på hvordan prosjektene blir gjennomført.

Flere av intervjuobjektene i de kvalitative intervjuene hadde tidligere arbeidserfaring fra både byggherrer og rådgiverbedrifter. Likevel var det ingen av informantene som hadde opplevd en mer helhetlig implementering av LPS hos sine tidligere arbeidsgivere enn sin nåværende arbeidsgiver. I intervjuene ble det også delt erfaringer fra tidligere prosjekter der LPS ble implementert. De nevnte prosjektene ble gjennomført sammen med samarbeidspartnere som byggherre, rådgivere, underentreprenører og leverandører. Det var flere eksempler på informanter som hadde opplevd at deres bedrift var pådriveren for bruk av LPS i disse prosjektene.

Ved spørsmål om hvem som er ledende på bruk av LPS i den norske byggenæringen, har flere av intervjuobjektene henvist til andre entreprenørbedrifter. Flere av de anbefalte bedriftene er representert i denne oppgaven. Det ble også henvist til enkeltpersoner som jobber for de nevnte entreprenørbedriftene. Noen av disse enkeltpersonene har også deltatt i oppgavens intervjuer.

4.8 Norske entreprenører sitt syn på the Last Planner System

I de kvalitative intervjuene ble det observert ulike syn på LPS blant informantene fra de fem norske entreprenørene. Disse synene gjengis her. En av informantene hadde et inntrykk av at mange i byggenæringen setter likhetstegn mellom LPS og pull-planlegging med post-it lapper. Informanten sa følgende:

*"... veldig mange tror at Last Planner er den lappeøvelsen, punktum.
Det har jeg et ganske sterkt inntrykk av."*

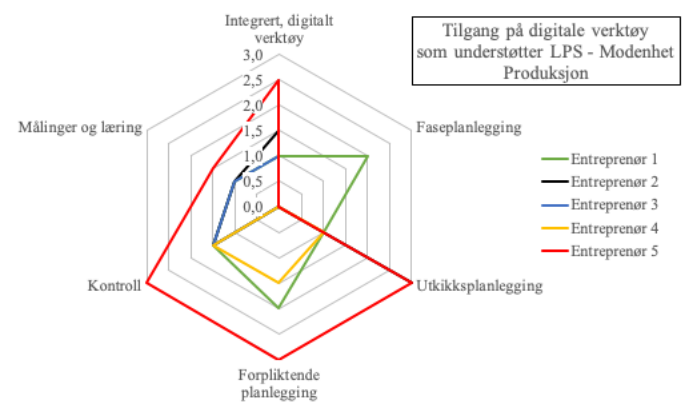
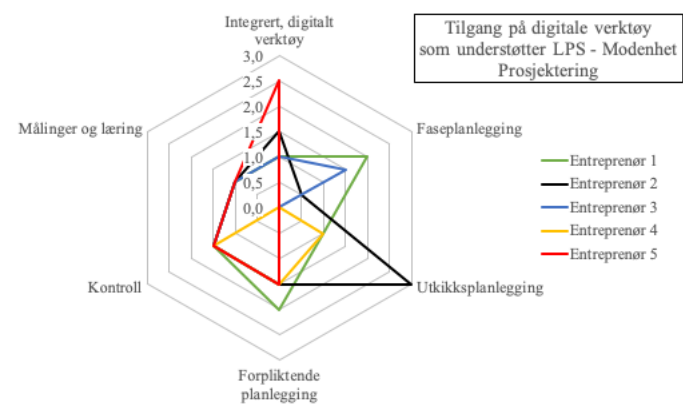
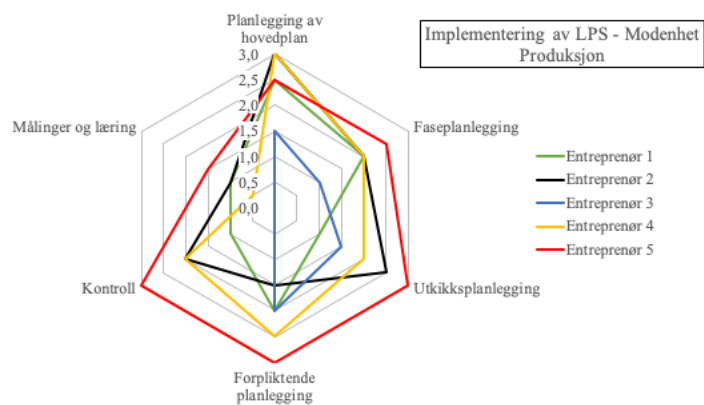
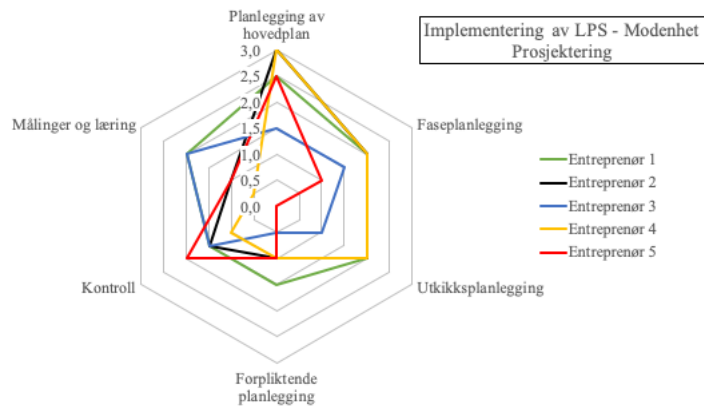
Informant

Faseplanlegging, post-it lapper og pull-planlegging var det første som mange av informantene tenkte på når LPS blir nevnt, men de fleste hadde et mer sammensatt bilde av produksjonssystemet. Blant informantene var det en allmenn oppfatning om at når LPS benyttes, så må de som skal gjennomføre prosjektets planer inkluderes i planleggingen. PPU og registrering av årsaker ble også nevnt tidlig når det ble spurt om hvordan deres bedrift jobbet med LPS. Andre typer målinger enn PPU ble sjeldent nevnt. Flere av informantene omtalte en helhetlig implementering av LPS som faseplanlegging med post-it lapper, involverende planlegging, samt registrering av PPU og årsaker. I tillegg omtalte et flertall av informantene LPS som en del av Lean. Noen utvalgte informanter betraktet takt og LPS som samme planleggingsmetodikk.

Blant informantene var det noen som betraktet LPS som fem deler: hovedfremdriftsplan, faseplaner, utkikksplaner, ukeplaner og daglig oppfølging/plansjekk. De fem delene ligner på de seks hoveddelene som ble presentert i Figur 10. Ikke alle informantene kjente til de fire plannivåene til LPS. Til tross for dette, var det mange av de fem bedriftene som benyttet seg av de tidligere omtalte prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene som understøtter de fire plannivåene.

4.9 Oppsummering av resultater

Resultatkapittelet har gjengitt litteratur om LPS og definert systemet. Litteraturen har vært utgangspunktet for etableringen av LPS sine seks hoveddeler. Videre har de seks hoveddelene dannet grunnlaget for etableringen av to modenhetsmodeller, ILM og TDM. Siden diskusjonskapittelet referer aktivt til resultatene til de to modenhetsmodellene, gjentas resultatene på side 66 i Figur 29. Figurene ble presentert i full størrelse tidligere.



Figur 29: ILM/DLM – Alle resultater – Prosjektering/produksjon.

5 Diskusjon

I diskusjonskapittelet drøftes oppgavens resultater. Det er forsøkt å belyse forskningsspørsmålene fra ulike perspektiver ved hjelp av resultatene og egne refleksjoner. Kapittelet har tre forskjellige deler som tar for seg et forskningsspørsmål hver.

5.1 Hva er the Last Planner System?

Her drøftes resultatene som utgjør besvarelsen av forskningsspørsmålet "Hva er the Last Planner System?".

5.1.1 Formål

Hovedformålet til LPS er å redusere variabiliteten, slik at gjennomføringstiden og sløsing i byggeprosjekter kan reduseres. Et annet formål til LPS, er å forsøke å gjøre arbeidsflyten i byggeprosjekter mer forutsigbar. I tillegg forsøker LPS å øke kundeverdien gjennom å konkretisere hvordan byggeprosjekter kan styre mot sine mål.

De ulike formålene til LPS er ikke motstridende, men systemet forsøker å forbedre ulike deler av byggeprosjekter. Siden delene i et byggeprosjekt er tett knyttet sammen, kan fordelene ved å implementere LPS føre til ytterligere synergieffekter.

5.1.2 Ulike syn på the Last Planner System

Det fulle navnet til LPS er The Last Planner System of Production Control. LPS kan betraktes som et produksjonskontrollsystem som bidrar til å styre byggeprosjekter mot sine mål innen sikkerhet, kvalitet, tid og kostnad. Systemet består av fire plannivåer og kan også omtales som en planleggingsmetodikk. I tillegg kan LPS betraktes som en Lean-metode, siden LPS forsøker å øke kundeverdien samtidig som sløsing reduseres.

De ulike synene på LPS viser at systemet er sammensatt og at det består av ulike deler. I litteraturen påpekes det at hele systemet burde implementeres, hvis ikke vil det bli vanskelig å samkjøre avhengige arbeidsoppgaver. For å oppnå en helhetlig implementering av LPS, er det nødvendig å ha oversikt over hele systemet. Derfor ble det etablert seks hoveddeler i denne oppgaven som beskriver hele LPS. De seks hoveddelene er planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utkvikksplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll, og målinger og læring.

LPS kan videre karakteriseres ut fra fem prinsipper som påvirker hvordan man tenker og handler, fem funksjoner som muliggjør prinsippene og en rekke metoder og verktøy som brukes til å praktisere prinsippene og funksjonene. Alle hoveddelene til LPS er understøttet av prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene.

Norske entreprenører sitt syn på LPS er preget av noen utvalgte prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy. Flere av informantene til denne oppgaven omtalte en fullverdig implementering av LPS som involverende planlegging, bruk av pull-planlegging, målinger av PPU og registrering av årsaker. Denne beskrivelsen av LPS utelater mange av prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene som inngår i systemet. Siden informantene representerer bedrifter som betraktes som ledende på LPS i den norske byggenæringen, tyder dette på at flere bedrifter i næringen ikke har oversikt over hele LPS. Likevel er det noen informanter som betraktet systemet som fem deler. De fem delene er svært like hoveddelene

til LPS, som er understøttet av litteratur om systemet. Dette tyder på at finnes enkelte aktører i næringen som har god kjennskap til hele LPS.

5.2 I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?

Her drøftes resultatene som utgjør besvarelsen av forskningsspørsmålet "I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?".

5.2.1 Evaluering av modenhetsmodell

Resultatene som besvarer oppgavens andre forskningsspørsmål er basert på modenhetsmodellen "Implementering av LPS – Modenhet" (ILM). Dermed burde modenhetsmodellen evalueres. LPS og ILM har de samme seks hoveddelene, som er utledet fra eksisterende litteratur om LPS. Modenhetsmodellen kan vurdere implementering av LPS til bedrifter i den norske byggenæringen. I oppgavens resultatkapittel har ILM vurdert fem norske entreprenører.

Når implementeringer av LPS skal vurderes, er det naturlig å ta utgangspunkt i uttalelser og publikasjoner fra ekspertene innen tematikken. Dette har også vært utgangspunktet for etableringen av modenhetsmodellen ILM. Litteratur som er skrevet av eksperter på LPS fra hele verden har vært utgangspunktet for full poengscore i modenhetsmodellen. Dette gjorde at poengscorene til ILM ikke ble begrenset av "beste praksis" i Norge.

Observasjoner fra kvalitative intervjuene har også bidratt til en justering av modenhetsmodellen. Dette ble gjort for å kontrollere at det er mulig å vurdere bedrifter i byggenæringen med modenhetsmodellen. Siden etableringen av ILM er basert på både litteratur og intervjuobservasjoner, tyder dette på at resultatene til modenhetsmodellen representerer virkeligheten til byggenæringen.

5.2.2 Resultatene sin innsikt i byggenæringen

Problemstillingen og to av oppgavens forskningsspørsmål betrakter hele den norske byggenæringen, men resultatene er primært basert på 11 kvalitative intervjuer med representanter fra fem norske entreprenørbedrifter. I 2018 var de fem entreprenørene blant de ni norske entreprenørene innen bygg og anlegg som omsatte for mest, hvis man ser bort fra de tekniske entreprenørene.

Uttalelser fra veileder og en rekke bransjeaktører indikerer at de fem entreprenørbedriftene representerer toppnivået til den norske byggenæringen, når det kommer til implementering av LPS. Denne vurderingen er understøttet av ulike observasjoner. Flere av informantene hadde tidligere arbeidserfaring fra både rådgivere og byggherrer. Likevel hadde ingen opplevd en mer helhetlig implementering av LPS hos sine tidligere arbeidsgivere enn hos sin nåværende arbeidsgiver. Dette kan tyde på at norske entreprenører har kommet lengst på implementeringer av LPS i byggenæringen. Det er også mulig at dette skyldes en mer aktiv bruk av LPS i næringen de siste årene, når informantene har jobbet for sin nåværende arbeidsgiver, altså entreprenørbedrifter.

I noen av intervjuene fortalte informantene om spesifikke prosjekter der LPS ble implementert. Prosjektene ble gjennomført sammen med ulike samarbeidspartnere, som for

eksempler byggherre, rådgivere, underentreprenører og leverandører. Flere av intervjuobjektene hadde erfart at deres bedrift var pådriveren for bruk av LPS i prosjektene. Dette støtter også oppfatningen om at de fem entreprenørene er blant de ledende bedriftene på implementeringer av LPS i den norske byggenæringen. Dermed kan resultatene fra intervjuene si noe om spydspissen til den norske byggenæringen, når det kommer til implementering av LPS.

5.2.3 Planlegging av hovedfremdriftsplan

Resultatene i Figur 27 viste at planlegging av hovedfremdriftsplan er den hoveddelen med høyest modenhetsindeks. Alle de fem entreprenørene implementerte denne delen i noen grad og det er mulig at andre bedrifter i byggenæringen også gjør dette. Alle byggeprosjekter er brutt ned på en eller annen måte, slik at det er mulig å beregne varigheten og kostnadene til prosjektets deler. Dermed skiller denne hoveddelen seg lite fra tradisjonell gjennomføring av byggeprosjekter. Dette kan være en av årsakene til at denne hoveddelen oppnådde en så høy modenhetsindeks.

5.2.4 Faseplanlegging

Faseplanlegging er kanskje den hoveddelen som flest aktører i den norske byggenæringen forbinder med LPS. Oppgavens resultater indikerer at faseplanlegging brukes aktivt av bedriftene som er ledende på LPS i næringen, både til prosjektering og produksjon. Faseplanleggingen gjennomføres ofte ved hjelp av post-it lapper og pull-planlegging. Post-it lapper bidrar til involverende planlegging, tverrfaglig samarbeid og visualiserer prosjektets planer. I tillegg er post-it lapper et billig verktøy som det er enkelt å forstå. Dette kan være noen av årsakene til at det finnes bedrifter i den norske byggenæringen som implementerer faseplanlegging aktivt. Selv om de fem entreprenørbedriftene implementerer faseplanlegging, mangler det kunnskap om hvor utbredt denne hoveddelen er i resten av næringen.

5.2.5 Utkvikksplanlegging

I Figur 29 kunne man se at for ILM er resultatene til de fem entreprenørene svært varierte for hoveddelen utviklingsplanlegging. Entreprenørene sin varierte implementering indikerer at utviklingsplanlegging bare benyttes av noen få bedrifter i byggenæringen. Resultatene viste også at denne hoveddelen er mest utbredt i produksjon. Intervjuobservasjoner tyder på at det er et ønske om å bruke utviklingsplanlegging mer aktivt i byggenæringen. Likevel blir denne hoveddelen nedprioritert i flere prosjekter. Det er mulig at tidspresset i byggenæringen gjør at forberedende planlegging ikke prioriteres høyt, selv om at næringen ser fordelene.

5.2.6 Forpliktende planlegging

I Figur 27 viste resultatene til ILM at modenhetsindeksen til forpliktende planleggingen er mye lavere for prosjektering enn for produksjon. Full poengscore i denne hoveddelen inkluderer daglige koordineringer og arbeidsoppgaver som er brutt ned på dagsnivå. Det er utfordrende å gjennomføre daglige koordineringer med et prosjekteringsteam som ofte består av representanter fra ulike bedrifter. I tillegg kan teamet bestå av personer som jobber i ulike byer. Dette gjør at det blir svært ressurskrevende å gjennomføre daglige koordineringer i prosjektering, sammenlignet med produksjon. I produksjon kan dette gjennomføres på starten eller slutten av dagen på byggeplassen. Dette er gjennomførbart siden de fleste involverte aktørene er fysisk tilstede hver dag.

I litteraturen om LPS står det at den forpliktende planleggingen burde foregå i samme tempo som syklustiden til leveransene. I prosjekteringen har leveransene lengre syklustid enn i produksjon. Det er dermed vanskeligere å bryte ned arbeidsoppgavene fra prosjekteringen på dagsnivå. Likevel har ILM de samme definerte poengscorene for prosjektering og produksjon. Dette kan ha ført til en lavere modenhetsindeks for prosjekteringen. Det er ikke sikkert at bransjeaktørene som jobber med prosjektering ser behovet for daglige koordineringer og arbeidsoppgaver som er brutt ned på dagsnivå. I så fall burde modenhetsmodellen endres for denne hoveddelen, slik at det blir egne poengscorer for prosjektering og produksjon.

5.2.7 Kontroll

Figur 29 viste at for ILM er det ingen av de fem entreprenørene som har høye poengscorer for prosjektering innen hoveddelen kontroll. For å oppnå full score i denne hoveddelen, må det gjennomføres en daglig kontroll av utførte arbeidsoppgaver. Intervjuobservasjoner tyder på at det er mest vanlig å gjennomføre prosjekteringsmøter hver uke eller annen hver uke. Denne hyppigheten gjør at full score ikke er oppnåelig for prosjektering. Det er ikke sikkert at næringen ønsker en hyppigere kontroll av prosjekteringen, selv om dette har gitt positive effekter i produksjon. Fordelen med hyppige kontroller er at eventuelle forsinkelser kan oppdages tidlig. Dermed kan prosjektets planer justeres, før forsinkelsene får større konsekvenser.

5.2.8 Målinger og læring

Det er bare hoveddelen målinger og læring som har en høyere modenhetsindeks for prosjektering enn produksjon innen ILM. Siden LPS har blitt brukt lengst til byggeplassproduksjon, var det forventet at produksjon skulle ha høyest modenhetsindeks på flertallet av hoveddelene. Rammeverket VDC benyttes i hovedsak i prosjekteringsfasen og kan være en av årsakene til at målinger og læring scorer best på prosjektering. Målinger er en sentral del av VDC og noen av bedriftene som benytter rammeverket utfører PPU-målinger. Dette bidrar til en høyere score innen hoveddelen målinger og læring.

Hvis man betrakter både prosjektering og produksjon, har de fem entreprenørene svake resultater innen målinger og læring. Resultatene til entreprenørene indikerer at få eller ingen bedrifter i den norske byggenæringen måler TMR og TA, som er nødvendig for å oppnå full score i denne hoveddelen. Det er usikkert om næringen mangler kunnskap om målingene eller om de ikke ser behovet for å gjennomføre dem. Blant bedriftene som betraktes som ledende på LPS i næringen, er det få som jobber systematisk med læring. Noen aktører sier at deres læringsprosess er "learning by doing". Dette indikerer at den norske byggenæringen har et forbedringspotensial på målinger og læring.

5.2.9 Modenhetsindeks

Figur 28 presenterte den totale modenhetsindeksen til alle hoveddelene som inngår i ILM. Modenhetsindeksen er 47% innen produksjon og 38% innen prosjektering. Verdiene til modenhetsindeksen er basert på resultatene til de fem entreprenørene. Resultatene indikerer at bedriftene som er ledende på bruk av LPS i Norge bruker systemet mest aktivt i produksjon. I tillegg tyder resultatene på at den norske byggenæringen har et forbedringspotensial på helhetlige implementeringer av LPS. Dette er til tross for at Lean Construction og LPS har vært en del av næringen i mange år. Blant bedriftene som representerer toppnivået for bruk av LPS i næringen, er det flere som ikke implementerer sentrale deler av systemet. Det er mulig at dette skyldes at bedriftene ikke har oversikt over hele LPS.

Til tross for at næringen har et forbedringspotensial på helhetlige implementeringer av LPS, er det flere av hoveddelene innen ILM som har en høy modenhetsindeks. Dette betyr at blant de fem entreprenørene, er det noen som implementerer utvalgte hoveddeler i henhold til litteraturen om LPS. For produksjon har både faseplanlegging, utviklingsplanlegging og forpliktende planlegging en modenhetsindeks på over 60%. Planlegging av hovedfremdriftsplan omfavner både prosjektering og produksjon og har den høyeste modenhetsindeksen innen ILM. Likevel mangler det kunnskap om hvor utbredt bruk av hoveddelene er i resten av byggenæringen.

5.3 I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?

Her drøftes resultatene som utgjør besvarelsen av forskningsspørsmålet "I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?".

5.3.1 Evaluering av modenhetsmodell

Resultatene som besvarer oppgavens tredje forskningsspørsmålet er basert på modenhetsmodellen "Tilgang på digitale verktøy som understøtter LPS – Modenhet" (DLM). Dermed burde modenhetsmodellen evalueres. DLM består av de seks hoveddelene faseplanlegging, utviklingsplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll, målinger og læring, og integrert, digitalt verktøy. Modenhetsmodellen kan vurdere tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS for bedrifter i den norske byggenæringen. I oppgavens resultatkapittel har DLM vurdert fem norske entreprenørbedrifter.

DLM ble etablert ved hjelp av både litteratur om LPS og intervjuobservasjoner. Litteraturen gir innsikt i hva ulike eksperter definerer som LPS og har vært utgangspunktet for de definerte poengscorene til modellen. Intervjuobservasjoner ble også benyttet, siden de gir innsikt i hvilke verktøy som finnes i næringen. De ulike tilnærmingene bidrar til at resultatene til modenhetsmodellen kan si noe om situasjonen i byggenæringen.

Tidligere har digitale verktøy blitt omtalt som programvare som fungerer på digitale enheter som PC, nettbrett eller mobil. Videre betyr digitale verktøy som understøtter LPS at verktøyene har funksjoner som muliggjør en implementering av metodikken. Denne definisjon er bred og omfavner mange forskjellige verktøy. Definisjonen er valgt siden den omfavner verktøyene som brukes i den norske næringen i dag. Oppgavens resultater tyder på at flere bedrifter i næringen kombinerer ulike, digitale verktøy i sin implementering av LPS.

5.3.2 Resultatene sin innsikt i byggenæringen

Det tredje forskningsspørsmålet betrakter hele den norske byggenæringen, men resultatene er primært basert på 11 intervjuer med representanter fra fem norske entreprenørbedrifter. Resultatene fra intervjuene brukes i besvarelsen av både forskningsspørsmål 2 og dette forskningsspørsmålet. I "5.2.2 Resultatene sin innsikt i byggenæringen" kom det frem at ulike observasjoner tilsier at de fem entreprenørbedriftene er ledende på implementering av LPS i den norske byggenæringen. Dermed representerer resultatene fra intervjuene toppnivået i næringen, når det kommer til implementering av LPS.

Bedrifter som implementerer LPS i sine prosjekter har trolig også kunnskap om fordelene ved å benytte metodikken. Denne kunnskapen kan føre til en økt villighet til å betale for digitale verktøy som understøtter metodikken. Hvis man begynner å bruke nye, digitale verktøy, medfører dette en risiko for brukeren. Digitale verktøy har lisenskostnader, samtidig som effektene ved å bruke verktøyene er ukjent på forhånd. Dette gjør at det er en fordel med økonomisk trygghet hvis man vurderer å ta i bruk slike verktøy. Store entreprenørbedrifter i Norge er bedrifter som har gode forutsetninger for å ta i bruk nye, digitale verktøy som understøtter LPS.

Entreprenørbedriftene som ble intervjuet til denne oppgaven er i hovedsak totalentreprenører og jobber tett sammen med både rådgivere og byggherrer i sine prosjekter. Dette gjør at de fem bedriftene har innsikt i hvilke digitale verktøy som brukes i byggenæringen av andre bedrifter. Siden entreprenørene omtales som ledende på bruk av LPS i Norge, er det mulig at de også forsøker å ligge i front på bruk av digitale verktøy som understøtter metodikken. Det er dermed ulike faktorer som tyder på at de fem bedriftene har tilgang på de beste digitale verktøyene i næringen som understøtter LPS.

5.3.3 Faseplanlegging

Resultatene til de ulike hoveddelene som inngår i modenhetsmodellene ILM og DLM ble presentert i Figur 27. Figuren viste at modenhetsindeksen til hoveddelen faseplanlegging er lav innen DLM, spesielt for produksjon. Dette tyder på at digitale verktøy som understøtter faseplanlegging ikke er tilgjengelig blant bedriftene som er ledende på LPS i Norge. Til tross for dette, har de fem entreprenørene oppnådd en høy modenhetsindeks innen ILM på denne hoveddelen. Dette tyder på at det er mulig å gjennomføre faseplanlegging i tråd med litteraturen om LPS uten bruk av digitale verktøy. Denne tolkningen stemmer overens med uttalelser fra oppgavens intervjuobjekter. Noen av informantene ytret at de likte pull-planlegging bedre med post-it lapper, sammenlignet med bruk av digitale verktøy.

Resultatene viste at det er mulig å gjennomføre faseplanlegging uten bruk av digitale verktøy. Til tross for dette, hadde noen av informantene positive erfaringer med bruk av slike verktøy i faseplanleggingen. En nevnt fordel med digitale verktøy, er at man slipper å skrive planen inn i et planverktøy etter planleggingen. Det ble også påpekt at det er enklere å gjenoppta en planleggingsøkt med et digitalt verktøy. Hvis man bruker post-it lapper er det en risiko for at lappene faller ned underveis eller mellom planleggingsøktene. Eksempler på digitale verktøy som kan brukes til digital faseplanlegging er Touchplan og YoLean.

5.3.4 Utkvikksplanlegging

Figur 29 viste at resultatene til de fem entreprenørene innen hoveddelen utviklingsplanlegging er svært varierte. I tillegg viste resultatene at det finnes digitale verktøy i den norske byggenæringen som understøtter utviklingsplanlegging. Likevel tyder resultatene på at digitale verktøy som understøtter utviklingsplanlegging er tilgjengelig for få bedrifter i den norske byggenæringen.

5.3.5 Forpliktende planlegging

Innenfor hoveddelen forpliktende planlegging har de fem entreprenørene ganske gode resultater innen DLM. Flere av entreprenørene bruker de digitale verktøyene MS Project og Excel til den forpliktende planleggingen. Verktøyene gir ikke full poengscore og understøtter

den forpliktende planleggingen i noen grad. Resultatene tyder på at de nevnte verktøyene også benyttes av andre bedrifter i den norske byggenæringen.

5.3.6 Kontroll

Figur 18 og Figur 19 viste at de fem entreprenørene sine resultater for hoveddelen kontroll, er svært like innen DLM. For de fleste av entreprenørene tilsvarer resultatene en delvis tilgang på digitale verktøy som legger til rette for kontroll. Innen denne hoveddelen er resultatene til ILM og DLM svært like. Dette indikerer at digitale verktøy legger til rette for kontroll i LPS-prosjekter. For å oppnå høye poengscorer i denne hoveddelen, må både utførte og ikke-utførte arbeidsoppgaver registreres med eventuelle, tilhørende årsaker. Dette forenkles ved hjelp av digitale verktøy, som kan systematisere denne informasjonen på en enkel måte.

5.3.7 Målinger og læring

For hoveddelen målinger og læring, innen DLM, har nesten alle de fem entreprenørene lave poengscorer. I intervjuene kom det frem at ingen av de fem entreprenørene har tilgang på digitale verktøy som muliggjør målinger av TMR og TA. Observasjoner tyder også på at intervjuobjektene har lite kunnskap om de to målingene. Dette kan være en av årsakene til at DLM har så lave poengscorer innen denne hoveddelen. Det er også mulig at det ikke finnes digitale verktøy som muliggjør målinger av både PPU, TMR, TA og frekvens på arbeidsoppgaver som ikke er utført. Slike digitale verktøy er i hvert fall ikke funnet i oppgavens resultater.

Resultatene til ILM og DLM innenfor hoveddelen målinger og læring er ganske like, særlig for noen av entreprenørene. Dette tyder på at digitale verktøy som understøtter LPS bidrar til å implementere denne hoveddelen. Det er for eksempel nødvendig med digitale verktøy for å fremstille resultatene fra målingene som inngår i LPS. Resultatene fra målingene kan også bidra til læring, slik at årsaker til mislykkede planer kan unngås ved senere anledninger. Dette understøtter påstanden om at digitale verktøy bidrar til å gjennomføre målinger og læring.

5.3.8 Integrert, digitalt verktøy

I de kvalitative intervjuene fortalte flere informanter om et behov for integrerte, digitale verktøy som muliggjør en implementering av hele LPS. Resultatene i Figur 29 tyder på at det er få bedrifter i den norske byggenæringen som har tilgang på slike verktøy. En av informantene fortalte om et aktuelt verktøy som de vurderte å ta i bruk. Årsaken til at de ikke begynte å bruke dette verktøyet, var på grunn av store lisenskostnader.

5.3.9 Modenhetsindeks

Figur 28 presenterte den totale modenhetsindeksen for alle hoveddelene som inngår i DLM. Resultatene representerer de fem entreprenørene og viser at DLM har en modenhetsindeks på 32% for prosjektering og 33% for produksjon. Den marginale forskjellen tyder på at de digitale verktøyene som de fem bedriftene har tilgang på, understøtter LPS like mye i prosjektering og i produksjon. Siden begge modenhetsindeksene er under 40%, indikerer dette at få bedrifter i byggenæringen har tilgang på digitale verktøy som understøtter alle hoveddelene til LPS.

6 Konklusjon

I dette kapittelet undersøkes masteroppgavens problemstilling ved hjelp av tre forskningsspørsmål. Problemstillingen er:

"Hva er status for implementering av the Last Planner System og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring?"

Kapittelet har fem deler og de tre første delene besvarer et forskningsspørsmål hver. Den fjerde delen oppsummerer besvarelsen av de tre forskningsspørsmålene. Til slutt presenteres aktuelt videre arbeid innen tematikken. Konklusjonen er basert på resultater og diskusjoner som er presentert tidligere i oppgaven.

6.1 Hva er the Last Planner System?

Opgavens første forskningsspørsmål er "Hva er the Last Planner System?". Begrepet "Last Planner" kommer fra personene eller gruppene som er beslutningstakere for hva som skal bli utført i morgen. Dette kan for eksempel være baser, formenn, arkitekter eller rådgivende ingeniører.

Det er ulike syn på hva som menes med LPS, både i litteraturen og blant norske entreprenører. LPS kan betraktes som en planleggingsmetodikk, et produksjonskontrollsystem eller en Lean-metode. De ulike synene på LPS viser at systemet er sammensatt og at det består av ulike deler. Denne oppgaven forsøker å presentere en oversikt over hele systemet gjennom å etablere seks hoveddeler for LPS. Utgangspunktet for de seks hoveddelene er eksisterende litteratur. De seks hoveddelene er planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utkviksplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll, og målinger og læring.

Hovedformålet til LPS er å redusere variabiliteten i byggeprosjekter, slik at sløsing og gjennomføringstiden kan reduseres. Et annet formål til LPS, er å forsøke å gjøre arbeidsflyten mer forutsigbar. I tillegg forsøker LPS å konkretisere hvordan byggeprosjekter kan styre mot sine mål, slik at kunde verdien forbedres.

LPS kan karakteriseres ut fra en rekke prinsipper, funksjoner, metoder og verktøy. Et utvalg av disse preger norske entreprenører sitt syn på LPS. Flere av informantene i denne oppgaven beskrev en fullverdig implementering av LPS som bruk av pull-planlegging, involverende planlegging, målinger av PPU og registrering av årsaker. Denne beskrivelsen omfavner bare et begrenset utvalg av prinsippene, funksjonene, metodene og verktøyene som inngår i helheten til LPS. Informantene representerer entreprenørbedrifter som betraktes som ledende på LPS i den norske byggenæringen. Dette tyder på at flere bedrifter i næringen ikke har oversikt over hele LPS.

6.2 I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?

Det andre forskningsspørsmålet til oppgaven er "I hvilken grad blir the Last Planner System implementert i norsk byggenæring?". For å besvare dette forskningsspørsmålet, ble modenhetsmodellen "Implementering av LPS – Modenhet" (ILM) etablert. ILM har de samme seks hoveddelene som LPS og kan vurdere implementering av LPS til bedrifter i den norske byggenæringen.

I denne oppgaven vurderte ILM de norske entreprenørbedriftene HENT, Kruse Smith, Skanska Norge, Veidekke Entreprenør og NCC Norge. Ulike observasjoner tyder på at de fem entreprenørene er ledende på bruk av LPS i den norske byggenæringen. Dermed kan oppgavens resultater si noe om toppnivået til den norske byggenæringen når det kommer til implementering av LPS.

Resultatene indikerer at bedriftene som er ledende på bruk av LPS i Norge, bruker systemet mest aktivt i produksjon. Til tross for at Lean Construction og LPS har vært en del av norsk byggenæring i mange år, tyder oppgavens resultater på at næringen har et forbedringspotensial når det kommer til helhetlige implementeringer av LPS. Blant bedriftene som representerer toppnivået for bruk av LPS i næringen, er det flere som ikke implementerer sentrale deler av systemet. Det er mulig at dette skyldes at bedriftene ikke har oversikt over hele LPS.

Resultatene tyder på at planlegging av hovedfremdriftsplan implementeres av bedriftene som er ledende på LPS i den norske byggenæringen. Flere av de fem entreprenørene implementerer hoveddelene faseplanlegging, utkikkplanlegging og forpliktende planlegging, i henhold til teorien om LPS. Hoveddelene er særlig utbredt i produksjon, men blant de fem entreprenørene brukes faseplanlegging også i prosjektering. Dette viser at finnes bedrifter i den norske byggenæringen som implementerer noen av hoveddelene til LPS. Likevel mangler det kunnskap om hvor utbredt LPS er i resten av næringen. Resultatene indikerer også at det er få eller ingen bedrifter i næringen som gjennomfører alle målingene som inngår i LPS. I tillegg er det få av de fem entreprenørene som jobber systematisk med læring.

6.3 I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?

Opgavens tredje og siste forskningsspørsmål er "I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?". For å besvare forskningsspørsmålet, ble modenhetsmodellen "Tilgang på digitale verktøy som understøtter LPS – Modenhet" (DLM) etablert. Modenhetsmodellen består av seks hoveddeler som er faseplanlegging, utkikkplanlegging, forpliktende planlegging, kontroll, målinger og læring, og integrert, digitalt verktøy. Modenhetsmodellen kan vurdere tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS for bedrifter i den norske byggenæringen.

I denne oppgaven vurderte modenhetsmodellene ILM og DLM de samme fem entreprenørbedriftene. En rekke observasjoner indikerer at de fem entreprenørene har den beste tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS i den norske byggenæringen. Oppgavens resultater representerer de fem entreprenørene og deres tilgang på slike, digitale verktøy.

Resultatene tyder på at få bedrifter i den norske byggenæringen har tilgang på digitale verktøy som understøtter alle hoveddelene til LPS. Blant bedriftene som er ledende på LPS i Norge, er det flere som kombinerer ulike, digitale verktøy i sin implementering av systemet. Næringen etterspør integrerte, digitale verktøy som kan bidra til å implementere hele LPS. Det finnes få slike verktøy i næringen i dag og noen av disse verktøyene har store lisenskostnader. Resultatene tyder på at de digitale verktøyene som de fem entreprenørene har tilgang på, understøtter LPS like mye i prosjektering og i produksjon.

Ifølge resultatene til ILM og TDM, forenkler digitale verktøy implementering av hoveddelene kontroll, og målinger og læring. Blant de fem entreprenørene, var det ingen som hadde tilgang på digitale verktøy som muliggjør alle målingene som inngår i LPS. Dette kan være en av årsakene til at modenhetsindeksen til ILM er så lav for målinger og læring.

Selv om digitale verktøy kan forenkle implementering av utvalgte hoveddeler, gjelder ikke dette alle for alle hoveddelene. Oppgavens resultater viser at faseplanlegging kan implementeres uten digitale verktøy. Dette gjelder for både prosjektering og produksjon. Blant intervjuobjektene var det ulike meninger om faseplanlegging burde gjennomføres digitalt eller med fysiske post-it lapper. I resultatene kom det fram at det er fordeler og ulemper med begge tilnærmingene.

6.4 Oppsummering av konklusjon

Problemstillingen til masteroppgaven er: *Hva er status for implementering av the Last Planner System og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring?* Denne problemstillingen undersøkes ved hjelp av tre forskningsspørsmål. Her oppsummeres konklusjonen til de tre forskningsspørsmålene.

Bedriftene som betraktes som ledende på LPS i den norske byggenæringen, implementerer bare utvalgte deler av systemet. De samme bedriftene bruker LPS mest aktivt i produksjon. Oppgavens resultater tyder på at flere bedrifter i byggenæringen ikke har oversikt over hele LPS. Dette kan være en av årsakene til at så få bedrifter implementerer hele systemet. Blant bedriftene som representerer toppnivået for bruk av LPS i næringen, benyttes noen hoveddeler mer enn andre. Planlegging av hovedfremdriftsplan, faseplanlegging, utkviksplanlegging og forpliktende planlegging er mest utbredt, særlig i produksjon. Flere av de samme bedriftene bruker også faseplanlegging i prosjektering.

De fleste digitale verktøyene som er tilgjengelig i den norske byggenæringen, understøtter bare noen av hoveddelene til LPS. Aktører i næringen ser et behov for integrerte, digitale verktøy som understøtter hele systemet, men resultatene tyder på at få bedrifter har tilgang på dette. Resultatene viser at digitale verktøy legger til rette for kontroll, og målinger og læring. Derimot kan faseplanlegging implementeres uten digitale verktøy.

6.5 Videre arbeid

Masteroppgaven betrakter statusen til hele den norske byggenæringen, men resultatene er primært basert på intervjuer med store, norske entreprenørbedrifter. Selv om entreprenørene omtales som ledende på implementering av LPS i næringen, kan resultater fra andre bedrifter gi en mer fullstendig oversikt over næringen sin status. Videre arbeid kan for eksempel undersøke samme tematikk for mellomstore og små entreprenører, i tillegg til byggherrer og rådgiverbedrifter. Dette vil gi et mer sammensatt bilde av hele den norske byggenæringen.

I denne oppgaven undersøkes tilgangen på digitale verktøy som understøtter LPS. Utviklingen av digitale verktøy skjer raskt og dette kan føre til at dagens situasjon endrer seg mye i årene som kommer. Dermed er det aktuelt å gjøre en ny vurdering av næringen om noen år, for å se om situasjonen har endret seg.

Oppgavens resultater indikerer at det er få eller ingen bedrifter i den norske byggenæringen som gjennomfører alle målingene som inngår i LPS. I tillegg er det få av de fem

entreprenørene som jobber systematisk med læring. Videre arbeid kan undersøke hvorfor bedrifter i den norske byggenæringen sliter med å implementere hoveddelen målinger og læring. Det er mulig å se nærmere på om dette er et særnorsk fenomen, eller om dette også er en utfordring i andre land. Hvis man finner eksempler på gode implementeringer av målinger og læring i andre land, kan man undersøke hvordan dette er mulig å oppnå. Slik kunnskap kan bidra til at den norske byggenæringen oppnår en mer helhetlig implementering av LPS.

Referanseliste

- Alarcón, L. F., Mandujano, M. G. og Mourgues, C. (2013) Analysis of the Implementation of VDC from a Lean Perspective: Litterature Review, i *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brasil, 31.-2. august 2013*. s. 781-790.
- Andersen, G. (2019) Valg av forskningsmetode, *Nasjonal digital læringsarena*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subjects/subject:19/topic:1:195989/topic:1:195829/resource:1:56937> (Hentet: 24. oktober 2019).
- Aven, T. (2019) risiko. Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/risiko>.
- Ballard, G. og Howell, G. (1998) Shielding Production: An Essential Step in Production Control, *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1). doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1998\)124:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11)).
- Ballard, G. og Howell, G. A. (2003) An Update on Last Planner, i *11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Virginia, USA*.
- Ballard, G., Hammond, J. og Nickerson, R. (2009) Production Control Principles, i *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Taipei, Taiwan, 15.-17. juli 2009*. s. 489-500.
- Ballard, G. og Tommelein, I. (2016) Current Process Benchmark for the Last Planner System, *Lean Construction Journal*, 89, s. 57-89.
- Ballard, H. G. (2000) The Last Planner System of Production Control.
- Byggeindustrien (2018) - *Bygg- og anleggsnæringen kan tjene enorme summer på digitalisering av bransjen*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1360251> (Hentet: 18. april 2020).
- Byggeindustrien (2019) *Lean Construction Norge og NTNU arrangerer seminar med Glenn Ballard*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1388876> (Hentet: 18. april 2020).
- Dahlum, S. og Tjernshaugen, A. (2019) kvantitativ metode, *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvantitativ_metode (Hentet: 24. oktober 2019).
- Drevland, F. (2016) *Historien bak Lean Construction*. Tilgjengelig fra: <http://frodedrevland.no/2016/04/11/historien-bak-lean-construction/> (Hentet: 11. november 2019).
- Drevland, F. (2019) *Optimising Construction Projects as Value Delivery Systems - Expanding the Theoretical Foundation*, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Engebø, A. (2019) Intro til metode: En praktisk innføring. Institutt for bygg- og miljøteknikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Upublisert.

- Fosse, R. og Ballard, G. (2016) Lean Design Management in Practice With the Last Planner System, i *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, USA, 20.-22. juli 2016*.
- Frandsen, A., Berghede, K. og Tommelein, I. D. (2014) Takt-Time Planning and the Last Planner, i *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Oslo, Norge, 25.-27. juni 2014*. s. 571-580.
- Fulford, R. og Standing, C. (2014) Construction Industry Productivity and the Potential for Collaborative Practice, *International Journal of Project Management*, 32(2), s. 315-326. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.05.007>.
- Heagney, J. (2016) *Fundamentals of Project Management*. Amacon.
- Hopp, W. J. og Spearman, M. L. (2011) *Factory Physics*. 3. utg. Waveland Press, Inc.
- Jacobsen, D. I. (2015) *Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. 3. utg. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Johannessen, A., Tufte, P. A. og Christoffersen, L. (2016) *Introduksjon til samfunnsvitenskapelige metode*. 5. utg. Oslo: Abstrakt Forlag.
- Kalsaas, B. T., Bølviken, T. og Klakegg, O. J. (2017) Produksjon og prosjekter - flyt og verdiskaping i bygg- og anleggsnæringen, i Kalsaas, B. T. (red.) *Lean Construction - Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforlaget, s. 20-24.
- Knotten, V. og Svalestuen, F. (2014) Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke - Using Simple Metrics to Improve the Design Management Process, i *22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Oslo, Norge, 25.-27. juni 2014*. s. 1379-1389.
- Koskela, L. (1992) *Application of the New Production Philosophy to Construction*.
- Koskela, L. (2000) *An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction*. Helsinki University of Finland.
- Kunz, J. og Fischer, M. (2012) *Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Kvale, S. og Brinkmann, S. (2015) *Det kvalitative forskningsintervju*. Overs. av Anderssen, T. M. og Rygge, J. 3. utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Larsen, A. K. (2017) *En enklere metode : Veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*, 2. utgave.
- Lean Construction Institute (u.å.) *Broken Industry*. Tilgjengelig fra: <https://www.leanconstruction.org/broken-industry/> (Hentet: 25. mai 2020).
- Lean Construction Norge (u.å.) *Om LC-NO*. Tilgjengelig fra: <https://www.bi.no/forskning/forskningscentre/senter-for-byggenaringen/lc-no/om/> (Hentet: 25. mai 2020).

- Liu, M. og Ballard, G. (2008) Improving Labor Productivity Through Production Control, i *16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester, UK, 16.-18. juli 2008*. s. 657-666.
- Malt, U. og Tjernshaugen, A. (2019) kvalitativ metode, *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvalitativ_metode (Hentet: 24. oktober 2019).
- Mathiesen, T. (2017) *Avanserte litteratursøk*. Tilgjengelig fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Avanserte+litteraturs%C3%B8k> (Hentet: 11. mai 2020).
- McConaughy, T. og Shirkey, D. (2013) Subcontractor Collaboration and Breakdowns in Production: The Effects of Varied LPS Implementation, i *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Fortaleza, Brasil, 31.-2. august 2013*. s. 649-658.
- Ohno, T. (1988) *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Cambridge, MA: Productivity Press, oversettelse av Toyota seisan hoshiki, Tokyo: Diamond, 1978.
- Olsson, N. (2011) *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Ravi, R. *et al.* (2018) The Last Planner System: Comparing Indian and Norwegian Approaches, i *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Chennai, India, 18.-20. juli 2018*. s. 381-391.
- Richert, T. (2017) *What is the Last Planner System?* Tilgjengelig fra: <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html> (Hentet: 11. oktober 2019).
- Robson, C. og McCartan, K. (2016) *Real World Research*. 4. utg. Wiley.
- Scopus (u.å.) *Search for an author profile*. Tilgjengelig fra: <https://www.scopus.com/freelookup/form/author.uri> (Hentet: 18. oktober 2019).
- Segerstedt, A. *et al.* (2010) Interdependence in Supply Chains and Projects in Construction, *Supply Chain Management*, Vol 15(5), s. 385-393.
- SKANSKA (u.å.) BIM & VDC. Upublisert.
- Skinnarland, S. (2010) *Lean Construction i Kruse Smith - Samhandling for økt effektivitet og bedret produksjonsflyt*. Oslo. Tilgjengelig fra: https://www.fafo.no/media/com_netsukii/20159.pdf (Hentet: 18. april 2020).
- Skinnarland, S. (2012) Norwegian Project Managers and Foremen's Experiences of Collaborative Planning, i *20th Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, USA, 17.-22. juli 2012*.
- Søk & skriv (2019) *Planlegg søket ditt*. Tilgjengelig fra: <https://sokogskriv.no/soking/planlegg-soket-dit/> (Hentet: 17. oktober 2019).

Tommelein, I. D., Riley, D. R. og Howell, G. A. (1999) Parade Game: Impact of Work Flow Variability on Trade Performance, *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), s. 304-310. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:5(304).

University of St Andrews (u.å.) *The History of Lean*. Tilgjengelig fra: <https://standrewslean.com/lean-resources/defining-lean/the-history-of-lean/> (Hentet: 4. juni 2020).

University of Toronto (2020) *Systematic & Scoping Reviews : Methodology Behind the Search Strategies*. Tilgjengelig fra: <https://guides.library.utoronto.ca/c.php?g=588615&p=4310109> (Hentet: 26. mai 2020).

Vatne, M. E. og Drevland, F. (2016) Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study, i *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Boston, USA, 20.-22. juli 2016*.

Wohlin, C. (2014) Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering, i *ACM International Conference Proceeding Series*.

Vedlegg A – Intervjuguide



Intervjuguide for masteroppgaven:

Last Planner i norsk byggenæring – Implementering og tilgang på digitale verktøy.

Mitt navn er Torstein Ulla Pedersen og jeg skriver masteroppgave ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Oppgaven skal leveres i juni 2020 og tilsvarer 30 studiepoeng.

Utgangspunktet for denne masteroppgaven er at mange aktører i den norske byggenæringen har implementert Lean Construction (LC) og the Last Planner System (LPS). Likevel er det usikkert hva denne implementeringen betyr i praksis. I tillegg mangler det kunnskap om hvilke digitale verktøy som understøtter LPS og som er tilgjengelige i den norske byggenæringen. Basert på dette, har masteroppgaven som formål å besvare følgende problemstilling:

"Hva er status for implementering av the Last Planner System og tilgangen på digitale verktøy som understøtter metodikken i norsk byggenæring?"

Dette skal oppnås gjennom å besvares tre forskningsspørsmål:

- 1. Hva er the Last Planner System?***
- 2. I hvilken grad blir Last Planner System implementert i norsk byggenæring?***
- 3. I hvilken grad er digitale verktøy som understøtter the Last Planner System tilgjengelig i norsk byggenæring?***

De nevnte forskningsspørsmålene skal besvares gjennom intervjuer med personer fra ulike bedrifter i den norske byggenæringen. Intervjuene varer i cirka en time og vil være semi-strukturerte. Det betyr at intervjuene har et strukturert oppsett, en intervjuguide, men at det er mulig å stille oppfølgingsspørsmål og følge interessante ledetråder som oppstår underveis. Spørsmålene har utgangspunkt i masteroppgavens forskningsspørsmål og intervjuobjektene bestemmer selv om de ønsker å svare kort eller langt på spørsmålene. På neste side er det en oversikt over spørsmålene til intervjuguiden.

Hvis det er greit for intervjuobjektet, vil hele intervjuet bli tatt opp med en lydopptaker. Etterpå vil hele intervjuet bli transkribert og sendt på mail til intervjuobjektet for gjennomgang og godkjenning, før publisering av resultatene.

Spørsmål

- Bedrift:
- Stilling (i bedrift):
- Utdanning:
- Bransjeerfaring:

- Hvordan jobbes det med Last Planner i din bedrift?
 - Prosjekttipe og prosjektstørrelse.
 - Eget rammeverk/standardisert norm.
 - Prosjektfase (prosjektering/produksjon).
 - Arbeidsmåte og (digitale) verktøy.

- Hvordan jobber din bedrift med de følgende delene innen Last Planner?
 - Prosjektnedbrytning.
 - Bakoverplanlegging.
 - Utkvikksplanlegging og hindringer.
 - Øke pålitelighet til arbeidsflyt.
 - Målinger.
 - Læring og årsaker.

- Har du andre erfaringer med Last Planner fra andre bedrifter?

- Hvordan fungerte implementeringen av de nevnte delene i praksis?
 - Prosjektfase (prosjektering/produksjon).
 - Arbeidsmåte og (digitale) verktøy.

- Hva var forventede effekter/motivasjon for denne arbeidsmåten?
- Hva ble gjort tidligere, før denne arbeidsmåten ble tatt i bruk?
- Hva fungerte godt med de ulike arbeidsmåtene?
- Hvilke utfordringer hadde de ulike arbeidsmåtene?

- Finnes det noen prosesser innen Last Planner som du tror kan forenkles ved hjelp av digitale verktøy? Hvilke?
- Har du vurdert å ta i bruk noen spesifikke, digitale verktøy for å kunne forenkle de nevnte prosessene? Hvilke?
- Hva har i så fall hindret deg fra å ta i bruk de nevnte, digitale verktøyene?

- Hva tenker du om å implementere Last Planner delvis, kontra som et helhetlig system?
- Ønsker du å nevne noe som jeg har glemt å spørre om?
- Kan ditt navn og din bedrift inkluderes i publiseringen av resultatene?
- Kan jeg kontakte deg senere hvis det skulle oppstå nye spørsmål?

Vedlegg B – Støttedokument til intervjuguide

Støttedokument - Intervjuguide

- **Prosjektnedbrytning**
 - Hvordan bryter dere ned prosjekter? Hvilket program brukes til å lage planer?
 - Hvem bidrar når planene lages? De siste planleggerne involvert?
 - Har dere en hovedfremdriftsplan, faseplan (milepæl), utviklingsplan, ukeplan?
 - Er planene sammenkoblet (digitalt)?
 - Hvem har tilgang til planene? Alle? Funksjonærene/basene? Alltid oppdatert online?
 - Kontrolleres operasjonene av de utførende/de siste planleggerne? Forståelig? [hva utføres når, av hvem, hvordan?]
 - Målbare operasjoner? Mulig med daglig/ukentlig kontroll? [fullført/prosent]
 - Ukentlig/14 dagers kontroll på basemøter/prosjekteringsmøter?
 - Daglig koordinering? [slutt av dag, hva utført/ikke, gjennomgå behov for hjelp]

- **Bakoverplanlegging/pull-planlegging/faseplanlegging**
 - Hovedfremdriftsplanen, faseplaner eller soner?
 - Tidspunkt for planlegging? [før forberedende planlegging, 3-12 uker før fase]
 - Involvering? [baser, PL for UE, egne funksjonærer, rådgivende ingeniører, ARK]
 - Post-it lapper [fysiske eller virtuelle, informasjon: sted/varighet/ansvarlig/avhengig]
 - Skråstrekkplanlegging, takt?

- **Utkvikksplanlegging og hindringer**
 - Fokus på hindringer, når? 6 uker før utførelse? Mer?
 - Hindringsanalyse, basert på de sju forutsetningene (Koskela)
 - Tildeling av ansvar for fjerning av hindringer [forpliktelser]
 - Rapportering av om hindringer er fjernet, hvordan? Digitalt? Møter?

- **Øke pålitelighet til arbeidsflyt/ukeplan/treukersplan**
 - Forpliktelser til oppgaver, bekrefte [oppgave forstått av utførende, rekke frist]
 - Lavere produksjonshastighet enn maksimal kapasitet [buffer]

- **Målinger, brukes det, hvordan måles, hvem måler, hjelpemidler**
 - Forutsette arbeidsoppgaver [korresponderer utviklingsplan med ukeplan?]
 - Klargjorte arbeidsoppgaver [observerte hindringer fjernet eller ikke?]
 - Prosent Planlagt Utført [arbeidsoppgaver utført til planlagt tidspunkt?]
 - Frekvens på ikke utførte arbeidsoppgaver [som PPU, men frekvens, ikke %]

- **Læring og fokus på årsaker**
 - Fokus på årsaker for at hindringer ikke ble fjernet/arbeidsoppgaver ikke ble utført?
 - Gruppering av årsaker? Hvordan grupperes dette?
 - Fokus på hvilke årsaker som kan reduseres eller fjernes? Når/hvem?
 - Fokus på ikke-utførte arbeidsoppgaver [hvordan unngå senere?]