



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2018 30 stp

Fakultetet for realfag og teknologi

Veileder: Anders Bjørnftot

Utvikling av Key Performance Indicators for måling av effektivitet i byggeprosessen

Developing Key Performance Indicators to Measure Efficiency at Construction Site

Mohammed Agourram

Anders Johan Grøndahl

Byggeteknikk og arkitektur

Fakultet for realfag og teknologi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som avsluttende del av masterstudiet i byggeteknikk og arkitektur ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven er skrevet som et gruppeprosjekt. Omfanget på masteroppgaven tilsvarer 30 studiepoeng. Det vi har studert, opplevd og fordypet oss i gjennom forskningsprosessen, vil vi forsøke å gjengi i denne masteroppgaven.

Det ble fattet interesse for å skrive om effektivitetsmåling i byggeprosjektets produksjonsfase. Vi oppdaget tidlig i prosessen at temaet vi hadde valgt var både utfordrende og omfattende, spesielt siden det forekommer lite tidligere forskning knyttet til denne type problemstilling. Allikevel har vi opplevd prosessen som både spennende og meget lærerik. Det er brukt mye tid på litteraturstudie, for å tilegne en dypere forståelse for den valgte forskningen. Vi har hatt gode diskusjoner og mange aha-opplevelser underveis i prosessen. Videre har vi opparbeidet erfaring og kunnskap som vi tar med oss videre inn i arbeidslivet.

Vi ønsker å takke vår interne veileder ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Anders Björnfort, for god oppfølging, nyttige diskusjoner samt gode råd på veien.

Videre vil vi takke våre eksterne veiledere Henrik Bakke og Øyvind Børstad ved HENT AS. Vi setter stor pris på at de tok seg tid til å dele sin lærdom og ekspertise med oss.

Vi sender også en stor takk til byggeledelsen i HENT AS ved prosjektet Lilleaker Vest. Denne oppgaven hadde ikke vært mulig å gjennomføre uten deres bidrag. Vi er ydmyke for deres imøtekommenhet samt deling av tid, erfaringer og lærdom.

Avslutningsvis ønsker vi å takke vår nærmeste familie for god støtte og forståelse underveis i prosessen.

Tusen takk til alle involverte.

Signatur:

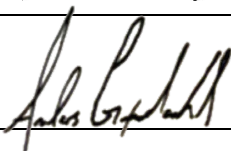


Sted:

Ås

Dato:

17/12-2018



Ås

17/12-2018

Sammendrag

Stadig flere bedrifter i byggebransjen implementerer Lean-filosofien i deres driftsstrategi. Ved fokus på kontinuerlig forbedring, bedre flyt og mindre sløsing i produksjonskjeden, benyttes Last Planner System (LPS) som planleggingsmetode. I Lean-filosofien fremheves arbeidsflyt som nøkkelen til en effektiv byggeprosess. At arbeid utføres i riktig rekkefølge, med god planlegging, uten vesentlig venting og sløsing er sentralt for filosofien. For å sikre kontinuerlig forbedring og effektivitet i byggeprosessen, er det viktig at de involverte vet hva som kan forbedres og effekten av tiltakene som iverksettes. Dette kan belyses ved å utvikle Key Performance Indicators (KPI).

Key Performance Indicators kan sees på som viktige nøkkeltall for evaluering av måloppnåelse, og forenkler på mange måter det totale bildet av bedriftens prestasjonsevne. I produksjonsfasen øker fokuset på kvalitetsstyring, der håndtering og forebygging av avvik står sentral. God planlegging og dokumentering underveis i produksjonsfasen gjør det mulig å vurdere effektiviteten i arbeidet på byggeplassen gjennom bruk av KPI-er. Hensikten med denne masteroppgaven er derfor å belyse hvilke KPI-er som kan utvikles for å sikre effektiv bygging, samt bidra til kontinuerlig forbedring i produksjonsfasen.

For utarbeidelse av denne masteroppgaven, ligger følgende problemstilling til grunn:

Hvilke KPI-er kan utvikles for å vurdere effektiviteten i prosjektbasert produksjon?

Videre er det utarbeidet følgende delspørsmål som skal supplere forskningsspørsmålet:

- Hvordan tilpasse KPI-systemet til produksjonsfasen?
- Hvordan bruke KPI-systemet i produksjonsfasen?

For besvarelse av forskningsspørsmålet er det benyttet en kvalitativ forskningsstrategi med en induktiv fremgangsmåte. Det er utført litteraturstudie, intervjuer og observasjoner. Samarbeidet med entreprenørfirmaet HENT AS, har gitt forfatterne direkte kontakt med personer i fagfeltet. Intervjuer og observasjoner er gjennomført i prosjektet Lilleaker Vest, der HENT AS er hovedentreprenør.

Gjennom forskningsstudiet ble det utarbeidet et KPI-system, med følgende KPI-er:

Leveransepålitelighet - Antall leveranser som skjer utenfor planlagt tidsrom

Lagring - Andel unødvendig lagring av materialer på byggeplassen

PPU - Andel av arbeidet som er utført innen planlagt tidsrom

Feilprosjektering - Andel prosjekteringsavvik oppdaget etter at bygningsdelen er ferdig montert

HMS - Hyppigheten av HMS-avvik i utførende fase

Kvalitet - Hyppigheten av kvalitetsavvik i utførende fase

Miljø - Hyppigheten av miljøavvik i utførende fase

Dekningsgrad - Avvik i forventet dekningsgrad for prosjektet

Materialbruk - Avvik i materialkostnader fra prosjektert materialbruk

Det viser seg at de identifiserte KPI-ene gir generelt gode indikasjoner på effektiviteten i produksjonsfasen. KPI-systemet fungerer som et nyttig rammeverk for å måle og vurdere effektiviteten også i fremtidige prosjekter. Systemet gir byggeledelsen, arbeiderne og andre interessenter i produksjonsfasen nyttig informasjon for å gjennomføre et effektivt prosjekt.

Abstract

More and more companies in the construction industry implement the Lean -philosophy in their operational strategy. Focusing on continuous improvement, better flow and less waste in the production chain, the Last Planner System (LPS) as a planning methodology is used. In the Lean-philosophy, workflow is put forward as the key for an efficient construction process. Construction being done in the right order, with good planning, without any significant delay or waste is central for this philosophy. To ensure continuous improvement and efficiency in the construction process, it is essential to know what can be improved and the effect of any changes made. In order to find this out is to develop Key Performance Indicators (KPI).

Key Performance Indicators can be seen on as important numbers for the evaluation of reaching goals, in many ways it simplifies the view on the performance of a company. In the phase of production, focus is on quality control where prevention of any deviation from the standard is central. Adequate planning and documentation throughout the production phase enables the evaluation of the efficiency of the construction through use of KPI's. This Master thesis intends to illuminate which KPI's that can be developed to ensure efficient construction and contribute to continuous improvement in the production phase.

In developing this Master thesis, the following hypothesis was put forward:

Which KPI's can be developed in order to evaluate efficiency a project-based production?

Furthermore, the following questions were put forward to supplement the main hypothesis:

- How to adapt the KPI-system for the production phase?
- How to use the KPI-system in the production phase?

To answer the main hypothesis, a research strategy with an inductive mode of progress was used. Study of the literature, interviews and observations were made. The collaboration with the entrepreneurial firm HENT AS, has given the authors, a direct lead to persons in the field. Interviews and observations were performed in the project Lilleaker Vest, where HENT AS is the main entrepreneur.

Throughout this study the following KPI's were developed:

Reliability of deliverance - *The number of deliveries outside of a planned timeframe.*

Storage - *The number of unnecessary storages in the construction area.*

PPU - *The amount of work been done within a planned timeframe.*

Design errors - *The number of design errors discovered after finishing the construction.*

HMS - *The frequency of HMS-deviations in the production phase.*

Quality - *The frequency of deviations in quality in the production phase.*

Environment - *The frequency of environmental deviations in the production phase.*

Amount of coverage - *Deviation from expected amount of coverage for the project.*

Material use - *Deviation from the material costs from the projected use of materials.*

The thesis shows that the identified KPI's generally give good indications on the efficiency in the production phase. The KPI-system works as a useful tool to evaluate and measure the efficiency in future projects as well. The system delivers useful information for production planners, workers and others interested in the production phase in order to perform an efficient project.

1 Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag.....	III
Abstract	V
Bibliotekside	VII
Forkortelser	VIII
Figurliste	VIII
Tabelliste	IX
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn og formål.....	1
1.2 HENT AS.....	2
1.3 Problemstilling.....	3
1.4 Avgrensninger.....	3
1.5 Oppbygging av oppgaven.....	4
2 Teori.....	5
2.1 Last Planner System.....	6
2.2 Dokumentering.....	8
2.3 KPI.....	10
2.4 Utarbeidede KPI-er.....	13
3 Metode.....	27
3.1 Forskningsstrategi	27
3.2 Forskningsmetode.....	29
3.3 Litteraturstudie	32
3.4 Intervju.....	33
3.5 Observasjon.....	35
3.6 Analyse og drøfting	38
3.7 Oppgavens troverdighet	38
4 Resultat og analyse	41
4.1 Intervjustudie.....	41
4.2 Casestudie	48
4.3 Tekniske retningslinjer for KPI-systemet	59
5 Diskusjon	68
6 Konklusjon.....	69
6.1 Diskusjon av metodevalg	70
6.2 Videre forskning.....	71
7 Referanseliste	72
8 Vedlegg.....	A
A. Intervjuguide	A
B. Tankekart	B

Bibliotekside

Sidetall	71
År	2018
Emneord	Effektivitetsmåling, KPI, KPQ, Lean Construction, Last Planner System, VDC, BIM, kvalitetssikring, avvik
Keywords	Efficiency measurements, KPI, KPQ, Lean Construction, Last Planner System, VDC, BIM, quality control, deviation
Format	A4
Tittel	Utvikling av Key Performance Indicators for måling av effektivitet i byggeprosessen
Title	Developing Key Performance Indicators to Measure Efficiency at Construction Site
Universitet	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet	Fakultet for realfag og teknologi, REALTEK
Studieretning	Byggeteknikk og arkitektur
Forfattere	Mohammed Agourram og Anders Grøndahl
Intern veileder	Anders Bjørnfot, REALTEK, NMBU
Eksterne veiledere	Henrik Bakke og Øyvind Børstad, HENT AS

Forkortelser

Tabell 0.1: Forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse
BIM	Bygningsinformasjonsmodell
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IGLC	International Group for Lean Construction
KPI	Key Performance Indicators - <i>kritiske suksessfaktorer/viktige nøkkeltall</i>
KPQ	Key Performance Questions - <i>kritiske suksess-spørsmål/viktige nøkkelspørsmål</i>
LC	Lean Construction
LPS	Last Planner System
PPU	Prosent Planlagt Utført
RI	Rådgivende ingeniør
UE	Underentreprenør
VDC	Virtual Design and Construction

Figurliste

Figur 1.1: Oppgavens oppbygging.....	4
Figur 2.1: De syv forutsetningene (Kalsaas 2017)	7
Figur 2.2: Illustrasjon av VDC i praksis (Linge 2018).....	8
Figur 2.3: Kvalitetsavvik (Kumar og Kumar 2004)	9
Figur 2.4: Forholdet mellom KPI, KPQ og læring (Marr 2015).....	11
Figur 3.1: Forskningsstrategi	27
Figur 3.2: Forskjeller mellom deduktiv, induktiv og abduktiv tilnærming (Jacobsen 2015)	30
Figur 3.3: Grader av struktur av et intervju (Jacobsen 2015).....	33
Figur 3.4: Ulike nivåer på en undersøkelses enhet (Jacobsen 2015)	36
Figur 3.5: Observering og dokumentering av armering gjennom BIM	36
Figur 3.6: Illustrasjon av boligprosjektet Lilleaker Vest (Lilleaker Vest 2017).....	37
Figur 4.1: Fargekode for status armering	48
Figur 4.2: Fargekode for leveranseplan for vinduer.....	49
Figur 4.3: Fremdriftssammenligning i Safran Planner.....	51
Figur 4.4: Graf for periodisk bemanning og ferdiggrad.....	52
Figur 4.5: Avvik innen HMS, kvalitet og miljø.....	54
Figur 4.6: Avfallssortering i avviksloggen.....	55
Figur 4.7: Fordeling avvik per kategori og fag.....	55
Figur 4.8: ØKO - HENT sitt verktøy for økonomioppfølging.....	56

Tabelliste

Tabell 0.1: Forkortelser.....	VIII
Tabell 2.1: Tekniske retningslinjer for bruk av KPI (Lohman, Fortuin og Wouters 2004, Goknur og Turan 2010, Marr 2015, Parmenter 2015)	12
Tabell 2.2: Grunnlag for utvikling av KPI-er fra tidligere forskning.....	13
Tabell 2.3: KPI for leveranser	14
Tabell 2.4: KPI for lagring	15
Tabell 2.5: KPI for PPU.....	16
Tabell 2.6: KPI for produktivitet.....	17
Tabell 2.7: KPI for feilprosjektering.....	18
Tabell 2.8: KPI for konflikter.....	19
Tabell 2.9: KPI for kvalitet	20
Tabell 2.10: KPI for helse	21
Tabell 2.11: KPI for miljø.....	22
Tabell 2.12: KPI for sikkerhet.....	22
Tabell 2.13: KPI for kostnadskontroll	23
Tabell 2.14: KPI for overskuddsmateriale.....	23
Tabell 2.15: KPI for kommunikasjon.....	24
Tabell 2.16: KPI for kompetanse	24
Tabell 2.17: KPI for digital kommunikasjon.....	25
Tabell 2.18: KPI versjon 1.....	26
Tabell 3.1: Forskningsstrategi for oppgaven	29
Tabell 3.2: Kjennetegn ved kvantitative og kvalitative metoder (Dalland 2017)	30
Tabell 3.3: Benyttet metode for besvarelse av oppgavens problemstilling	31
Tabell 3.4: Intervjupersoner og intervjuets art	34
Tabell 3.5: Kjennetegn til kvalitative observasjoner (Dalland 2017)	35
Tabell 3.6: Prosjektets hovedaktører	37
Tabell 3.7: Kriterier ved validering av datainnsamling (Jacobsen 2015)	38
Tabell 4.1: KPI versjon 2.....	47
Tabell 4.2: Rådata for armering.....	50
Tabell 4.3: Mengder og kostnader for armering	57
Tabell 4.4: KPI versjon 3.....	58
Tabell 4.5: Leveransepålitelighet.....	59
Tabell 4.6: Lagring.....	60
Tabell 4.7: Prosent Planlagt Utført.....	61
Tabell 4.8: Feilprosjektering.....	62
Tabell 4.9: Helse, miljø og sikkerhet	63
Tabell 4.10: Kvalitet.....	64
Tabell 4.11: Miljø	65
Tabell 4.12: Dekningsgrad.....	66
Tabell 4.13: Materialbruk.....	67

1 Introduksjon

I introduksjonskapittelet presenteres bakgrunn, samt formålet med utarbeidelse av oppgaven. Det presenteres grunnleggende informasjon om entreprenørfirmaet HENT. Videre tar kapittelet for seg valgt problemstilling, avgrensninger og tilslutt en kort oppsummering av oppgavens oppbygging.

1.1 Bakgrunn og formål

Byggeindustrien er av natur en kompleks, konkurransepreget og prosjektorientert virksomhet. Produktiviteten i bygg- og anleggsbransjen har falt eller vært uendret i mange år. I 2016 var arbeidsproduktiviteten, nesten 10 prosent lavere enn nivået i 2000 (Todsén 2018). Prestasjonsmåling spiller derfor en stadig viktigere rolle i byggebransjen, og gir viktig informasjon for planlegging og kontroll av ulike prosesser i prosjektene. Studien av kritiske suksessfaktorer (KPI-er) anses å være et anvendbart middel for å forbedre effektiviteten av prosjekter (Chan og Chan 2004).

Utvikling av Key Performance Indicators (KPI) for måling av ytelse i byggebransjen er en kjent tematikk blant forskerne (Dawood, Sikka og Marasini, et al. 2006, Cunha Pinheiro 2011), men lite tidligere forskning er utført med hensikt å koble de spesifikke KPI-ene til arbeidsmetodikker som allerede foreligger i produksjonsfasen.

Implementering av KPI-er til allerede kjente arbeidsmetodikker, muliggjør måling av ytelse i utførende fase (Cunha Pinheiro 2011). Informasjonen fra KPI-ene kan brukes til å vurdere gjennomføringen i prosjektet ut fra gitte kriterier eller standardverdier, og vil være nøkkelkomponenter i organisasjonens bevegelse mot å oppnå best mulig praksis (España, Tsao og Hauser 2012).

Formålet med oppgaven er å utvikle KPI-er, basert på avvik, til å vurdere effektiviteten på byggeplassen ved prosjektbasert produksjon. Målet er at KPI-ene skal hjelpe til å vurdere fremdriften i utførende fase, basert på den planlagte fremdriften. Implementering og bruk av KPI-ene blir også belyst. Ved å benytte KPI-ene ved flere prosjekter over lengre tid, vil man bygge opp erfaringstall som vil hjelpe ytterligere til å vurdere effektiviteten i prosjektet. Videre vil man i fremtidige prosjekter kunne rette fokus på de rette elementene i prosjektet for å øke effektiviteten, samt unngå mulige fallgruver.

1.2 HENT AS

HENT er en nordisk entreprenør som utvikler og utfører alle typer byggeprosjekter. Bedriften har sitt hovedkontor i Trondheim, med avdelingskontorer i Oslo, Bergen, Ålesund, Bodø, Hønefoss og Horten. I tillegg er det etablert og igangsatt med flere store byggeprosjekter under utvikling og oppføring både i Sverige og Danmark. Selskapet har levert en rekke store byggeprosjekter til både offentlige og private utbyggere over hele landet. HENT har gjennomført mange store samspillsprosjekter, og utviklet en egen gjennomføringsmodell for disse kalt «HENT Totalverdi». Gjennom aktiv deltakelse og integrert prosjektutvikling har selskapet i en årrekke deltatt i verdiskapning for sine oppdragsgivere. En komplett deltakelse, fra idé til overlevering, er et av HENTs varemerker (HENT AS 2018).

I HENT benyttes en gjennomføringsmodell kalt Trimmet gjennomføring. Modellen er en egen tilnærming til de mer kjente Lean Construction-prinsippene. Formålet med beskrivelsen er å øke prosjekt- og virksomhetsforståelsen for hva som skal til for å lykkes med byggeprosjekter. For å øke produktiviteten i et prosjekt, må det jobbes mot et felles mål. Plansystem, delmål og kvalitetskontroller underveis i gjennomføringsprosessen, er på mange måter en rød tråd gjennom beskrivelsen (HENT AS 2018).

I produksjonsfasen kalles denne gjennomføringen Trimmet Bygging, og har mange likhetstrekk med Last Planner System. Ved Trimmet Bygging er det viktig at de forutgående prosessene, som innkjøp og prosjektering, leverer leverandører, underentreprenører og produksjonsunderlag til riktig tid. God planlegging og involvering gir prosjektene en solid gjennomføringsevne, også med tanke på å levere i henhold til kundens krav og forventninger (HENT AS 2018).

1.3 Problemstilling

Utgangspunktet for oppgavens problemstilling var satsingen på tegningsfri bygging i boligprosjektet Lilleaker Vest. Da digitalbygging gjennom BIM-modell sies å gi bedre oversikt og kontroll over status i produksjonen, ble det interessant å teste nettopp dette. Det ble raskt avklart at fokuset skulle bli å lage et system for å kartlegge effektiviteten i produksjonen.

For å oppnå en nøyaktig problemstilling, var det nødvendig å gjennomføre en litteraturstudie om prosjektgjennomføring i byggebransjen, samt teori om prestasjonsmålinger i prosjektbasert produksjon. Samtaler med aktuelle personer i HENT og veilederne var også nødvendig. Denne konkretiseringsprosessen ble viktig i utviklingen av problemstillingen til oppgaven.

Etter flere samtaler og litteratursøk ble det konkludert med at det var behov for å etablere målbare KPI-er som kan benyttes i byggeprosessen. Forfatterne ønsket med dette å utvikle et KPI-system som kan benyttes ved prosjektbasert produksjon i byggebransjen, slik at man kan avdekke faktorer som bremser effektiviteten i produksjonen. KPI-ene vil også kunne bidra til kontinuerlig forbedring, da de belyser nøkkelfaktorer for å unngå avvik i produksjonen. Dermed ligger følgende problemstilling til grunn for utarbeidelse av denne masteroppgaven:

Hvilke KPI-er kan utvikles for å vurdere effektiviteten i prosjektbasert produksjon?

Videre er det utarbeidet følgende delspørsmål som skal supplere forskningsspørsmålet:

- Hvordan tilpasse KPI-systemet til produksjonsfasen?
- Hvordan bruke KPI-systemet i produksjonsfasen?

1.4 Avgrensninger

I byggebransjen er det behov for utvikling av systemer som dokumenterer, måler og dermed er med på å sikre kontinuerlig forbedring. Slike systemer, som for eksempel er bygget på KPI, er nødvendig både i prosjektering og produksjon, samt for testing av ny teknologi i disse fasene. Dette er et stort omfang, og denne oppgaven begrenser seg derfor til å kun se på KPI-er knyttet til produksjonsfasen.

Det er i hovedsak valgt å studere ett entreprenørfirma, og se på hvordan systemet bør bygges opp etter deres arbeidsmetodikk. Systemet begrenses også ved å basere seg på Lean-filosofien og Last Planner System. Videre er det valgt å fokusere på ett byggeprosjekt, og gå i dybden på tilpasning og bruk av nøkkelfaktorene til den utvalgte casen.

1.5 Oppbygging av oppgaven

Herunder presenteres oppgavens oppbygging, se figur 1.1 for illustrasjon.

I introduksjonskapittelet presenteres bakgrunnen for temaet og formålet for oppgaven. Videre presenteres entreprenørselskapet HENT, samt oppgavens problemstilling. Tilslutt skrives det litt om avgrensningene som er foretatt.

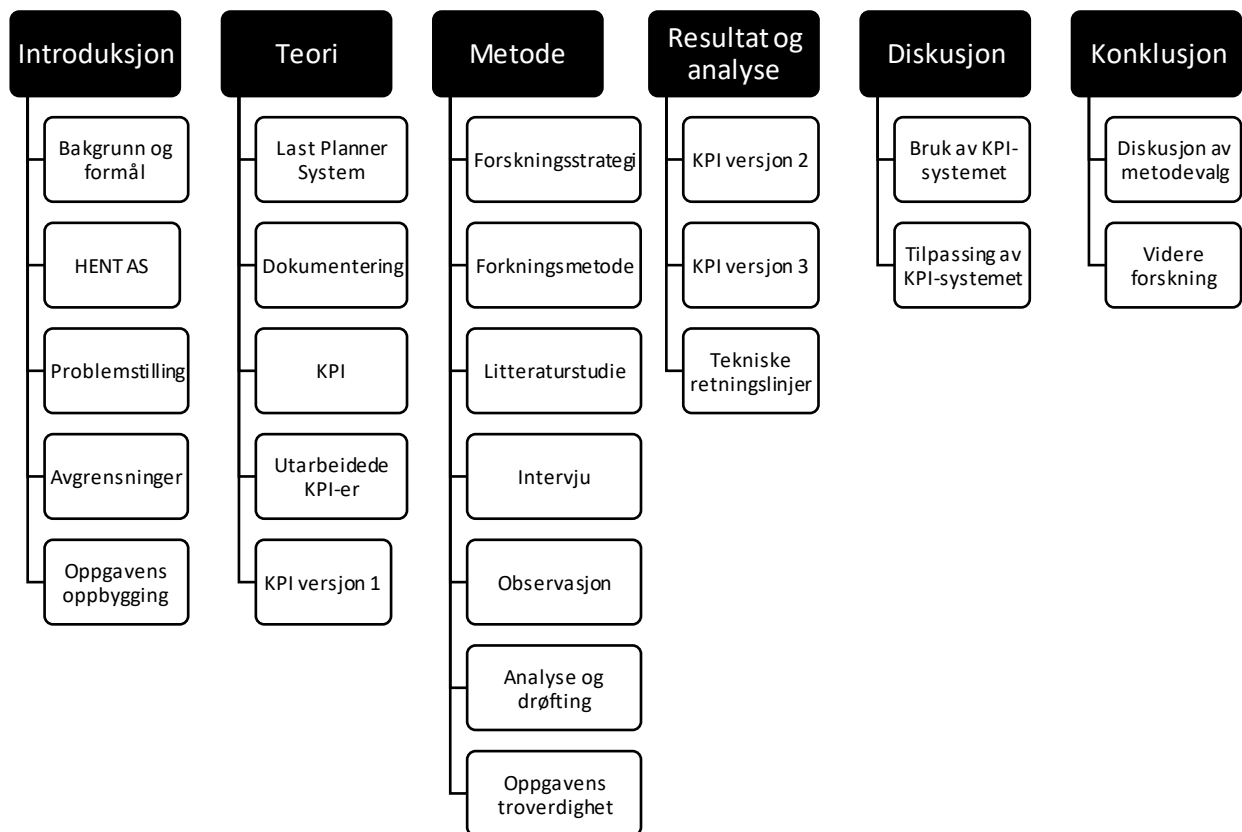
Teorikapittelet består av grunnleggende teori om Last Planner, dokumentering i utførende fase og KPI. Det presenteres også et KPI-system basert på tilgjengelig litteratur og tidligere forskning.

Metodedelen tar for seg forskningsstrategi og forskningsmetoder, samt valgt metode for besvarelse av forskningsspørsmålet gjennom litteraturstudie, intervjuer og observasjoner. Metode for analyse og drøfting blir også gjennomgått. Til sist presenteres det hvordan kildekritikken er ivaretatt.

Resultat og analyse-kapittelet presenterer først hva intervjupersonene sier om KPI-er og erfaring knyttet til måling av effektivitet i produksjonsfasen. Deretter analyseres delforskningsspørsmålet tilpassing av KPI-er. Videre presenteres en casestudie som ble foretatt, der bruk av KPI-er blir analysert.

I diskusjonskapittelet diskuteres KPI-systemet mot delspørsmålene i oppgaven, samt relevante utfordringer knyttet til utarbeidelsen av systemet.

I konklusjonen dras en kortfattet konklusjon av hva som er kommet frem gjennom forskningen, samt en diskusjon av metodevalget og forslag til fremtidig forskning.



Figur 1.1: Oppgavens oppbygging

2 Teori

Teorikapittelet tar for seg det teoretiske rammeverket som er benyttet i denne forskningen. Relevant teori for en dypere forståelse av oppgavens tema og problemstilling blir presentert. Temaene Last Planner System (LPS), dokumentering i utførende fase, samt bruk og implementering av Key Performance Indicators (KPI) blir belyst. Det er også presentert et utvalg KPI-er som baserer seg på øvrig teori. Teorikapittelet har som hensikt å besvare problemstillingen til forskningen, som senere blir understøttet av resultatene fra intervjuer og observasjoner.

Last Planner System (LPS) omhandler planlegging, utførelse og kontroll i produksjonsfasen (Emmanuel, Pasquire og Dickens 2015). Hensikten med systemet er å redusere sløsing av tid, samt skape effektiv flyt i produksjonen. LPS har to hovedfunksjoner; produksjonsenhetskontroll og arbeidsflytkontroll. Produksjonsenhetskontroll skal sikre bedre oppgaver til arbeidstakerne gjennom kontinuerlig læring og korrigerende tiltak. Arbeidsflytkontroll skal sørge for at arbeidet flyter i best mulig rekkefølge og hastighet mellom produksjonsenheter (Ballard, The Last Planner System of Production Control 2000).

I LPS er kvalitet innebygd i produksjonsprosessen. Kvalitetssikring innebærer å unngå sløsing som skyldes dårlig kvalitet i utførelse, samt å eliminere brudd på arbeidsflyt på grunn av feil eller avvik fra planlagt gjennomføring. I produksjonen er kvalitet direkte knyttet til effektivitetskontroll, da man til enhver tid er bekymret for sluttproduktets overholdelse (Etges, Saurin og Bulhões 2012).

Implementering av kvalitetsstyring er viktig for å forbedre ytelsen i produksjonsfasen. For å kunne vurdere ytelsen er måling av viktige variabler avgjørende. Sporing, dokumentering av avvik og vurdering av prognoser står sentralt i målingene (Leong, et al. 2014).

Key Performance Indicators (KPI) benyttes for innsamling av data og kontrollering av måloppnåelse. Den ideelle KPI-en vil inneholde en spesifikk informasjonspakke, som gir nøyaktig den informasjonen man trenger, men ikke mer. KPI-en skal derfor være med å gi bedriften bedre beslutningsevne, forbedre ytelsen til bedriften, samt gi god veiledning på hvordan det står til i prosessen. Det må settes krav til KPI-er som utarbeides, med et godt rammeverk til grunn (Marr 2015).

Hva effektiv flyt i produksjon er, og hvilke faktorer som må være tilstede for flyt i produksjonsfasen, beskrives i teorikapitlet. Kvalitetssikring (KS) er sentralt for implementering av LPS. Hva dokumentering i utførende fase innebærer, samt grunnleggende teori om KS og avvik presenteres. Videre studeres KPI som måleverktøy og hvordan KPI-er kan benyttes til å vurdere effektivitet i produksjonsfasen. Avslutningsvis presenteres et utvalg KPI-er for vurdering av effektivitet i utførende fase, basert på teori om effektiv flyt i produksjonsfasen.

2.1 Last Planner System

«Optimal arbeidsflyt, god verdiskapning, samt fjerne alle aktiviteter som ikke tilfører verdi til produktet som skal produseres, altså unødvendig sløsing» (Womack og Jones 2003).

Last Planner System er en planleggingsmetodikk innen Lean Construction (LC). Lean-filosofien er verdens mest kjente system for økt verdiskapning i produksjon, med fokus på kontinuerlig forbedring, bedre flyt og mindre sløsing i produksjonskjeden (Aziz og Hafez 2013). Filosofien stammer fra den japanske bilindustrien, der Toyota i sin omstilling i produksjon etter 2. verdenskrig endret måten å produsere på. I dag benyttes denne formen for verdiskapning i alle typer virksomheter, både i offentlig og privat sektor.

Hensikten med Last Planner System er å planlegge og kontrollere arbeidsflyten i prosjektbasert produksjon (Sundararajan og Madhavi 2018). Last Planner-betegnelsen refererer til at håndverkere skal involveres i planleggingen av sin egen arbeidshverdag. Involvering mellom prosjekterende og utførende entreprenører er et meget viktig underliggende prinsipp i Last Planner System. Arbeidet med å utvikle LPS startet allerede i 1992, ved den første konferansen i International Group for Lean Construction (IGLC) i Finland (Kalsaas 2017).

Ifølge Ballard (2000) er LPS et system for å styre produksjonsflyten, som omfatter prosjektering, anskaffelse/innkjøp og bygging av installasjoner. Ballard og Howell hevder at LPS fungerer bedre i praksis enn den mer tradisjonelle formen for produksjonsplanlegging og styring. I dette systemet er styring omdefinert fra å overvåke resultater til å få ting til å skje. Hensikten er at det skal legges til rette for at arbeidet blir godt mellom forskjellige fag, som ofte utføres av uavhengige bedrifter. Hovedentreprenøren kontraherer underentreprenører, og har hovedansvaret for arbeidsflyt på byggeplassen. Arbeidsflyt vil si at aktiviteter utføres i riktig rekkefølge, med tilstrekkelig planlegging, uten vesentlig venting og ved utførelse med god nok kvalitet (Kalsaas 2017).

Det trekkes frem fem sentrale prinsipper i LPS (Ballard, Hammond og Nickerson 2009):

1. Økende detaljplanlegging jo nærmere utførelsen man kommer aktiviteten.
2. Lag planer sammen med de som skal utføre arbeidet.
3. Identifiser og fjern hindringer for planlagte oppgaver i felleskap.
4. Utarbeid og sikre pålitelige forpliktelser mellom alle involverte parter.
5. Lære av feil og utfør preventive tiltak for fremtiden.

Hovedplan, faseplan, utviklingsplan og arbeidsplan er sentrale hovedelementer på systemsiden, i tillegg til måling av Prosent Planlagt Utført, heretter omtalt som PPU. Dette er et mål på produktivitet innen inntjent verdi metoden, der det på et gitt tidspunkt måles medgåtte timeverk i forhold til budsjetterte timer, gitt en rapportert ferdigstillelsesgrad på arbeidspakker/aktiviteter (Kalsaas 2017).

På kostnadssiden fokuserer LPS på Target Value Design (TVD). Denne benyttes som en målpris-metode for budsjettkontroll. Forbedring i oppnåelse måles hovedsakelig ved bruk av tids- og kostnadsstandarder (España, Tsao og Hauser 2012):

- Produksjonshastighet for enheter (timer per tidsenhet, enhetsproduksjon per time)
- Enhetskostnader (pris per produksjonsenhet)
- Tidsplanvariasjon (avvik fra plan)
- Totale sluttresultater (kostnad mot budsjett, faktisk mot planlagt sluttdato)

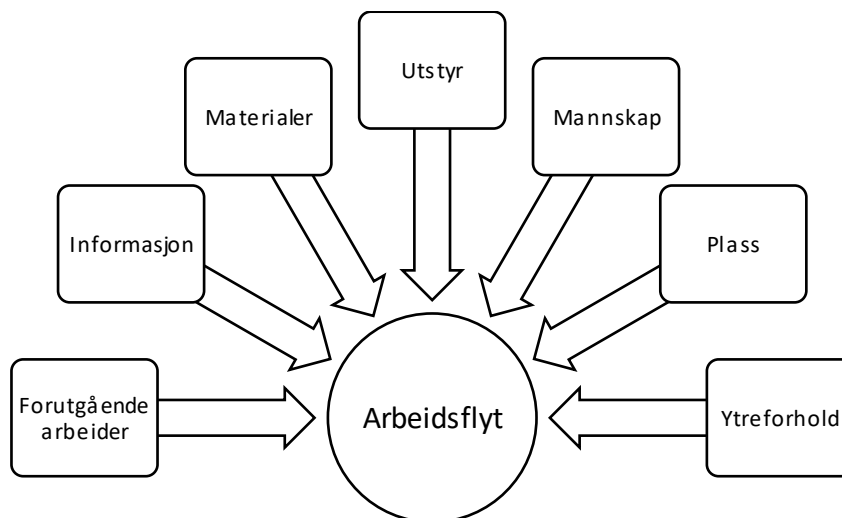
Kort oppsummert kan man si at LPS har som hovedmål å redusere negative virkninger av variabilitet, øke påliteligheten av arbeidsflyt, samt maksimere verdiskaping og minimere sløsing. Det skal planlegges mer detaljert jo nærmere man kommer aktiviteten, ved å utarbeide ukeplaner med de som skal utføre arbeidet. Det er viktig å identifisere og fjerne hindringer før aktiviteten skal gjennomføres. Alle de deltakende i planlegging skal gi pålitelige løfter. Tilslutt er det viktig å lære av planlegging ved å finne årsaker og utføre preventive tiltak med tanke på feil og mangler.

2.1.1 Syv forutsetninger

Lauri Koskela (2000), en av de viktigste bidragsyterne i utviklingen av Lean Construction, fremhever flyt som nøkkelen til en effektiv byggeprosess. Et viktig kjennetegn på effektiv flyt er at produksjonen kan gjennomføres som planlagt, uten hverken hindringer eller stopp.

Lean-filosofien tar for seg syv forutsetninger for arbeidsflyt:

- Foregående arbeid skal avsluttes før nytt arbeid starter
- Informasjon, som for eksempel tegninger, skal være tilgjengelig, gjennomgått og forstått
- Nødvendig material skal være tilgjengelig
- Riktig utstyr for å utføre arbeidet skal være på plass
- Det skal være tilgjengelig mannskap til å utføre arbeidet
- Arbeidsplassen skal være klargjort og tilgjengelig
- Ytre forhold skal være i orden, som for eksempel kontrakter, tillatelser, adgang, osv.



Figur 2.1: De syv forutsetningene (Kalsaas 2017)

2.1.2 Just in time

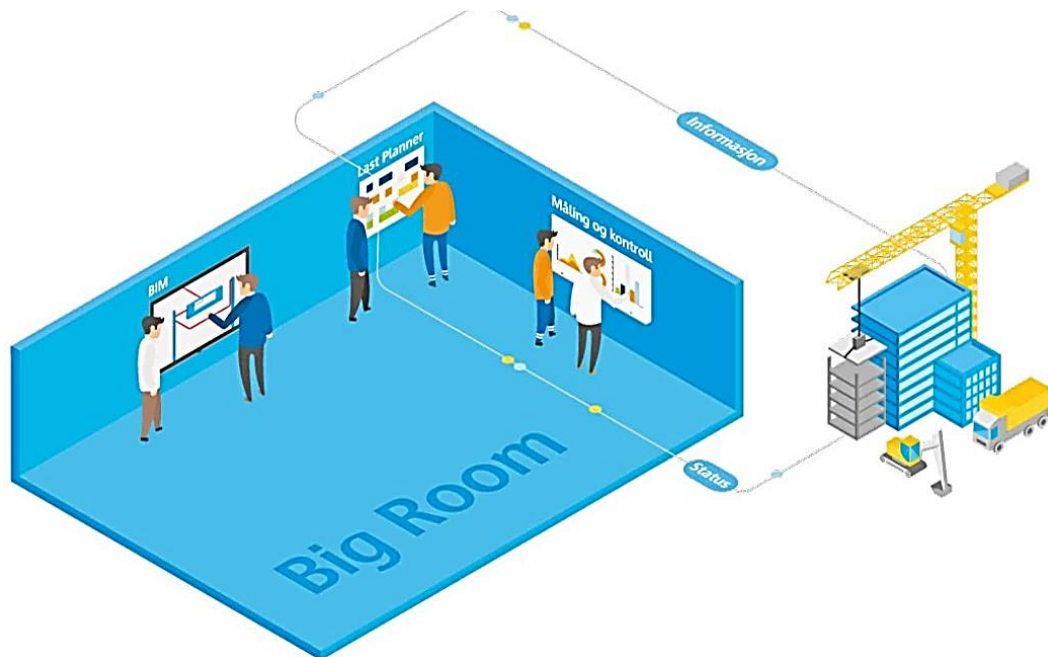
«Just in time»-prinsippet er også et velkjent prinsipp innen Lean-tankegangen og LPS. Prinsippet tar for seg organisering av produksjon i bedrifter, og skal sikre at alle leveranser kommer på plass til rett tid og rett sted i produksjonsprosessen. Ved bruk av «just in time»-prinsippet blir det mindre lagring på riggområdet, i tillegg blir det lettere å skreddersy det ferdige produktet tilpasset kundens behov. Prinsippet skaper en veltilpasset materialflyt og kvalitetssikre leveringer av ferdig produkt til rett tid, helt frem til kunden i sluttledet (Pihl 2018).

2.2 Dokumentering

I utførende fase av byggeprosjekter er evnen til å vurdere tidsbruk, fremgang og kvalitet i alle stadier og oppgaver elementært for flyt i produksjonen. Kritiske elementer blir kontinuerlig dekket gjennom dokumentering og kvalitetsoppfølging. Dokumenteringen forekommer ved datainnsamling samt oppfølging av fremdrift i prosjektet, og er en nøkkelfaktor for en Lean byggeprosess.

2.2.1 Virtual Design and Construction

Virtual Design and Construction (VDC) er en samlebetegnelse for effektive prosesser, teknikker og moderne verktøy satt i et felles system. Sentrale elementer i VDC er: Building Information Modeling (BIM), Trimmet Bygging (Last Planner System) og møteметодikker. Arbeidsprosesser som verktøy, der teknologi og samarbeid mellom mennesker skal effektiviseres. Tankesettet dreier seg om å gjøre produksjonen slankere ved å involvere alle aktører til en felles plattform, måle/kontrollere ytelsen på fremgangen og kontinuerlig forbedre praksisen med hensikt på bedre produksjon i nå- og fremtid. Prinsippet kan benyttes både i prosjektering og produksjon, men også mellom fasene. Tanken med en slik digital plattform er å redusere misforståelse i alle involverte ledd i byggeprosjektet, slik at produksjonen får de beste forutsetningene for effektiv bygging (Linge 2018). Se illustrasjon i figur 2.5.



Figur 2.2: Illustrasjon av VDC i praksis (Linge 2018)

2.2.2 Building Information Modeling

BIM benyttes til planlegging av utførelse, samt kvalitetssikring av det som skal bygges gjennom prøvebygging i modellen. Bruk av BIM i utførende fase øker dokumenteringen, samt effektiviteten og kvaliteten i byggingen (van Berlo og Natrop 2015).

I utførende fase brukes BIM blant annet til:

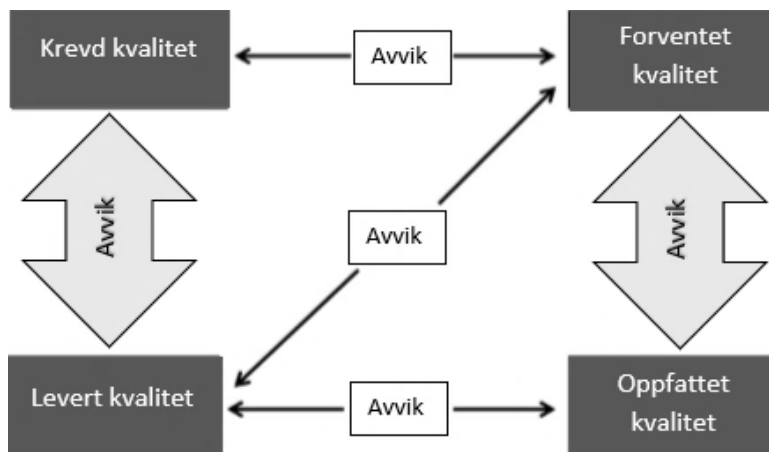
- Utvikling av produksjonsmodell
- Dokumentasjon av eksisterende forhold
- Modellbasert byggbarhetsanalyse sammen med produksjon
- Oppretting og oppfølging av rigg- og anleggsplaner
- Modell basert fremdriftsplanlegging
- Modellbasert kalkulasjon og kostnadsoppfølging
- BIM på byggeplass (BIM-kiosk og håndholdte enheter)

2.2.3 Kvalitetssikring og avvik

Kvalitetsstyringssystem innen byggebransjen refererer til kvalitetsplanlegging, kvalitetssikring og kvalitetskontroll. Kvalitet i utførelse er en av de viktigste faktorene for suksess i byggeprosjekter. Kvaliteten på byggeprosjekter, samt prosjektsuksess, kan betraktes som oppfyllelse av forventninger til prosjektdeltakerne (Mane og Patil 2015).

Avvik kan beskrives som manglende samsvar mellom definerte krav og utført arbeid. I plan- og bygningsloven defineres avvik når det avdekkes manglende samsvar mellom regelverkets krav og resultatet av utført byggearbeid (SAK10 § 1-2 bokstav j). Begrepet brukes om manglende samsvar mellom en avtalt leveranse og faktisk leveranse. Det er også vanlig å bruke begrepet avvik dersom det er manglende samsvar mellom en beskrevet fremgangsmåte i produksjonen og den benyttede fremgangsmåten.

For effektiv flyt i produksjonsfasen er det sentralt å unngå avvik i kvalitet og utførelse. Ulike aktører kan ha ulike forventninger til kvaliteten enn det som er oppgitt av byggherren. For vellykket produksjon må kundens krav og forventninger integreres i leveringsstrategien (Kumar og Kumar 2004). Figuren nedenfor tar for seg de ulike kvalitetsavvikene som kan oppstå i produksjonsfasen.



Figur 2.3: Kvalitetsavvik (Kumar og Kumar 2004)

2.3 KPI

«Key Performance Indicators (KPIs) are measures used to monitor, control project performance and conduct benchmarking» (Castillo, et al. 2015).

Kritiske suksessfaktorer, eller såkalte «Key Performance Indicators», kan sees på som viktige nøkkeltall for evaluering av måloppnåelse. Disse er altså nøkkeltallsindikatorer som er satt for en bedrift eller avdeling (Costa, et al. 2006). Man deler ofte indikatorene i to kategorier, KPI-er på høyt nivå og KPI-er på lavt nivå. KPI-er på høyt nivå fokuserer på den generelle ytelsen til bedriften, mens indikatorene på lavt nivå fokuserer på avdelinger, som for eksempel salg eller leveranser (Parmenter 2015).

Om KPI-systemet benyttes på riktig måte, vil det kunne bidra til bedre kontroll på økonomien og produksjonsevnen til bedriften. Ut fra KPI-verdiene ser man hvor man bør legge ned mer fokus, og man vil raskt kunne se om tiltakene som gjøres gir resultater (Parmenter 2015).

KPI forenkler på mange måter det totale bildet av bedriftens prestasjonsevne. Når bedriften har definert sine mål, vil KPI-systemet fungere som et verktøy for å følge fremdriften mot målene som er satt. Systemet kan gi en oversikt på nøkkeltall på personal, ressursutnyttelse, kundetilfredshet, kvalitet, effektivitet, osv. Det er avgjørende å fokusere på de faktorene som er kritiske og begrensende for at bedriften skal nå sine mål. I industrien kan det for eksempel være produksjon per maskin eller utnyttelse av ulike råvarer, mens i tjenesteytende bedrifter kan det være omsetning per ansatt eller fakturerte timer av totalt antall tilgjengelige timer (Arnesen 2015).

2.3.1 Hvordan utvikle KPI-er

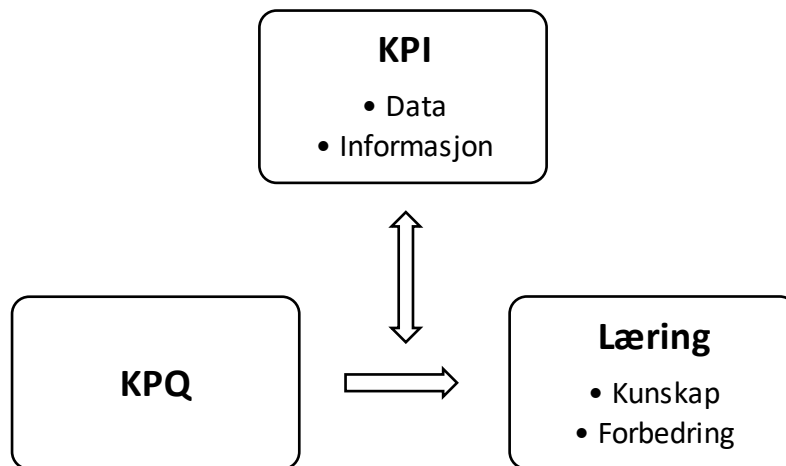
Ved utvikling av KPI-er er det avgjørende å velge faktorer som er målbare. Å se på antall avvik i ulike prosesser i produksjonsfasen, gir målbare data som er enkelt å forholde seg til. KPI-ene baserer seg på at alt utføres etter planen, dermed skal alle hendelser som er utenfor det planlagte noteres som avvik.

Mange selskaper måler og kontrollerer ulike prosjektvariable, men bare noen få selskaper benytter seg av ytelses baserte målinger som skal gi support for bedre beslutsomhet. I tillegg benytter selskaper for mange ytelsesbaserte nøkkelindikatorer (KPI-er), der de fleste indikatorer ikke er knyttet opp mot bedriftens sentrale måloppnåelse (Costa, et al. 2006). Målinger er et viktig steg for å bedre effektiviteten. Prestasjonsmålinger brukes som parameter for å dokumentere effektiviteten av tidligere utført arbeid (Ying og Tookey 2017). Tidligere studier indikerer at ytelsesbaserte målinger har en markant effekt på utviklingen og effektiviteten i bedrifter. Datainnsamlingen fra målingene vil identifisere hvor mangler/feil oppstår, som videre promoterer til etterforskning og endring av problemet (Dawood, Sikka og Marasini, et al. 2006).

For at KPI-ene skal bli effektive, må måleindikatorer bli akseptert, forstått og brukt i ledelsen gjennom hele prosjektprosessen. Det må kun benyttes et begrenset antall KPI-er, som er lette å følge i produksjonen. Å disponere for mange og/eller for kompliserte KPI-er kan bli tid- og resurskrevende for de involverte brukerne (Ying og Tookey 2017).

KPI-er er til hjelp for å gi svar, men svaret er avhengig av hva man selv ønsker å oppnå. Det er derfor viktig å bygge KPI-er rundt relevante spørsmål, som gir svar på hvordan man best utvikler bedriftens fremgang. Spørsmålet man lager med hensikt om å utvikle en KPI, kalles Key Performance Question (KPQ). (Marr 2015)

Det finnes mange ulike måter for oppbygging av KPI-er. KPI-ene som velges skal kunne forklares og presenteres på en enkel måte, slik at det ikke legger noe tvil på brukeren. De fleste beslutningstakere har allerede en travel arbeidsdag, og ønsker ikke å grave dypt i store mengder informasjon for å innhente nødvendig data. Derfor er det ønskelig å innhente informasjon på en måte som allerede virker fornuftig for den som skal lese av dataene. En god måte å presentere KPI-er på er å bruke et eksisterende, eller godt sammenlignbart, rammeverk. Dersom bedriften allerede benytter seg av Lean, vil det være lettere for de involverte i bedriften å forholde seg til filosofien. Ved å lage KPI-er som er i samsvar med rammeverket, vil det øke sannsynligheten for at beslutningstakere benytter seg av KPI-ene, videreutvikler dem og innhenter informasjon raskt (Marr 2015).



Figur 2.4: Forholdet mellom KPI, KPQ og læring (Marr 2015)

2.3.2 Tekniske retningslinjer for KPI

I tabellen under er det utarbeidet retningslinjer for bruk og oppbygging av KPI-er. Tabellen er utarbeidet fra tidligere forskning og litteratur.

Tabell 2.1: Tekniske retningslinjer for bruk av KPI (Lohman, Fortuin og Wouters 2004, Goknur og Turan 2010, Marr 2015, Parmenter 2015)

Tekniske retningslinjer for bruk av KPI	
Indikator navn	<ul style="list-style-type: none">• Alle KPI-er trenger definerte navn• Definerer hva KPI-en innebærer• Hva betyr KPI-en• Er KPI-en forståelig for alle involverte?
Datainnsamlings metode	<ul style="list-style-type: none">• Definerer metode for datainnsamling• Definerer metodevalg med tanke på målet og KPQ• Intervjuer, fokusgrupper, observasjonen?
Mål	<ul style="list-style-type: none">• Definere målet for KPI-en
Formler, skalaer og vurderingskriterier	<ul style="list-style-type: none">• Spesifiser formel, skala eller vurderingskriterier• Viktig for alle som bruker KPI-en snakker samme «språk»• Er det mulig å lage en formel?
Kilde til data	<ul style="list-style-type: none">• Hvor kommer dataen fra?• Er innsamlingsdataen pålitelig og gyldig/relevant?• Kildekritikk
Datainnsamlingsfrekvens	<ul style="list-style-type: none">• Hvor ofte skal dataen samles?• Koordinere dato for når data samles• Noen KPI-er krever kontinuitet• Begrunn frekvensvalg, slik at dataen samles inn bare når det trengs• Ha med kun det som svarer til KPQ-en• Kan flere i virksomheten samle data samtidig?
Datarapporteringsfrekvens	<ul style="list-style-type: none">• Spesifisere når og hvor ofte dataen for KPI-en skal rapporteres• Koordiner datainnsamlingen slik at rapporteringsfrekvensen sikrer at dataen som samles er av verdi når de legges frem
Hvem måler og vurderer dataen	<ul style="list-style-type: none">• Spesifiser individuell person eller jobbtittel for de med ansvar for datainnsamling og dataoppdatering• Spesifisert individ øker sannsynligheten for at KPI-en følges opp• Krysskontroll på data?
Utløpsdato for KPI	<ul style="list-style-type: none">• Er KPI-en kun for en bestemt periode?• Er KPI-en spesifisert kun til et prosjekt?• KPI-en må utvikles i takt med målsetningene til bedriften

2.4 Utarbeidede KPI-er

I dette delkapittelet beskrives strategi og oppbyggingen av de utarbeidede KPI-ene. Det forklares hvorfor de ulike kriteriene er relevante å måle, og på hvilken måte de er målbare. Det spesifiseres blant annet hvordan, hvorfor og når det skal måles.

De valgte KPI-ene i *KPI versjon 1*, delkapittel 2.4.5, er utarbeidet på grunnlag av litteraturstudie.

Følgende tidligere forskningsrapporter ligger til grunn:

Tabell 2.2: Grunnlag for utvikling av KPI-er fra tidligere forskning

KPI	(Neely, et al. 2000)	(Takim og Akintoye 2002)	(Chan og Chan 2004)	(Lohman, Fortuin og Wouters 2004)	(Dawood og Sikka 2009)	(Cunha Pinheiro 2011)	(España, Tsao og Hauser 2012)	(Ahmed, Dlask og Hasan 2014)	(Castillo, et al. 2015)	Frekvens
Leveranser	x	x		x				x		4
Lagring								x		1
Prosent Planlagt Utført					x	x	x			3
Produktivitet	x	x			x	x		x		5
Feilprosjektering	x	x			x	x		x		5
Konflikter		x			x			x	x	4
Kvalitet			x		x		x	x	x	5
Helse			x		x	x			x	4
Miljø			x		x	x			x	4
Sikkerhet		x	x		x	x			x	5
Kostnad	x		x	x	x	x	x	x	x	9
Materialsvinn	x					x				2
Kommunikasjon		x			x			x	x	4
Kompetanse						x				1
Digital kommunikasjon		x								1
Klienttilfredshet	x		x	x	x	x			x	6

2.4.1 Arbeidsflyt

Byggeprosessen kan sees på som en strøm av arbeid som leverer verdi til en kunde. Den logiske rekkefølgen av aktivitetene i byggeprosessen kalles for arbeidsflyt. Arbeidsflyt handler om trinnvise prosesser, der flere faktorer og parter er avhengig av å skje i korrekt rekkefølge til rett tid. God planlegging, samhandling og logistikk er viktig for at arbeidsflyten skal være optimal.

Leveranser

Logistikk i produksjonsfasen er en essensiell del av Lean Construction, knyttet til prosjektgjennomføring og kostnadskontroll. Andel ressurser som brukes til transportering av materialer til byggeplass ligger mellom 39 og 58 % av den totale logistikkostnaden for de fleste bedrifter (Ying og Tookey 2017).

At leveranser skjer «just in time» er sentralt i Lean-tankegangen. Det krever god planlegging og oversikt over pågående og fremtidige prosesser i byggingen. Forsinkede leveranser fører til dårligere produktivitet, mens for tidlige leveranser fører til unødvendig lagring på byggeområdet (Bamana, Lehoux og Cloutier 2017). Alle leveranser som ikke skjer «just in time», eller innenfor planlagt tidsrom, er avvik fra den planlagte produksjonsgjennomføringen. «Just in time» betyr ikke nødvendigvis at leveransen må skje på minutters nøyaktighet. I noen tilfeller kan nøyaktigheten settes til en bestemt dag eller uke. Dette må vurderes individuelt per leveranse, da viktigheten av nøyaktighet ofte varierer for ulike leveranser. Noen leveranser er såkalte «critical chain»-leveranser, som er avgjørende for fremdriften i byggeprosjektet, andre kan være mindre viktige og har liten betydning for fremdriften (Stratton, Koskela og Koskenvesa 2010).

Tabell 2.3: KPI for leveranser

KPQ	Hvor mange leveranser skjer utenfor planlagt tidsrom?
Kriterier	Leveransen(e) skal skje innenfor det planlagte tidsrommet Leveransen(e) skal komme «just in time» Akseptabel nøyaktighet for leveransetidspunkt skal bestemmes individuelt per leveranse
Hvem måler	Byggeleder/Bas
Hva måles	Tidspunktet for leveransen måles mot forventet tidspunkt
Når	Når leveransen ankommer byggeområdet
Hvorfor	Unøyaktige leveranser fører til dårligere produksjonsflyt
KPI	$\frac{\text{Antall leveranser utenfor forventet tidsrom}}{\text{Totalt antall leveranser}} = \text{andel avvik}$

Lagring

Når det kommer til lagring på byggeplass er det viktig å skille mellom materialer og forbruksmateriell. Materialer er alle elementer som skal monteres, mens forbruksmateriell er for eksempel skruer, bolter, skiver, stifter og lignende. Fokuset for lagring av materialer bør være riktig mengde, på rett plass til rett tid. Logistikken på byggeplassen fungerer best når vareflyten er god.

Man bør unngå unødvendig lagring, da det binder opp kapital. I tillegg har de fleste byggeplasser begrenset lagerplass. For mye varer på byggeplassen vil lett kunne komme i veien og redusere arbeidsflyten. Om arbeidsplassen er full av materialer, vil det hindre fri ferdsel og god logistikk i det daglige arbeidet. En annen faktor er at overlagering fører til dårligere oversikt, da øker også faren for svinn. Byggematerialer, verktøy og maskiner tar opp mye plass og er store budsjettposter, derfor bør de leveres så presist som mulig opp mot progresjonen i byggeprosessen (Kvalheim 2017).

Materialene skal ofte benyttes på forskjellige områder, og man bør lagre materialene der de skal monteres. På den måten unngår man at faglærte arbeidere bruker mye av arbeidstiden til å frakte materialene til stedet de skal brukes. Med god planlegging sørger man for at materialene kommer til byggeplassen «just in time», og leveres der de skal monteres. Alt materiale som skal på byggeplassen bør ha en planlagt lagringstid, dermed kan alle leveranser som lagres utenfor den planlagte lagringstiden noteres som avvik.

Forbruksmateriell utgjør kun en liten del av kostnadene, samtidig som det krever lite lagerplass. Her bør fokuset være litt annerledes, da konsekvensene av manglende forbruksmateriell er mye større enn ulempene med overlagering. Om man mangler en skrue, vil det kunne stanse arbeidet og påføre store ekstrakostnader, selv om skruen i seg selv er billig. Man bør altså ikke være for konservativ i lagerhold av forbruksmateriell, ettersom det er relativt små kostnader forbundet med dette. Et bredt utvalg av nødvendig forbruksmateriell tilgjengelig til enhver tid er altså med på å sikre god arbeidsflyt (Kvalheim 2017).

Tabell 2.4: KPI for lagring

KPQ	Hvor mye unødvendig lagring av materialer forekommer på byggeplassen?
Kriterier	Alt lagret materiale skal ha en planlagt lagringstid Lagring av materialer på byggeområde bør unngås om mulig Overflødig materiale skal ikke lagres på byggeplassen
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Faktisk lagringstid av materialpakker måles mot tenkt lagringstid
Når	Målene gjøres i henhold til planlagt gjennomføring, ved gitte frister
Hvorfor	Unødvendig lagring av materialer fører til dårligere logistikk på arbeidsplassen
KPI	$\frac{\text{Antall materialpakker lagret forbi tenkt lagringstid}}{\text{Totalt antall materialpakker lagret}} = \text{andel avvik}$

Prosent Planlagt Utført

Ytelseskontroll i produksjon er viktig, da har man kontroll over ikke-fullførte aktiviteter. Man kartlegger forsinkelser, finner roten til problemet, før man gjennomfører tiltak til forbedringer. Med utgangspunkt i Last Planner, fremskytes den faktiske produksjonsplanlegging til et så sent tidspunkt som praktisk mulig i prosessen. Planer legges tett på operasjonene, dermed øker påliteligheten til planene. Påliteligheten måles løpende gjennom Prosent Planlagt Utført (PPU), det vil si prosent planlagte arbeidsoppgaver som utføres innenfor et avgrenset tidsrom (España, Tsao og Hauser 2012).

PPU er et tiltak for å øke ytelseskontrollen. Det settes opp aksjoner i prosjektet som skal være fullført innen spesifiserte tidsfrister. Disse aksjonene har de forskjellige entreprisene selv ansvar for å følge opp, og sørge for at arbeidet er utført innen fristen. PPU bør følges opp i alle prosjekter, da det synliggjør den faktiske fremdriften, slik at man kan kontrollere opp mot planlagt fremdrift. Avvik er i denne sammenheng er når aksjonen ikke er fullført innen den avtalte tidsfristen. For at aksjonen skal sees på som utført, må jobben være utført med riktig materiale og tilfredsstillende kvalitet (Dawood og Sikka 2009).

Tabell 2.5: KPI for PPU

KPQ	Hvor stor andel av arbeidet er ikke utført innen planlagt tidsfrist?
Kriterier	Aktiviteten(e) skal være fullført i sin helhet Aktiviteten(e) skal ha et bestemt tidspunkt for ferdigstilling Aktiviteten(e) skal være utført uten feil/mangler
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall fullførte aktiviteter innenfor planlagt tidsfrist
Når	Målene gjøres i henhold til planlagt gjennomføring, ved gitte milepæler
Hvorfor	Kartlegge forsinkelser og sørge for kontroll over ikke-fullførte aktiviteter
KPI	$\frac{\text{Antall utførte aktiviteter}}{\text{Planlagt utførte aktiviteter}} = PPU$

Produktivitet

Kort forklart er produktivitet produksjon i forhold til innsats, altså forholdet mellom mengden som produseres og mengden produksjonsfaktorer som produserer produktet (Dawood og Sikka 2009). Om mengden produksjonsfaktorer er konstant og mengden produkt som produseres øker, kan man si at produktiviteten øker. Faktorproduktiviteten, også kalt p-faktor, er mengden produkter som produseres per enhet. Det vil si innsats av én produksjonsfaktor, oftest uttrykt per timeverk. For eksempel hvor mange kvadratmeter gulv en arbeider ferdigstiller per time. Total faktorproduktivitet er forholdet mellom verdien på total produksjon og den totale faktorinnsatsen (Østenstad 2017).

For å beregne produktivitet best mulig, bør den kun benyttes ved rutinepregede aktiviteter, som opprigging, nedrigging og andre gjentakende aksjoner. Aksjoner som for eksempel montasje av hulldekke og innsetting av vinduer eller dører, kan sees på som gjentakende aksjoner. Her kan forventet gjennomsnittlig tidsbruk sammenlignes med den faktiske tidsbruken, og på den måten kan produktiviteten vurderes. Om man dokumenterer tidsbruk av gjentakende aksjoner over flere prosjekter, kan man gjennom erfaringstall gi ett godt estimat på forventet tidsbruk. En annen måte å estimere forventet tidsbruk på, er å beregne avsatte midler til aksjonen delt på gjennomsnitt timelønn for arbeiderne som skal utføre aksjonen. Denne verdien sammenlignes med faktisk tidsbruk (Dawood og Sikka 2009).

Tabell 2.6: KPI for produktivitet

KPQ	Hvor effektivt er arbeidet utført i forhold til planlagt tidsbruk?
Kriterier	Total tidsbruk med tanke på planlegging, montasje og dødtid skal medregnes. Det må fastsettes forventet tidsbruk før arbeidet begynner. KPI-en benyttes kun ved rutinepregede aktiviteter/aksjoner.
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall medgåtte arbeidstimer mot planlagte arbeidstimer
Når	Målene gjøres i henhold til planlagt gjennomføring, ved gjennomgang av timelister
Hvorfor	Kontroll på bruk av arbeidstimer gir mål på produktiviteten i arbeidet
KPI	$\frac{\text{Medgåtte arbeidstimer}}{\text{Planlagte arbeidstimer}} = \text{Produksjonsfaktor}$

Feilprosjektering

Beregningsfeil, feil på tegninger og feil tolkning av standarder er typiske prosjekteringsfeil. Disse kan føre til store økonomiske tap i byggeprosjekter. Manglende eller ufullstendige beregninger, tegninger som ikke er korrigert etter avvik i produksjon og manglende sjekklister for prosjektering er typiske avvik som fører til dårligere effektivitet i produksjonen. Feil i utførelse omfatter blant annet feil montering av elementer, manglende melding av avvik i produksjon og avvik fra produktanvisninger ved bruk av produkter (Erichsen 2017).

Årsakene til at slike avvik oppstår er flere og ofte sammensatte. Riktig kompetanse, tydelig gjennomføringsmodell og dokumentasjonskrav er vesentlige rammebetingelser, og bør legges vekt på for å unngå feilprosjektering. Ved god planlegging og prosjektering vil alle bygningsdeler kunne utføres etter planen, uten å måtte endre planen underveis. Endringer grunnet feilprosjektering eller misforståelser mellom prosjekterende og utførende part, kan sees på som avvik fra den optimale gjennomføringen.

Feilprosjektering kan føre til omarbeid, altså aktiviteter som må utføres mer enn en gang i prosjektet. Ved å redusere mengden feilprosjektering før/under bygging, vil fortjenesten i produksjonsfasen øke. Omarbeid kan måles i forhold til antall endringer i BIM-modellen (Dawood og Sikka 2009).

Tabell 2.7: KPI for feilprosjektering

KPQ	Hvor mange endringer er oppstått grunnet feilprosjektering?
Kriterier	Kun feil i prosjekteringen som kommer frem under produksjon skal medregnes Alle feil i prosjekteringen må dokumenteres Kun feil i prosjekteringen som må utbedres skal medregnes
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall endringer grunnet feilprosjektering
Når	Målene gjøres i henhold til planlagt gjennomføring, ved gitte frister
Hvorfor	Feilprosjektering fører til dårligere arbeidsflyt og økonomisk tap
KPI	$\frac{\text{Antall arbeidspakker med feilprosjektering}}{\text{Totalt antall arbeidspakker}} = \text{andel avvik}$

Konflikter

For å sikre god arbeidsflyt er det hensiktsmessig å redusere antallet tvister og konflikter. Det finnes flere tiltak for å få ned konfliktnivået. Blant annet er det viktig med kompetanse knyttet til kontraktforståelse og prosjektbeskrivelse blant de involverte partene i produksjonen (Dawood og Sikka 2009). Om det oppstår konflikter som det ikke enes om, bør den løftes opp til et konfliktløsningsråd slik at det løses på en effektiv og konstruktiv måte.

En måte å løse konflikter på er ved møtevirksomhet. Møter som omhandler produksjonen bør holdes løsningsorienterte, med styrende ledelse og ha fokus på at oppgaven utføres på en effektiv måte. Kritikkk bør luftes i separate møter. I disse møtene diskuteres grunnleggende problemer og om man gjør jobben riktig. Det bør stimuleres til å stille spørsmål, la de involverte komme med idéer og forslag om å gjøre aksjonen på nye måter.

Tydelige kontrakter er viktig for å unngå konflikter med tanke på ansvarsområder, hvem som skal utføre hva og hvordan det skal utføres. Konflikter fører til stopp i produksjonen, da det kreves møter for avklaring før videre arbeid kan utføres. Alle konflikter som fører til stopp i produksjonen er avvik, som kommer utenfor den planlagte gjennomføringen. Konfliktenes innvirkning på prosjektet vil variere med tanke på størrelsesorden og hvor mye forsinkelser det fører til, dermed bør alle avvik innenfor denne kategorien spesifiseres med tanke på nettopp dette.

Tabell 2.8: KPI for konflikter

KPQ	Hvor mye stopp i fremdrift grunnet konflikter ang. ansvarsområde?
Kriterier	Kun konflikter som oppstår under produksjon skal medregnes Kun konflikter som fører til stopp i produksjonen Alle konflikter angående ansvarsområde må dokumenteres
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall konflikter grunnet uenighet om ansvarsområde
Når	Målene gjøres når konfliktene oppstår
Hvorfor	Konflikter bremser arbeidsflyten og koster både tid og penger
KPI	<i>Antall konflikter angående ansvarsområde</i>

Kvalitet

For å sikre effektiv og strukturert produksjon, er det viktig med et godt kvalitetssystem. Oppfølging av krav fra kunden og myndighetene, samt kontroll over kvalitet i utførelse er sentralt i denne kategorien. Det er nødvendig å fokusere på kvalitetssikring i alle delprosesser, for å levere et godt ferdig prosjekt. Kvalitetskontroll er også et viktig styringsverktøy for å oppnå størst mulig avanse, samtidig som det er med på å skape en sikker arbeidsplass.

Kvalitetssystemet har som hovedformål å sikre at produktet tilfredsstiller kundens behov, at arbeidet er utført etter forskriftene og at ressursene utnyttes optimalt i prosjektet. Gjennom bruk av systemet søkes det aktivt å redusere antall byggefeil i prosjektet, samt videreføre erfaring til kommende prosjekter. Strategien bygger på at god kvalitet er god økonomi. (Chan og Chan 2004)

Kvalitet i utført arbeide er en nøkkel til god arbeidsflyt. Avvik i kvalitet vil føre til dårligere arbeidsflyt, da det kreves utbedringer av tidligere utført arbeid. Om ikke kvaliteten er tilfredsstillende taper man både tid og penger i prosjektet. Om kvaliteten er for dårlig kan det ansees som et avvik, da kvaliteten i utgangspunktet skal være tilfredsstillende i forhold til det som er prosjektert.

Tabell 2.9: KPI for kvalitet

KPI	Kvalitet. Hvor mange arbeidspakker er utført med for lav kvalitet?
Kriterier	Alle kvalitetsavvik skal dokumenteres før og etter utbedring Kun kvalitetsavvik som krever utbedring skal medregnes Kvalitetsavvik som ikke utbedres skal avklares
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Kvalitetsavvik per arbeidstime
Når	Målene gjøres når kvalitetsavvikene oppstår
Hvorfor	Kvalitetsavvik fører til at både tid og penger går tapt da avviket må utbedres
Hvordan	$\frac{\text{Antall kvalitetsavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{Hyppighet av kvalitetsavvik}$

2.4.2 HMS

Det er lovpålagt at bygge- og anleggsvirksomheter skal ha egne rutiner for å ivareta sikkerheten for sine arbeidstakere. Arbeidsgiver har som ansvar å etablere systematiske aktiviteter som sikrer at bedriften klarer å opprettholde et fullt forsvarlig nivå når det gjelder helse, miljø og sikkerhet (Arbeidstilsynet 2018). Entreprenørens internkontroll gir rammene for sikkerhetsarbeidet i produksjonsfasen. Kartlegging av farer, vurdering av risiko og iverksetting av tiltak som gjør at arbeidet kan utføres forsvarlig er sentral i internkontrollen.

Formålet med systematisk oppfølging er å redusere risiko mest mulig gjennom analyser og planlegging av de forskjellige aktivitetene i utførende fase. Sikkerheten må vurderes før arbeidet skal gjennomføres på byggeplassen. Endring av planer og uforutsette situasjoner kan føre til at sikkerheten må vurderes på nytt og at tiltak må iverksettes «der og da». I slike tilfeller er SJA, *sikker jobb-analyse*, et sentralt verktøy for å gjennomgå sikkerheten samt vurdere behov for ytterligere tiltak. SJA er en systematisk gjennomgang og analysering av farer i forkant av en aktivitet der det kan oppstå farlige situasjoner.

Avvik innenfor HMS dokumenteres i et avvikssystem, der byggeledelsen har ansvar for å iverksette forebyggende tiltak. Typiske HMS-avvik på byggeplassen er personskader, sykefravær grunnet misnøye på arbeidsplassen og sikkerhetsavvik med tanke på manglende bruk av verneutstyr. Alle avvik som skader, ulykker og uønsket hendelser har en årsak og kan derfor unngås. Avvikene innenfor HMS kan deles inn i tre hovedkategorier: helse-, miljø- og sikkerhetsavvik.

Helse

Helseavvik er utelukkende avvik som spiller inn på helsen, ofte personskader ved kutt eller klemming av kroppsdeler. (Chan og Chan 2004)

Tabell 2.10: KPI for helse

KPQ	Hvor mange helseavvik er det i prosjektet?
Kriterier	Avvik som spiller direkte inn på helsen til involverte parter Alle helseavvik som oppstår MÅ rapporteres til byggeledelse/HMS-ansvarlig Kun helseavvik/personskader som rapporteres blir behandlet
Hvem måler	Byggeledelse/HMS-ansvarlig
Hva måles	Helseavvik per arbeidstime
Når	Målene gjøres når helseavvikene oppstår
Hvorfor	Helseavvik fører til at produksjonsflyten i prosjektet synker
KPI	$\frac{\text{Antall helseavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{Hyppighet av helseavvik}$

Miljø

Miljøavvikene bygger seg på trivsel på byggeplassen. Om trivselen er dårlig på byggeplassen fører det ofte til lavere produktivitet og mer sykefravær. Disse avvikene kan være utfordrende å følge opp, ettersom de ikke alltid er like tydelige. (Chan og Chan 2004)

Tabell 2.11: KPI for miljø

KPQ	Hvor mange miljøavvik er det i prosjektet?
Kriterier	Avvik som spiller direkte inn på miljøet Alle miljøavvik som oppstår MÅ rapporteres til byggeledelse/HMS-ansvarlig Kun miljøavvik som rapporteres blir behandlet
Hvem måler	Byggeledelse/HMS-ansvarlig
Hva måles	Miljøavvik per arbeidstime
Når	Målene gjøres når miljøavvikene oppstår
Hvorfor	Miljøavvik fører til at produksjonsflyten i prosjektet synker
KPI	$\frac{\text{Antall miljøavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{Hyppighet av miljøavvik}$

Sikkerhet

Sikkerhetsavvik er langt lettere å følge opp, da disse avvikene tar for seg sikkerheten på arbeidsplassen. På bygg- og anleggsområder følger det en hel del krav til sikkerheten, både med tanke på verneutstyr og sikring i ulike arbeidsprosesser. (Chan og Chan 2004)

Tabell 2.12: KPI for sikkerhet

KPQ	Hvor mange sikkerhetsavvik er det i prosjektet?
Kriterier	Avvik som spiller direkte inn på sikkerheten til involverte parter Alle sikkerhetsavvik SKAL rapporteres til byggeledelse/HMS-ansvarlig Kun sikkerhetsavvik som rapporteres blir behandlet
Hvem måler	Byggeledelse/HMS-ansvarlig
Hva måles	Sikkerhetsavvik per arbeidstime
Når	Målene gjøres når sikkerhetsavvikene oppstår
Hvorfor	Sikkerhetsavvik fører til at produksjonsflyten i prosjektet synker
KPI	$\frac{\text{Antall sikkerhetsavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{Hyppighet av sikkerhetsavvik}$

2.4.3 Økonomi

Kostnader

For å gjennomføre ett godt prosjekt er det ekstremt viktig å ha kontroll på økonomien. Å forholde seg til planlagte kostnader, gir en god indikasjon på hvor mye penger man vil bruke i de ulike fasene. Ved god planlegging er det satt ned mye tid til å hente inn entrepriser og innkjøpsavtaler som gir forutsigbarhet i kostnadene. Et typisk avvik med tanke på økonomi er når noe blir kostende mer enn antatt, men man kan også få avvik der kostnaden ble lavere. Kostnadskontroll underveis i prosjektet bør sees på som en selvfølgelighet. (Dawood og Sikka 2009)

Tabell 2.13: KPI for kostnadskontroll

KPQ	Hvor mange kostnader avviker planlagt kostnad i prosjektet?
Kriterier	Den faktiske kostnaden skal ikke avvike fra den planlagte Alle innkjøp skal ha en planlagt/forventet kostnad Kostnadskontroll skal følges opp i alle faser av produksjonen
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Den faktiske kostnaden sammenlignes med forventet kostnad
Når	Målene gjøres når kostnaden for innkjøpene er klare
Hvorfor	Kostnadsavvik fører til økonomisk svinn
KPI	$\frac{\text{Antall kostnadsavvik}}{\text{Totalt antall kostnader}} = \text{andel avvik}$

Det finnes også andre type avvik som spiller inn på økonomien, som for eksempel overbestilling av materialer. Overbestillinger vil direkte spille inn på økonomien i prosjektet, samtidig som det fører til unødvendig lagring på byggeplassen.

Materialsavinn

Tabell 2.14: KPI for overskuddsmateriale

KPQ	Hvor mange leveranser er levert med restmateriale i prosjektet?
Kriterier	Alt material som fraktes til byggeplassen skal monteres/benyttes Alt ubenyttet materiale skal føres som avvik Planlagte overbestillinger skal dokumenteres og begrunnes
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall leveranser med overskuddsmateriale
Når	Når det forekommer leveranser. Fra bestilt til levert.
Hvorfor	Overbestilling av materialer medfører sløsing av midler i prosjektet
KPI	$\frac{\text{Antall leveranser med overskuddsmateriale}}{\text{Totalt antall leveranser}} = \text{andel avvik}$

2.4.4 Informasjonsflyt

Riktig informasjon til riktig tid er sentralt for informasjonsflyt i prosjekter. Dette krever god oversikt og samhandling mellom alle involverte parter i produksjonen. Det er viktig at alle parter i byggeprosjektet er med på delingen av informasjon, da det skaper økt samhold og tilknytning til prosjektet. God kommunikasjon er avgjørende for å unngå misforståelser og feil i byggingen.

Kommunikasjon

Tabell 2.15: KPI for kommunikasjon

KPQ	Hvor mange misforståelser har oppstått i prosjektet?
Kriterier	Alle byggefeil grunnet misforståelser skal vurderes Språklige misforståelser skal dokumenteres og oppklares Grunnen til misforståelsen må avklares
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall misforståelser som fører til feil i byggingen
Når	Når det forekommer byggefeil grunne språklige misforståelser
Hvorfor	Misforståelser fører til feil i utførelse samt dårligere økonomi i prosjektet
KPI	<i>Antall misforståelser grunnet språklige barrierer</i>

Kompetanse

Tabell 2.16: KPI for kompetanse

KPQ	Hvor mange feil i utførelse oppstår grunnet manglende kompetanse?
Kriterier	Avklaring av kompetanse skal skje gjennom de syv forutsetningene Ingen aksjoner skal igangsettes uten at kompetansen er avklart Alle feil grunnet kompetansesvikt skal dokumenteres og avklares før videre arbeid
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall avvik grunnet manglende kompetanse hos utførende part
Når	Når det forekommer avvik grunnet manglende kompetanse
Hvorfor	Byggefeil grunnet manglende kompetanse bidrar til dårligere økonomi og fremdrift
Hvordan	<i>Antall feil grunnet utilstrekkelig kompetanse</i>

Digital kommunikasjon

En viktig faktor i informasjonsflyten er valg av kommunikasjonskanaler, og måten informasjonen deles på. Digitalisering i produksjonsfasen er et tiltak som kan bidra til økt informasjonsflyt, da alle parter har tilgang til samme data. Tilgangen til internett på byggeplassen er avgjørende for at den digitale kommunikasjonen kan forekomme, dermed bør all «offline»-tid dokumenteres som hindring i informasjonsflyten.

Tabell 2.17: KPI for digital kommunikasjon

KPI	Digital kommunikasjon. Hvor mange timer «offline» i prosjektet?
Kriterier	Byggeplassen skal være «online» til enhver tid All tid «offline» skal dokumenteres Alle avvik rundes av til nærmeste halvtime
Hvem måler	Byggeledelse
Hva måles	Antall timer uten internetttilgang på byggeplass
Når	Når det forekommer problemer med internettforbindelsen
Hvorfor	«Offline»-tid fører til dårligere informasjonsflyt i prosjektet
Hvordan	$\frac{\text{Antall timer offline}}{\text{Prosjektets totalte byggetid i timer}} = \text{andel avvik}$

2.4.5 KPI versjon 1

Tabell 2.18: KPI versjon 1

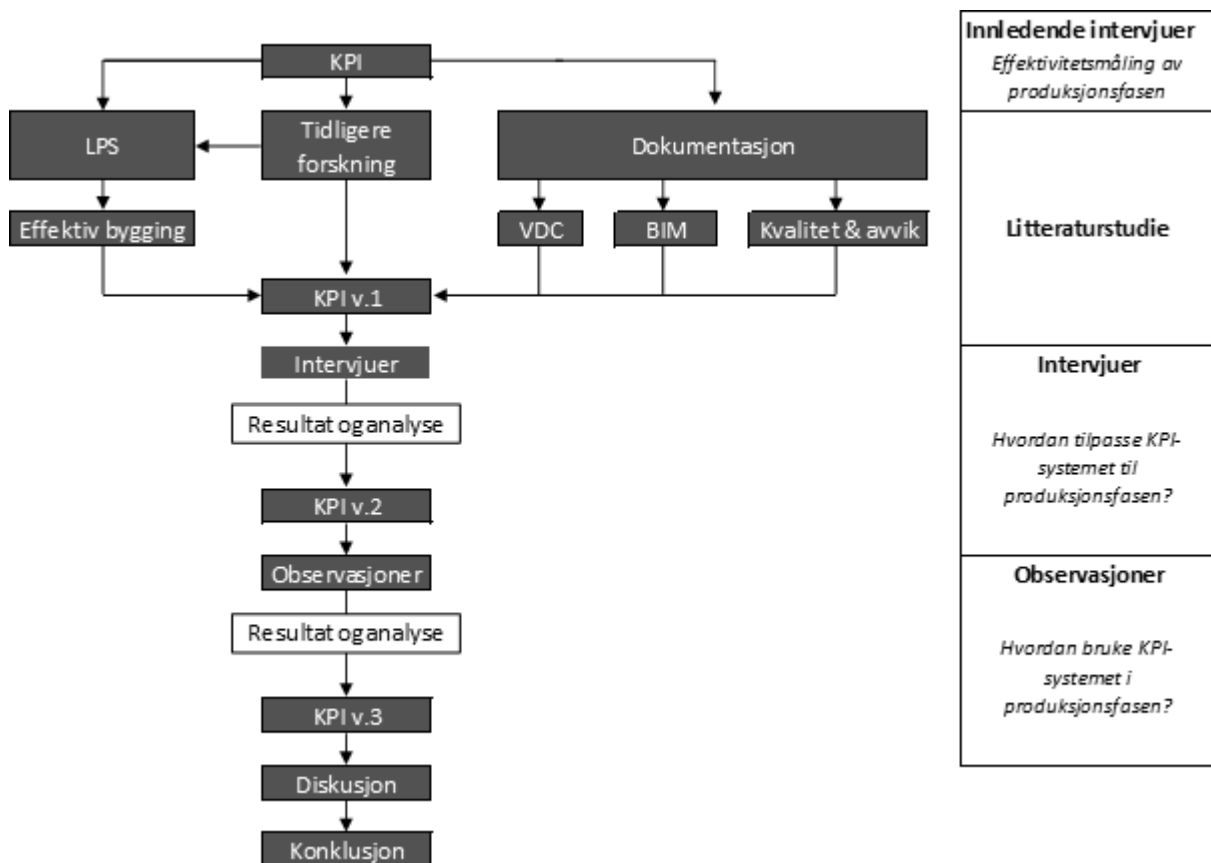
KPI	KPQ	Formel
Leveranser	Hvor mange leveranser skjer utenfor planlagt tidsrom?	$\frac{\text{Ant. lev. utenfor forventet tidsrom}}{\text{Totalt antall leveranser}}$
Lagring	Hvor mye unødvendig lagring er det på byggeplassen?	$\frac{\text{Ant. mp. lagret forbi tenkt lagringstid}}{\text{Totalt antall materialpakker lagret}}$
PPU	Hvor stor andel av arbeidet er utført innen planlagt tidsrom?	$\frac{\text{Antall utførte aktiviteter}}{\text{Planlagt utførte aktiviteter}}$
Produktivitet	Hvor effektivt er arbeidet utført i forhold til planlagt tidsbruk?	$\frac{\text{Medgåtte arbeidstimer}}{\text{Planlagte arbeidstimer}}$
Feilprosjektering	Hvor mange endringer er oppstått grunnet feilprosjektering?	$\frac{\text{Ant. arb. pakker med feilprosjektering}}{\text{Totalt antall arbeidspakker}}$
Konflikter	Hvor mye stopp i fremdrift grunnet konflikt ang. ansvarsområde?	Antall konflikter angående ansvarsområde
Kvalitet	Hvor mange arbeidspakker er utført med for lav kvalitet?	$\frac{\text{Antall kvalitetsavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}}$
Helse	Hvor mange helseavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Antall helseavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}}$
Miljø	Hvor mange miljøavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Antall miljøavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}}$
Sikkerhet	Hvor mange sikkerhetsavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Antall sikkerhetsavvik}}{\text{Totalt antall arbeidstimer}}$
Kostnadskontroll	Hvor mange kostnader avviker planlagt kostnad i prosjektet?	$\frac{\text{Antall kostnadsavvik}}{\text{Totalt antall kostnader}}$
Materialsvinn	Hvor mange leveranser er levert med overskuddsmateriale i prosjektet?	$\frac{\text{Ant. lev. med overskuddsmateriale}}{\text{Totalt antall leveranser}}$
Kommunikasjon	Hvor mange misforståelser har oppstått grunnet språklige barrierer?	Antall misforståelser grunnet språklige barrierer
Kompetanse	Hvor mange feil grunnet utilstrekkelig opplæring/innsikt i utførende arbeid?	Antall feil grunnet utilstrekkelig kompetanse
Digital kommunikasjon	Hvor mange timer «offline» i prosjektet?	$\frac{\text{Antall timer of fline}}{\text{Prosjektets totalte byggetid i timer}}$

3 Metode

«Metode er læren om de verktøy som kan benyttes for å samle inn informasjon. En systematisk måte å undersøke virkeligheten på og en fremgangsmåte for å komme frem til ny kunnskap.» (Sander 2017)

I dette kapitlet presenteres de valgte metodene som er brukt for å besvare oppgavens problemstilling. For å sikre etterprøvbare og gjennomsikthet, er forskningsmetodikken som er utarbeidet illustrert i figur 3.1. Kapitlet er inkludert for å dokumentere hvordan arbeidet med rapporten er gjennomført. Først er ulike forskningsstrategier og forskningsmetoder presentert, deretter er det gitt en begrunnelse for valg av metode og en beskrivelse av disse. Til slutt presenteres en kvalitetsvurdering, der oppgavens troverdighet blir vurdert.

3.1 Forskningsstrategi



Figur 3.1: Forskningsstrategi

Lean i prosjekteringsfasen har lenge vært benyttet som en veiledning til god planlegging og flyt i prosjektet. I utførende fase benyttes Last Planner System (LPS) for å planlegge og kontrollere flyten i produksjon. For at flyten i prosjektet skal være god, er det viktig at filosofien også videreføres i produksjonsfasen. Skal man kunne kontrollere effektiviteten av god planlegging og godt gjennomførte prosjekter, må man skape målbare data. «If you can't measure it, you can't improve it». LPS i produksjonsfasen ble dermed sett på som et interessant tema for denne oppgaven. Med tenkt tema i betraktning ble det utført et møte med to representanter fra HENT, seksjonsleder i BIM og VDC-ansvarlig. Møtet ble innledet helt i startfasen, og dreide seg om hvordan bruken av BIM i produksjon fungerte og i hvilke deler av produksjonen denne teknologien ble benyttet. Videre ble det tatt interesse rundt KPI, og dens implementering som måleverktøy for effektivitet i produksjon. Møtet ble utført for å danne en klarere vinkling/tema som kunne bidra til å forme oppgaven og utfordringer knyttet til den.

Etter de første møtene ble Lean Construction, LPS, dokumentering i byggefasen og KPI studert gjennom litteraturstudier. Det ble ut fra teorien utarbeidet et tankekart som ble brukt til å koble de ulike referansene i produksjonsfasen sammen til indikatorer som kunne brukes i KPI-systemet, se vedlegg A for tankekart. Videre ble det sett på hvordan KPI fungerer som måleverktøy, og hvordan man velger de rette KPI-ene. Det ble etter hvert utviklet ett system hvor man kan kontrollere effektiviteten i prosjekter ved hjelp av KPI-verdier. KPI-verdiene skal fungere som indikatorer på hvordan prosjektet ligger an i forhold til den planlagte fremgangen. KPI-ene er basert på teori fra tidligere forskning om KPI i produksjon samt LPS, og tar utgangspunkt i at gjennomføringen skjer i takt med planlagt fremgang.

Fra litteraturstudiet ble det utarbeidet 15 ulike KPI-er som ble implementert i KPI-listen. Alle KPI-ene er inndelt etter hovedpunktene arbeids- og informasjonsflyt, samt økonomi- og HMS-avvik. Under delkapittel 2.4.1-2.4.4 er det gitt en teoretisk beskrivelse av alle KPI-er som er utarbeidet i den første KPI-versjonen. Hver KPI har en innledende beskrivelse fra teorien og en avsluttende tabell som inneholder nødvendige parametere for å kartlegge KPI-en, og dens bruk. Til slutt legges den første utarbeide KPI-versjonen frem i delkapittel 2.4.5.

Strategien videre ble å teste KPI versjon 1 mot den praktiske gjennomføringen. Det ble dermed utført intervjuer av relevante fagpersoner. Intervjuene ble utført åpent, og det ble tilsendt en intervjuguide i forkant av intervjuene. Hensikten med intervjuene var å gi forskerne et innblikk i hvordan de ulike intervjuobjektene jobbet, og hvordan deres erfaringer kunne brukes for å drøfte relevante KPI-er i produksjonsfasen. Relevansen med dette var å kunne få en sammenføyning mellom teorien og praksisen, og etter hvert endre/tilpasse KPI versjon 1 etter erfaring/behov.

Gjennom de eksterne veiledere ble intervjuerne linket til fagpersoner som kunne være til hjelp for forskingen. Årsaken til valget av intervjuobjekter var deres erfaring knyttet til BIM i produksjon og hvordan innhenting av data fra BIM-modellen ble utført. For å få et stort perspektiv på hvilke tenkte KPI-er som kan brukes i produksjon, ble det valgt å intervju personer med ulike arbeidsroller i produksjonsfasen. En annen grunn til å velge personer med ulike roller var ønske om å få et overordnet innblikk i prosjektgjennomføringen. Med de ulike tilnærmingene fikk man et bedre bilde på hva de ulike rollene anser som viktige elementer i et KPI-system. Ved å intervju personer med samme stilling vil oppgavens troverdighet svekkes, ettersom man ikke vil få godt bilde gjennom hele produksjonskjeden, men kun på ett lokalt nivå i produksjonen.

Underveis i intervjuet gikk forskerne strategisk gjennom alle utarbeidede KPI-er med intervjuobjektene, og det ble diskutert endringer eller forkasting av de ulike KPI-ene. Det ble også diskutert forslag til nye KPI-er. Dette dannet resultatet for den første analysen. Resultatene som

fremkom av intervjuene ble samlet KPI for KPI. Det gjorde det lett å holde orden på alle KPI-ene, og dermed kunne man analysere alle KPI-er individuelt. Resultatene ble analysert, og forfatterne kom frem til en ny versjon av KPI-systemet, KPI versjon 2.

Det ble deretter valgt å teste KPI versjon 2 til et prosjekt for å få en «hands on»-opplevelse i prosjektgjennomføring og datainnsamlingsmetoden. Det ble benyttet ett casestudie for å kunne komme inn på prosjektet, og studere hvordan datahåndteringen ble gjennomført opp mot BIM-modellen. Det ble naturlig å snakke med prosjektingeniøren, på grunn av hans erfaring med bruken av BIM-modellen og prosjektets datainnsamling knyttet til økonomi og fremdrift. For å kunne få tid til å gå i dybden på tema, ble det ikke mulig for forfatterne å se på flere prosjekter i ulike selskap. Datainnsamling fra mange ulike bedrifter vil gi en overfladisk og mer generell tilnærming til teorien. Det ble utført intervju, observasjoner samt en innføring i hvilke dataprogrammer som ble benyttet for innhøsting av data. Resultatene fra case studien ble analysert og resulterte i en KPI-versjon 3.

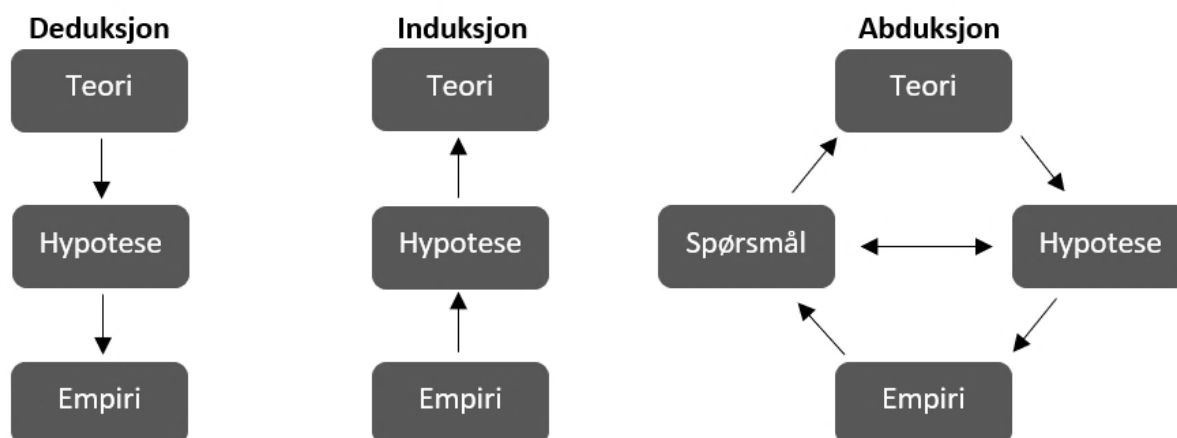
Resultatene og analysene ble diskutert mot resultatene fra litteraturstudiet. Til slutt ble det utarbeidet en konklusjon. I prosessen med å skape KPI-listen har vi valgt å samarbeide med HENT AS, da de er et av Norges største entreprenørfirmaer og sitter med mye nyttig informasjon og data fra sine prosjekter. HENT bruker Lean-tankesettet i sin prosjektgjennomføringsstrategi. Under er det utarbeidet en tabell som gir en kortfattet oversikt over gjennomføringen av oppgaven.

Tabell 3.1: Forskningsstrategi for oppgaven

Kategori	Utførelse
Litteraturstudie	Litteraturstudier som omhandler Lean Construction, LPS, VDC, BIM, kvalitet og avvik i byggebransjen, KPI, strategi for måling og tidligere forskning
Utarbeide KPI	Utarbeide KPI fra teori og forskningsmetode
Data innsamling	Litteratursøk, intervjuer, observasjon og casestudie
Resultat og analyse	Datainnsamlingen analyseres for å forme KPI-versjonene 2 og 3
Diskusjon	Delspørsmål til problemstilling diskuteres
Konklusjon	Oppgavens innhold og resultat konkluderes

3.2 Forskningsmetode

En metode er fremgangsmåten for å nå et mål eller tilegne seg ny kunnskap. Alle midler som tjener dette formålet er en del av arsenalet av metoder (Dalland 2017). I vitenskapen og filosofien skiller det mellom tre metoder, induktiv, deduktiv og abduktiv metode. Ved bruk av induktiv metode gjennomføres det analyser og observasjoner som danner grunnlag til teori. Deduktiv metode baserer seg på å bekrefte eller avkrefte en hypotese basert på tilgjengelig teori i området. I tillegg finnes abduktiv metode, som er en kombinasjon av induktiv og deduktiv metode. Det er altså en kontinuerlig veksling mellom teori og empiri, og kan sees på som en pågående prosess der funn leder til nye observasjoner, som igjen leder til spørsmål som igjen må undersøkes (Jacobsen 2015).



Figur 3.2: Forskjeller mellom deduktiv, induktiv og abduktiv tilnærming (Jacobsen 2015)

Det er to grunnleggende tilnærminger til forskning, kvantitativ og kvalitativ tilnærming. Disse er ulike med tanke på hvordan informasjon man innhenter, tilnærming til kilden og resultatene man får. Kvantitative metoder gir data i form av tallfestede målbare enheter, som innhentes fra for eksempel spørreundersøkelser og eksperimenter. Metoden anvendes hovedsakelig når det er behov for å undersøke en hypotese, der man ønsker tallfestede resultater. Den kvalitative metoden gir data i form av tekst som ikke kan tallfestes eller måles, der datainnsamlingene skjer ved blant annet feltobservasjon, samtaleintervju og litteraturstudier. Analysen skjer ofte ved å tolke observasjonene som er gjort (Dalland 2017). Hovedforskjellen mellom Kvalitativ- og kvantitativ metode er informasjonshåndteringene som uttrykkes i tekst og tall.

Tabell 3.2: Kjennetegn ved kvantitative og kvalitative metoder (Dalland 2017)

Kvantitative metoder	Kvalitative metoder
Går i bredden	Går i dybden
Et lite antall opplysninger om mange undersøkelsesenheter	Mange opplysninger om få undersøkelsesenheter
Får frem det representative	Får frem det særegne
Spørreskjema med faste svaralternativer	Intervju uten faste svaralternativer
Systematiske og strukturerte observasjoner	Ustrukturerte observasjoner
Datainnsamling uten direkte kontakt med feltet	Datainnsamling med direkte kontakt med feltet
Innsamlet data er knyttet til adskilte fenomener	Innsamlet data tar sikte på å frem sammenheng og helhet
Tar sikte på å formidle forklaringer	Tar sikte på å formidle forståelse
Forskeren ser fenomenet utenfra	Forskeren ser fenomenet innenfra
Jeg-det-forhold mellom forsker og undersøkelsesperson	Jeg-du-forhold mellom forsker og undersøkelsesperson

3.2.1 Anvendt metode

Når det skal tas en beslutning på valg av metode, er det i hovedsak to metoder som må vurderes; kvalitativ- og kvantitativ metode. Det må også vurderes hvilken fremgangsmåte som skal benyttes. Valget vil stå mellom induktiv, deduktiv, og abduktiv tilnæringsmetode. Den induktive logikken er ofte knyttet til den kvalitative metoden, som i korte trekk går ut på å danne en teori på bakgrunn av empiri, altså å lage teorier ut ifra studier av et fenomen. Hypotesen er uklar, og problemstillingen er upresis. Den deduktive metoden er ofte knyttet til den kvantitative metoden, og går ut på å teste holdbarheten til teorier opp mot virkeligheten (empiri). Den deduktive tilnæringsmåten forutsetter en presis problemstilling, og at informasjonen som innhentes er relevant for det som testes (Sander 2017).

Det er nødvendig å drøfte hvilken metode som vil gi best svar på oppgavens problemstilling. Ofte er det problemstillingen som legger til grunn for hvilken undersøkelsesstrategi som forskerne må benytte. Dersom det tenkes å observere en problemstilling for å komme frem til en teori om et fenomen, er det en induktiv fremgangsmåte som bør brukes. Velges en deduktiv fremgangsmåte er utgangspunktet det motsatte. I dette tilfellet der man har en teori om et fenomen som man ønsker å teste holdbarheten og reliabiliteten av. Hvilket av disse to orienteringene som benyttes vil avhengig av hvordan forskerne formulerer problemet og analysere situasjonen (Sander 2017).

For å svare på problemstillingen på en best mulig måte, er det nødvendig å samle data fra fagpersoner som er en del av prosjektet som skal brukes som casestudie i denne oppgaven. Fagpersoner kan ofte sitte med relevant informasjon som kan være ett godt tilskudd til litteraturstudien. Derfor er det kritisk å ikke låse fagpersonene til et skjema med utarbeidede KPI-er, som nevnt i kapittel 3.1.

Basert på forholdene som er nevnt over, er en kvalitativ forskningsstrategi med en induktiv fremgangsmåte et naturlig valg for å svare til oppgavens problemstilling. Metoden er godt egnet der det finnes lite forskning på området, da bruken av KPI-er i produksjon er en ny måte å vurdere fremdrift på. Bruken av KPI-er som måleverktøy til god effektivitet i produksjonsfasen er lite undersøkt, og med det så virker det naturlig å velge en induktiv fremgangsmåte med en kvalitativ metode. Datainnsamlingen i kvalitative metoder skjer ved intervju, case studie og observasjoner. Da forfatterne hadde tilgang til et pilotprosjekt som hadde tatt i bruk BIM i deler av produksjonen, ble naturlig å velge en casestudie for å videreutvikle teorien fra litteraturstudiet. Det ble utført intervjuer og observasjoner for å innhente nødvendig data.

Tabell 3.3: Benyttet metode for besvarelse av oppgavens problemstilling

Forskningsspørsmål	Utførelsesmåte
«Hvilke KPI-er kan utvikles for å vurdere effektiviteten i prosjektbasert produksjon?»	<ul style="list-style-type: none">LitteraturstudieSvar fra delspørsmålene
«Hvordan tilpasse KPI-systemet til produksjonsfasen?»	<ul style="list-style-type: none">Intervju
«Hvordan bruke KPI-systemet i produksjonsfasen?»	<ul style="list-style-type: none">Observasjon

3.3 Litteraturstudie

I denne oppgaven er litteraturstudie benyttet som en viktig del av datainnsamlingen til forskningen som er utført. Metoden er av kvalitativ fremgangsmåte, der det blir gjort systematisk analyse av relevant litteratur i feltet. En litteraturstudie er ofte underbygget på å få orden i bestemt teori i et hav av litteratur. Fordelen med litteraturstudiet er at forfatterne får et bredt innblikk i litteraturen som er tilgjengelig, og kan kompensere med forskning som kan implementeres i teorien som det søkes på. Det kreves at nødvendig litteratur blir tolket og graden av kvalitet i informasjon blir kritisert. Svakheten ved litteraturstudiet, er at det er nærmest umulig å bruke metoden alene for å innhente nok informasjon som er relevant for oppgavens problemstilling.

Ved å benytte litteraturstudie ble det tilegnet et teoretisk grunnlag, som var nødvendig for å utarbeide KPI versjon 1. Det ble imidlertid funnet lite eksisterende litteratur om bruk av KPI-er i prosjektbasert produksjon, som et verktøy for å sikre effektivitet i byggefasen. Av eksisterende litteratur om bruk av KPI-er i bygg- og anleggsbransjen, omhandlet det meste prosjekteringsfasen. Litteraturstudent ble dermed tilføyd i en rekke andre metoder som nevnt tidligere i oppgaven, for å få rikelig med datainnsamling for bruk til å besvare problemstillingen.

3.3.1 Litteratursøk

Aveyard (2014) legger følgende strategiske prinsipper til grunn for utvikling av søkestrategien til litteraturstudiet:

1. Fastslå hvilken type litteratur det søkes etter
2. Utvikle søkeord/søkekombinasjoner som er relevante
3. Undersøke relevante kilder sitert i funnet litteratur
4. Velge hensiktsmessige og troverdige søkemotorer

1. Fastslå hvilken type litteratur det søkes etter:

Tidligere forskning og oppgaverrelevante artikler er studert for å danne et grunnlag for utarbeidelse av teorikapittelet.

2. Utvikle søkeord/søkekombinasjoner som er relevante:

Litteratur som omhandler Lean Construction, Last Planner System, Trimmet gjennomføring, Key Performance Indicators og digitalisering av produksjon i bygg- og anleggsbransjen er de emnene det i hovedsak har blitt søkt etter. Søkeord som arbeidsflyt og informasjonsflyt i bygg- og anleggsbransjen er også benyttet.

3. Undersøke relevante kilder sitert i funnet litteratur:

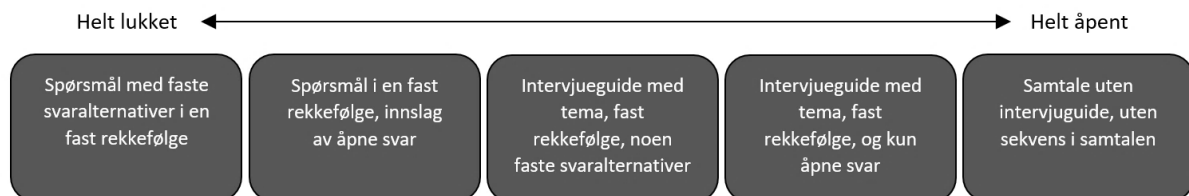
Kilder som er sitert i funnet litteratur, er undersøkt for å dekke et stort område av litteraturen, samt minske faren for å kun inkludere de første kildene som dukker opp i søket av litteratur.

4. Velge hensiktsmessige og troverdige søkemotorer:

For innhenting av informasjon er det i hovedsak blitt benyttet internettsider som eksempelvis Google Scholar, Emeraldinsight, Semantic scholar, Elsevier, Oria, bibsys.no og iglc.net. I tillegg er det benyttet en del bøker som for eksempel Kalsaas (2017), Womack et al. (2003) og Dalland (2017). Forskningsartikler som er relatert til temaet oppgaven tar for seg, har blant annet blitt hentet fra iglc.net. IGLC er et internasjonalt nettverk av forskere som tilstreber å fornye bygg- og anleggsbransjen gjennom tilnærming til Lean Production (IGLC 2018).

3.4 Intervju

I denne oppgaven er det benyttet intervjuer som et supplerende tillegg til litteraturstudiet. De mest brukte metodene innen den kvalitative tilnærmingen er; åpne intervjuer, fokusgruppeintervju, observasjoner og dokumentundersøkelser. Et kvalitativt intervju kan variere i åpenhet. Det skiller mellom ulike strukturingsgrader i intervju, dette illustreres i figuren under.



Figur 3.3: Grader av struktur av et intervju (Jacobsen 2015)

I følge Jacobsen (2015) bør ikke åpne intervjuer være så strukturerte at de består av forhåndsbestemte spørsmål med faste svaralternativer. Man bør også unngå for mye åpenhet, altså at man ikke har noe mål for hva samtalen skal inneholde. De kvalitative intervjuene bør ha en viss form for struktur, dette kan oppnås ved å benytte en intervjueguide. Intervjueguiden skal sikre at man dekker temaer som er viktig å belyse for intervjueren. En strukturert intervjuguide vil bidra til at analysering blir enklere i etterkant. Se vedlegg 8.1 for intervjueguide.

Intervjuguiden ble utviklet i forkant av intervjuene, og er en plan for intervjuene. Den tar for seg hvilke temaer som er ønsket belyst og tenkt rekkefølge til temaene. Guiden ble brukt for å sikre at alle ønskede tema ble belyst, men også for å holde samtalen på rett spor. Selv om temaene i intervjuene var identiske, variete spørsmålene og spørsmålsrekkefølgen noe fra intervju til intervju. Dette skyldes at mange av spørsmålene ble utviklet underveis i intervjuene, da det ved flere tilfeller er spørsmål som følger opp tidligere svar. Hensikten med intervjuformen er at intervjuobjektet skal dominere samtalen, og uttrykke sine meninger og erfaringer, dermed ble intervjuguiden brukt mest som en rettleiding.

Gjennom intervjuprosessen har intervjuerne fått mer kunnskap rundt tema, men til tider måtte intervjuerne stille spørsmål som «hva mente du med dette?» for å få en bedre forståelse om hva intervjuobjektet snakket om. Underveis i intervjuet ble det løftet opp relevante ideer på ulike KPI-er som kunne brukes i produksjonsprosessen. Slik det fremkom under samtalen, var intervjuobjektene positive til å utvikle KPI-er som kunne dokumentere fremdrift og effektivitet på en oversiktlig måte.

3.4.1 Intervjuobjekter

Intervjuobjektene som er valgt ut har ulike stillinger, prosjektsjef, prosjektingeniør og BIM-ansvarlig. Objektene ble nøye valgt ut etter erfaring og utlysning fra seksjonsleder i BIM samt VDC-ansvarlig. De valgte objektene er godt involvert med i prosjekt Lilleaker Vest, som er HENTs første prosjekt der BIM involveres direkte i produksjon ved tegningsfri bygging. Gjennom å være prosjektingeniør har objektet innsikt i å anskaffe data tilknyttet økonomi og fremdrift. BIM-ansvarlig er i stor grad involvert i produksjonsfasen, og har ansvaret for 3D-armering på prosjektet. Jobben som BIM-

ansvarlig gir objektet innsikt i bruken av BIM-modellen i prosjektet, og hvordan den spiller inn på arbeids- og informasjonsflyten i produksjonen. Prosjektchefen har et overordnet blikk i hele prosjektet, og innehar kunnskap om flyt og samhandling i alle faser av prosjektet.

3.4.2 Intervjumetode

Intervjueguiden ble utarbeidet som en veiledning for å belyse relevante tema for forskningen som er gjort i oppgaven. Intervjueguiden inneholder relevante temaer som ønskes belyst av forfatterne. Guiden ble brukt som et hjelpemiddel for å holde objektene til tema, der tiden var av relevans. Hensikten med intervjumetoden er å la intervjuobjektene dominere i samtalen med rettledning av forfatterne. Dette bidrar til at intervjuobjektene føler seg mer åpne til å dele verdifull erfaring og tanker om temaet.

I tabell 3.4 er det listet opp informasjon tilknyttet intervjuobjektene. Den første samtalen ble utført sammen med BIM-ansvarlig, intervjuet var av typen middels ustrukturert intervju, der det ble benyttet intervjueguide med fast rekkefølge på tema, men åpne svar. Oppgavens tema og hvilke KPI-er som kunne implementeres i produksjon ble drøftet, samt hvordan dokumentasjonen foregår BIM.

Videre fikk intervjuerne komme i kontakt med prosjektingeniøren. Også her ble intervjuet utført som et middels ustrukturert intervju. Gjennom samtalen ble intervjuerne forklart hvordan datainnsamlingen skjer, og hvilken type data som samles. Målet med samtalen var å drøfte KPI i produksjon, og hvilke data som ligger tilgjengelig. Eventuelt ny datainnsamling for relevante KPI-er som kan måle effektiviteten i produksjon ble også drøftet. Deretter fikk vi intervju prosjektchefen, der intervjuerne fikk ett mer overordnet bilde av hele prosjektet, og hvilke sammenhenger som kunne spille inn på fremgangen i et slikt prosjekt. Objektet var også opptatt av å tilfredsstille kunden (byggherren), og så på muligheten til å etablere en KPI mot modellen som kunne illustrere utførelsesgrad på en mer presentabel måte.

Intervjumetoden ble valgt på bakgrunn av at intervjuobjektet skulle være i sentrum, og dele sin praktiske erfaring. Intervjueguidens bidrag gjorde intervjuene mer som en samtale enn et spørsmål-svar-intervju der intervjuerne kunne påvirke svarene og validiteten kunne svekkes. Et av styrkene til å benytte seg av middels ustrukturerte intervjuer som datainnsamlingsstrategi, er muligheten til å gå dypt i fenomener som ønskes belyst. Dermed kan objektene tenke fritt, og utdype sine synspunkter og erfaringer knyttet til emne.

Tabell 3.4: Intervjupersoner og intervjuets art

Firma	Intervjuperson	Intervjuform	Dato
HENT	BIM-ansvarlig 1	Middels ustrukturert intervju	9/11-2018
HENT	Prosjektingeniør	Middels ustrukturert intervju	9/11-2018
HENT	Prosjektchef	Middels ustrukturert intervju	9/11-2018
HENT	Anleggsleder	Middels ustrukturert intervju	9/11-2018
HENT	Arbeidsleder	Middels ustrukturert intervju	9/11-2018
HENT	Prosjektingeniør	Middels ustrukturert intervju	16/11-2018
HENT	Arbeidsleder Betong	Middels ustrukturert intervju	21/11-2018
HENT	BIM-ansvarlig 2	Middels ustrukturert intervju	21/11-2018

3.5 Observasjon

«Om vi skal si det enkelt, kan man tenke seg at vi med observasjon studerer det folk gjør, mens man i intervjuer studerer det folk sier (at de gjør)» (Dalland 2017)

Ved å bruke intervju- og observasjonsmetode på en korrekt måte kan begge metodene utfylle hverandre og gi observatoren mulighet til å vurdere hva intervjuobjektet «faktisk» gjør, og hvorfor det gjøres. Når det benyttes mer enn én metode, kalles dette for metodetriangulering. Denne metoden er ikke begrenset til tre metoder, som det fremkommer i navnet (tri), men brukes som et faguttrykk når mer enn én metode brukes. Under kapittel 3.7 vil forfatterne drøfte bruken av metodetriangulering ytterligere. I denne oppgaven er det benyttet en kvalitativ observasjonsmetode, aspekter ved denne metodeformen er illustrert under i tabell 3.5. Ved bruk av kvalitativ observasjonsform gjelder helheten mer enn summen av alle delene. Observasjoner av mennesker, og forhold mellom individ og omgivelser, er relevant for å gi oppgaven en bedre tilnærming til hva som faktisk utføres (Dalland 2017).

Tabell 3.5: Kjennetegn til kvalitative observasjoner (Dalland 2017)

Kvalitativ observasjon	Benyttet i oppgaven
<i>Søken om en helhetsforståelse av det som observeres</i>	x
<i>Observerer prosessen individet befinner seg i, og prøver å beskrive utviklingsprosesser for å få dybde og forståelse for de fenomenene som observeres</i>	x
<i>Innebærer forskerens bevissthet rundt egen rolle i observasjonen</i>	x

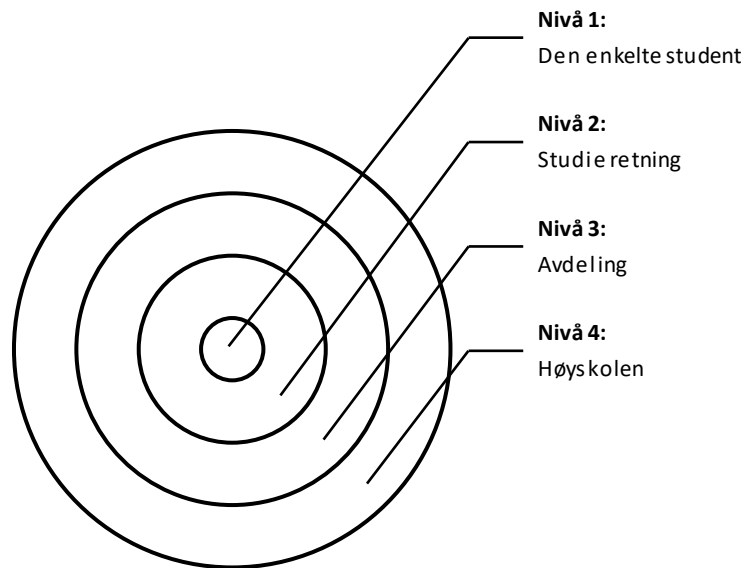
Under det siste møtet med prosjektingeniøren på Lilleaker Vest ble metoden for hvordan datainnsamlingen på prosjektet ble fulgt opp mot BIM-modellen gjennomgått. Der ble observatorene orientert om bruken av BIM-modellen som et innhøstningsverktøy for datainnsamlingen av prosjektet. Intervjuerne fikk observere hvordan prosjektingeniøren jobbet og hvilke dataverktøy som ble benyttet for å strukturere data. Indikatorer som ble belyst i modellen var: 1. under prosjektering, 2. ferdig prosjektert, 3. bestilt, 4. levert og 5. ferdig montert. Dermed ble det utført en gjennomgang av ulike dataverktøy som ble benyttet for å strukturere og samle innhøstet data. Under observasjonen ble BIM-modellen og bruken av den vist. Intervjuerne fikk også observere samhandlingen mellom byggeledelsen og UE i produksjon ved bruk av BIM og hvordan problemer blir løst ved å benytte digitale verktøy.

3.5.1 Casestudie

«En Casestudie er en empirisk undersøkelse som studerer et aktuelt fenomen i dets virkelige kontekst fordi grensen mellom fenomenet og konteksten er uklar» (Sander 2017).

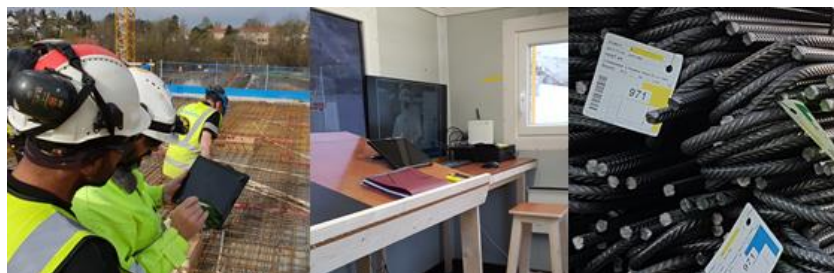
En casestudie vil ofte ha et utforskende preg, der man leter etter noe nytt eller forsøker å forstå noe man finner overraskende eller uforståelig. Casestudier egner seg bra til å få frem virkelighetsnære

beskrivelser, der forskeren går dypt inn i en situasjon, en organisasjon eller en prosess som er avgrenset i tid og rom. Detaljerte beskrivelser av casestudier egner seg til å utvikle ny forståelse, og derfor gir mulighet til å fremme nye hypoteser og teorier. Avgrensninger i rom kan gi undersøkelsesenheter ulike nivåer, og dermed også gi preg på innhentet data. Under er det illustrert med en figur fra Jacobsen (2015) med de ulike inndelingene av nivå.



Figur 3.4: Ulike nivåer på en undersøkelses enhet (Jacobsen 2015)

Casestudier utføres primært som kvalitativ data, ved observasjoner og åpne intervjuer. Det kan også benyttes en kvantitativ metode der eksisterende statistikk og høyt strukturerte spørreskjema benyttes. Siden datainnsamlingen skjer ved å gå i dybden på en enhet og analyseres ved å bruke kvalitativ metode, kan ikke resultatene generaliseres. Casestudier egner seg best til å svare på spørsmål som «hvorfor» og «hvordan», som kan beskrive, forklare og skape forståelse rundt et fenomen på et dypt nivå. Metoden benyttes ofte når problemstillingen er åpen eller uklar, og ofte som pilotundersøkelse for andre studier (Sander 2017).



Figur 3.5: Observering og dokumentering av armering gjennom BIM

3.5.2 Case: Prosjektet Lilleaker Vest

I dette delkapittelet presenteres bakgrunnsinformasjon om oppgavens case; prosjektet Lilleaker Vest i Oslo.



Figur 3.6: Illustrasjon av boligprosjektet Lilleaker Vest (Lilleaker Vest 2017)

Lilleaker Vest er et boligprosjekt der det bygges 7 bygg, med totalt 208 leiligheter, som bindes sammen av to underetasjer med garasjeanlegg. Byggene består av 2-, 3-, 4-, og 5-roms leiligheter fra 43-177 kvm. Leilighetene holder høy standard, og leveres med balkonger eller terrasser. Det legges opp til takhøyder på nærmere 260 cm. Det er benyttet en kombinasjon av tegl, tre, glass og stål til fasadene, noe som gir et stilfullt og moderne design. Byggingen ble påbegynt i 2017 og er planlagt ferdigstilt år 2020. HENT AS er totalentreprenør i prosjektet, som har et omfang på 31.000 kvm (Byggeindustrien 2017). I tabellen under vises en oversikt over prosjektets hovedaktører.

Tabell 3.6: Prosjektets hovedaktører

Aktør	Firma
Byggherre	Lilleaker Boligutvikling AS
Arkitekt	Lund Hagem Arkitekter AS
Totalentreprenør	HENT AS
Rådgivende ingeniør	Rambøll AS

I prosjektet er det valgt å bruke BIM aktivt i byggeprosessen. Alle relevante data legges inn i en BIM-modell, slik at byggingen kan skje direkte fra modellen, uten bruk av tegninger. Prosjektet har et omfang på hele 12.000 kubikkmeter plasstøpt betong. Alle betong- og armeringsdetaljer ligger i modellen, slik at arbeiderne kan bruke modellen direkte i byggingen.

Leveranser til råbygget gjøres direkte ut ifra BIM-modellen, der skjer også dokumenteringen underveis. Når valgte elementer er bestilt merkes de med status og dato, samt får de en egen fargekode tilknyttet statusen. Etter at de valgte elementene har ankommet byggeplassen, byttes statusen til levert og elementene får en ny fargekode. Historikken samles i BIM-modellen, slik at alle involverte parter har tilgang til å følge fremdriften. Videre monteres og kvalitetssikres de valgte elementene, som igjen registreres i modellen.

3.6 Analyse og drøfting

I denne oppgaven har det blitt rettet fokus på hvilke KPI-er som kan benyttes for å måle effektiviteten i utførende fase av byggeprosjektet. Svarene fra intervjuene, casestudie og observasjonene ble brukt til å underbygge og videreutvikle resultatene fra litteraturstudiet. Resultatene bærer preg av hvilke elementer i LPS og BIM som kunne brukes til å utvikle KPI-er som et måleverktøy til effektivitet på byggeplass. Eventuelle mangler eller utfordringer vil bli luket bort når nye KPI-er implementeres i KPI-listen, dette belyses ytterligere under resultat og analyse kapitlet.

Resultatene fra oppgaven ble validert. Dette ble gjort ved å sende alle resultatene tilbake til BIM-sjef, VDC-ansvarlig og byggeledelsen på Lilleaker Vest for gjennomgang. Det ble gjort som en to veis sikkerhet for både forskere og de involverte i forskningen, for å sikre at resultatene som ble gjengitt var korrekte. Alle utarbeidede KPI-er er drøftet og analysert separat.

3.7 Oppgavens troverdighet

I vitenskapen settes det krav til troverdig kunnskap. Dette innebærer at kravene til validitet (relevans/gyldighet) og relabilitet (pålitelighet) må kunne oppfylles. Det som undersøkes må ha relevans og må være gyldig for det som undersøkes (problemstillingen). Dette gjelder både når mennesker- og litteratur brukes som kilde til data. Både kilden og dataen fra kilden må være relevante. Godt valgte intervjuobjekter har lite betydning dersom spørsmålene de får ikke belyser problemstillingen. Selv om dataen er relevant må den samles inn med god kvalitet, altså datainnsamlingsprosessen må være fri for unøyaktigheter, slik at resultatene kan etterprøves. Dette kalles for relabilitet. Dermed må forfatterne være kildekritiske, og kunne gjøre rede for valg og vurderinger som er gjort og begrunne disse (Dalland 2017). I tabell 3.7 er det utarbeidet en liste med relevante punkter til å vurdere grad av pålitelighet og gyldighet av informasjon (Jacobsen 2015).

Tabell 3.7: Kriterier ved validering av datainnsamling (Jacobsen 2015)

Data innsamling:
1. Fra kilder med god kunnskap om temaet
2. Fra førstehåndskilder (nærhet)
3. Fra kilder uten klare motiver for å lyve
4. Fra en sen fase i undersøkelsesprosessen

Litteraturstudie

Ved litteraturstudie er det viktig å være kildekritisk. Man må bedømme forfatterens validitet og litteraturens relevans. Forfatterens empiri er også en viktig faktor. Utgiver må kvalitetssikres. Med hensyn til dette ble all benyttet litteratur vurdert opp mot eksisterende teori innenfor temaet, samt litteraturens relevans for oppgavens problemstilling. Den benyttede litteraturen er av høy kvalitet, da den er tilgjengelig for nye undersøkelser, altså kan man anse reliabiliteten til litteraturstudiet som god.

Intervju

For å sikre høy reliabilitet, må forskningen kunne gjentas og dataene skal gi tilnærmet identisk resultat. Dette kan være utfordrende ved kvalitative forskningsmetoder, spesielt ved intervju uten faste svaralternativer. I slike intervju vil ofte spørsmålene og rekkefølgen variere, dermed er det vanskelig å oppnå identiske data ved gjentakelse av intervjuene. De involvertes personkjerne og omgivelsene rundt er også vanskelig å gjenskape. Alle disse faktorene er med på å svekke forskningens reliabilitet. For å øke reliabiliteten i forskningen ble det benyttet en intervjuguide, som skulle sikre en noenlunde lik gjennomføring av intervjuene. I tillegg til intervjunotater, ble det benyttet lydopptak under alle intervjuer. Det gir muligheten til å høre intervjuene gjentatte ganger og sikrer at ingen informasjon går tapt. Dette øker også resultatenes reliabilitet.

Fortolkning er en viktig feilkilde i middels ustrukturerte intervju. Intervjuobjektens svar kan ikke kun tolkes av det som blir sagt, i tillegg må kroppsspråk, mimikk og tonefall tolkes. Dette ble tatt hensyn til under alle intervjuene, da det ble stilt kontrollspørsmål om man var usikker på tolkningen av hva intervjuobjektets mening. Resultatene som er brukt fra intervjuene, baserer seg på subjektive erfaringer som intervjuobjektene innehar. Dermed blir det vanskelig å konkludere med at resultatene som ble samlet var objektive og typiske. Alle intervjuobjektene er ansatt i HENT og kan ha en lojalitet til selskapet sitt, og med dette påvirke intervjuresultatene. Det er derfor tatt høyde for at intervjuerne ikke stiller spørsmål der intervjuobjekter må forsvare selskapet sitt. Siden oppgaven er lokket for «folk flest» anser forfatterne at intervjuobjektene har en mindre sannsynlighet til å ikke snakke sant eller endre på sannheten. For å gi en nøyaktighet til svarene ble det i forkant av intervjuene tilsendt en intervjuguide på mail, slik at intervjuobjektene kunne tenke seg om før de avga svar rundt de åpne spørsmålene. KPI versjon 1 ble ikke tilsendt før intervjuet, da det ikke var ønskelig å låse intervjuobjektene til indikatorene som fremkom i den utarbeidede versjonen. Dette betyr fortsatt ikke at nøyaktigheten ikke preges av svarene som avlegges. Ved at intervjuobjektene var klar over tema for oppgaven og hva forfatterne ønsket fra dem, vil det dermed påstås at resultatene som fremkommer av intervjuene er knyttet til oppgavens problemstilling.

Casestudie

I denne oppgaven er det valgt å studere et prosjekt får å gå i dybden på hvilke KPI-er som kan benyttes i produksjonsfasen av byggeprosjekt. Fordelen med casestudie er at den gir mulighet til å gå i dybden på det som studeres, og dermed gi detaljert virkelighetsbeskrivelse av et fenomen (Sander 2017). Casestudier har også klare begrensinger. En slik begrensing kan være at det er vanskelig å generalisere statistikk fra en case til en annen. Enkelte casestudier er heller ikke egnet til å etablere årsaksbestemte sammenhenger. For eksempel dersom en casestudie påviser at et forhold henger sammen, som at innføring av resultatbonus i en bedrift fører til økt produktivitet, kan dette skyldes helt andre forhold eller kun spesielle trekk for den casen. Man har derfor ingen eller liten kontroll på hvilke andre forhold som kan ha produsert den observerte produktiviteten. Det er ikke sikkert at innføring av individuelle bonuser hos en annen bedrift ville ha påvirket effektiviteten i en positiv retning, kanskje tvert imot (Jacobsen 2015).

Metode

Når datainnsamlingsmetoden man velger å bruke varier (litteraturstudie, casestudie, intervju og observasjon), kan man triangulere informasjonen. Metodetriangulering er et uttrykk når to eller flere metoder brukes for å belyse en problemstilling. Det dreier seg om å utfordre problemstillingen fra ulike vinkler for å kontrollere validiteten og relabiliteten til de innsamlede dataene. Dersom dataen som samles fra de ulike metode underbygger eller viser til samme resultat, kan dette tyde på at innsamlingen er pålitelig for bruk til å besvare problemstillingen. Det positive er at de ulike metodene kan bidra til økt innsikt, og dermed utvikle nye tilnæringsmåter til fenomenet samt dypere forståelse. Altså får man en mer nyansert og helhetlig forståelse av det som undersøkes (Sander 2017).

4 Resultat og analyse

I dette kapitlet presenteres resultatene fra intervju- og casestudie ved prosjektet Lilleaker Vest. Resultatene analyseres på bakgrunn av litteraturstudie, intervjuer og observasjoner gjort på byggeprosjektet. Hensikten med intervju- og casestudie er å videreutvikle KPI-systemet, samt tilpasse systemet til produksjonsfasen og arbeidsmetodikkene som benyttes.

Resultat og analysekapitlet belyser følgende delspørsmål fra problemstillingen:

«Hvordan tilpasse KPI-systemet til produksjonsfasen?»

«Hvordan bruke KPI-systemet i produksjonsfasen?»

4.1 Intervjustudie

De utarbeidede KPI-ene i versjon 1, se delkapittel 2.4.5, ble presentert og diskutert i intervjuer med aktuelle personer fra byggeledelsen ved prosjektet Lilleaker Vest. Det ble diskutert bruk av KPI-er i utførende fase, og intervjuobjektene forklarte hva de anså som nøkkelfaktorer for effektiv bygging. Herunder presenteres resultatene fra intervjuene og versjon 2 av KPI-systemet. KPI-ene fra versjon 1 ble vurdert etter arbeidsflyt, HMS, økonomi og informasjonsflyt, slik de fremkommer i delkapitlene 2.4.1-2.4.4. Det ble lagt vekt på forbedringer, eventuelt forkasting og oppretting av nye KPI-er. Resultatene i oppgaven er strukturert uavhengig av strukturen og rekkefølgen i intervjuene, med hensikt å gi en oversiktlig gjennomgang av erfaringer, tilbakemeldinger og innspill som kom frem i intervjuprosessen.

Fra intervjustudie kom det frem at KPI-ene måtte være «enkle å følge opp» og at det ikke krevde for mye ressurser å samle inn dataene. KPI-er der dataene allerede var tilgjengelig var å foretrekke. I tillegg ble det belyst at KPI-ene måtte gi en verdi i form av å synliggjøre faktorer som bedrer utførende fase i prosjektet. Prosjektingeniøren i prosjektet kunne opplyse at han hadde erfaring om bruk av KPI tilknyttet tidligere arbeidsforhold. Personen belyste at antallet KPI-er ikke burde overstige ti, da systemet fort blir tidkrevende å følge opp om det blir for omfattende og komplisert.

4.1.1 Arbeidsflyt

Leveranser og logistikk på arbeidsplassen var en kjent utfordring for intervjuobjektene. Her kunne de forklare at det benyttes et system for leveransetakten i byggingen. Gjennom BIM-modellen dokumenterer byggeledelsen fremdriften fortløpende, og alle datoer knyttet til leveranser noteres underveis i systemet. Alle byggetrinn i modellen dokumenteres ved fire statuser; ferdig prosjektert, bestilt, levert og ferdig montert. Videre ble det forklart at de ikke alltid forholdt seg til «just in time»-prinsippet ved store leveranser, da dette prosjektet har en stor byggeplass som tillater lagring uten hindringer. I tillegg ble det forklart at det ofte var lønnsomt å bestille få og store leveranser, fremfor mange og små, da totalkostnadene ble lavere. Om KPI for leveranser ble det diskutert om den utelukkende skulle ta for seg «critical chain»-leveranser, da det fort kan bli omfattende og komplisert og følge opp alle typer leveranser. Man kom frem til at alle leveranser som følges opp i BIM-modellen, ville være fornuftig å knytte til KPI-en, da alle de viktigste leveransene legges inn i modellen.

Unødvendig lagring av materialer, som direkte fører til dårligere arbeidsflyt, ble ikke sett på som et problem i prosjektet på Lilleaker Vest. Videre mente intervjuobjektene at det var interessant med en slik type KPI, med tanke på prosjekter med betydelig mindre byggeplass og riggområde. Ved prosjekter i storbyer, der bebyggelsen er tett, kreves det god planlegging med tanke på bruk av byggeplass. Da er ofte lagringstiden viktig for logistikken i produksjonen. Det bør forekomme en egen logistikkplan for lagring på byggeplass ved slike typer prosjekter.

Videre ble det poengtert viktigheten av oversikt over det som lagres på byggeplassen, slik at man til enhver tid har kontroll over hva og hvor materialene lagres for de ulike underentreprenørene. I BIM-modellen utarbeides det rigg- og anleggsplaner der logistikken kartlegges.

Prosent Planlagt Utført (PPU) var kjent for flere av intervjuobjektene, da den benyttes for å ha kontroll på den faktiske fremdriften i forhold til planlagt fremdrift i prosjektet. På Lilleaker Vest blir fremdriften kartlagt i Safran Planner, en programvare for oppretting og oppfølging av fremdriftsplaner. I programvaren dokumenteres bemanning og fremdriften underveis i prosjektet, slik at man kan kontrollere produksjonen mot planlagt fremdrift. Ved gjennomgang av de utarbeidede KPI-ene ble diskutert om KPI for produktivitet kanskje burde fjernes, da den på mange måter gir den samme indikatoren som KPI-en for PPU.

Gjennom BIM-modellen har byggeledelsen til enhver tid oversikt over hvilke detaljer som er ferdig prosjektert av rådgivende ingeniør og hva som gjenstår. Alle detaljer skal kvitteres ut av RI som ferdig prosjektert, før byggeledelsen bestiller de nødvendige materialene. Det er i disse tilfellene det kan oppstå feilprosjektering. Om rådgivende ingeniør har kvittert ut en detalj som ferdig prosjektert og i senere tid funnet feil eller mangler ved prosjekteringen, kan det være at elementet allerede er bygget før feilen ble funnet. Ved slike tilfeller er det nødvendig å foreta ytterligere tiltak, noe som krever både tid og penger. Fordelen med BIM-modellen er at RI kan se på modellen for å få oversikt over hva som allerede er bestilt og hva som er bygget, dermed kan elementene som ikke allerede er ferdig montert prioriteres for endringer. På denne måten får man færre prosjekteringsfeil som har stor innvirkning på fremdriften i produksjonen. KPI for feilprosjektering anbefales derfor å knyttes til BIM-modellen av intervjuobjektene. Det presiseres også at kun prosjekteringsfeil som krever ytterligere tiltak bør registreres som avvik, da mange av endringene som skjer underveis ikke har innvirkning på fremdriften.

Når det gjelder konflikter i utførende fase, kan man dele kategorien i to deler, personkonflikter og konflikter i arbeidsprosesser. Fra intervjuobjektene erfaringer er det svært sjelden at det oppstår personkonflikter som får et så betydelig omfang at det spiller inn på fremdriften i prosjektet. Konflikter i arbeidsprosesser kan være mangt. Om man for eksempel tar for seg armeringsprosessen, er typiske konflikter rør, innstøpningsgods og utsparinger. Om det oppstår konflikter av denne typen, skyldes det ofte feilprosjektering, som igjen dekkes av KPI for feilprosjektering.

Kvalitet i utførelse er en viktig faktor i *Trimmet bygging*, og HENT har derfor et eget avvikssystem der blant annet avvik i kvalitet følges opp. Prosjektleder og anleggslederen forklarer at kvalitetsstyring i utførelsesfasen foregår gjennom faste møtepunkter og befaringer. Det opprettes såkalte tog, med inndeling av kontrollområder. Hvert tog har flere vogner, altså flere kontrollområder. Kontrollområdene er en viktig del av planleggingen og man bør legge stor vekt på å kvalitetssikre dette. Gjennom milepæl-befaring mellom hver aksjon i kontrollområdene verifiseres det at foregående aksjon er ferdigstilt før neste blir påbegynt. Da får man også identifisert på et tidlig stadium om det foreligger mangler som må utbedres før neste aksjon kan starte opp.

4.1.2 HMS

Fra intervjustudie kom det frem at HMS var en sentral del i arbeidshverdagen på byggeplassen. Fokus på at alle involverte skal være trygge, trives og oppleve hverdagen på byggeplass som et sikkert og trygt arbeidsmiljø. Videre ble det påpekt at god kommunikasjon mellom alle aktører i utførende fase er en forutsetning for god sikkerhet og trivsel samt godt arbeidsmiljø.

For oppfølging og dokumentasjon av avvik innenfor HMS brukes en egen nettverkslogg i HENTs private nettverk. Her loggføres alle avvik, prosjekt for prosjekt, i en felles database. Avvikene merkes med dato, fase i prosjektet, involverte parter, ansvarlig part for utbedring, samt status per dags dato. Alle avvik som opprettes i *avviksloggen* skal «lukkes» fortløpende ved avklaring og tiltak for utbedring av avviket.

I alle HENT-prosjekter er det alltid minst én HMS-leder som har det overordnede ansvaret for HMS i prosjektet, selv om det poengteres av intervjuobjektene at HMS alltid er et felles ansvar blant alle involverte. HMS-lederen har ukentlige HMS-møter, der vernerunder og status for avvik blir gjennomgått. Det kartlegges også fremtidige utfordringer med tanke på fremdriftsplan og risikoanalyse.

Intervjuobjektene forteller at det allerede forekommer en KPI for helse i dere avviksdata, som måles i alle prosjekter ved det som kalles H-verdi, definert som frekvensverdien av antall arbeidsulykker. KPI-en brukes som et ledd i forbedring av det skadeforebyggende arbeidet. Alle skader, med og uten fravær, registreres og skadene med fravær brukes til å regne ut H-tallet. Hyppigheten av hendelser defineres som antall arbeidsulykker per 1 000 000 arbeidede timer.

$$H_{verdi} = \frac{\text{Arbeidsulykker} \times 1\,000\,000}{\text{Totalt antall timer}}$$

HENT benytter også en egen indikator for fraværsskader, og kan defineres som personskader som følge av arbeidsforhold der skaden medfører minst en dag fravær utover skadedagen. Dette kalles for F-verdi, og er et mål på frekvensen av antall fraværskader per 1 000 000 arbeidstimer.

$$F_{verdi} = \frac{\text{Fraværskader grunnet skader} \times 1\,000\,000}{\text{Totalt antall timeverk}}$$

Det presiseres at dersom personen som er blitt skadet har fri/avspasering dagen etter, eller dagene etter, skal personskaden ikke registreres som fraværsskade, men skaden må rapporteres på vanlig måte i avvikssystemet. Om personen blir sykmeldt utover fri-/avspaseringsdagene blir personskaden å betrakte og registrere som fraværsskade med de antall dager som personen er sykmeldt utover fri-/avspaseringsdagene.

4.1.3 Økonomi

For økonomi i utførende fase er det slik at byggeledelsen har ansvaret for økonomien i prosjektet. Det innebærer at prosjektleder månedlig rapporterer status på inntekter og utgifter, samt en sluttprognose på hvilket økonomisk resultat prosjektet vil gi etter ferdigstilling. Pengebeholdning som resultat av inn- og utbetalinger i prosjektet oppfølges løpende. Dette kaller de for likviditetsoppfølging, og inngår som en del av økonomioppfølgingen.

HENT har et eget verktøy for økonomioppfølging i prosjekt. Verktøyet er Excel-basert og kalles ØKO. ØKO-verktøyet består hovedsakelig av en kalkyle på hva det vil koste å innfri kontraktsforpliktelsen. Det dokumenteres også oversikt over endringer mot både byggherre og underentreprenører, samt en oversikt over alle påløpte inntekter og utgifter i prosjektet.

Det benyttes ingen spesifikke KPI-er for økonomien i utførende fase per dag dato, men prosjektlederen har til enhver tid oversikt over sluttprognosen og likviditeten underveis. Gjennom ØKO-verktøyet er det mulig å sammenligne faktiske kostnader mot planlagt bruk av midler. Intervjuobjektene trekker frem at det skjer ofte mange endringer underveis i prosjektene, som fører til at man bruker mer penger en plass og mindre en annen. Dermed blir det ofte fokusert på dekningsgraden i prosjektet. De opplyser at alle anbud på prosjekter har en kalkulert dekningsgrad, altså et kalkulert overskudd basert på forventet kostnad og gjennomføring. Dekningsgraden følges opp underveis i prosjektet, og gir en sluttprognose på hvilket økonomisk resultat prosjektet vil gi.

Økonomisk tap ved overskuddsmateriale er derimot ikke mulig å lese direkte fra ØKO-verktøyet. Om man skal følge opp dette som en KPI i prosjektet, foreslår prosjektingeniøren og BIM-ansvarlig å sammenligne kalkulert mengde materialer og kostnad fra BIM-modellen med fakturerte kostnader fra underentreprenørene. På den måten kan man sammenligne faktisk materialkostnad mot planlagt, ved for eksempel innkjøp av armering, betong, fasade eller dører. Videre påpeker flere av intervjuobjektene at det er det totale økonomiske tapet som er interessant ved en slik KPI, ettersom verditapet varierer for ulike materialer.

4.1.4 Informasjonsflyt

For å sikre god informasjonsflyt mellom alle aktører under utførende fase gjennomføres det møter hver 14. dag, der fremdriftsrapportering er fokus. Dette er ett av møtene som ligger til grunn i HENTs generelle møtestruktur i utførende fase. Ved disse møtene gir alle involverte aktører status på fremdrift på sine aktiviteter. Bakgrunnen for møtene er å få et oppdatert, komplett og riktig bilde av fremdriftsstatus i prosjektet. Aktørene rapporterer ferdiggrad for sine aktiviteter, og kontrollerer disse opp mot fremdriftsplanen. Ved vesentlige avvik diskuteres og etableres tiltak.

Det avholdes også ukentlig statusmøter der alle involverte aktører rapporterer status på sine aktiviteter. Målet med statusmøtene er å kontrollere om alle de syv forutsetningene¹ for sunne aktiviteter er tilstede. I tillegg gjennomgås og omforenes produksjonsplanen for neste 6 ukene.

Om informasjonsflyten trekker intervjuobjektene frem bruken av BIM i utførende fase som sentral for effektiv samhandling på tvers av ulike aktører. Informasjon og data eies- og vedlikeholdes i en modell og derfra distribueres til relevante arbeidsprosesser og verktøy. Denne formen for

¹De syv forutsetningene er forklart i delkapittel 2.1.1

informasjonsflyt er en viktig ressurs i gjennomførelsen av prosjektet, og beslutningsprosessene blir mer effektive.

Angående kommunikasjonssvikt ved misforståelser, som fører til feil i utførelse, erfarer flere av intervjuobjektene at det kan være vanskelig å bestemme hva som er avvik og hvordan det skal registreres. Ofte er ikke misforståelsen selve avviket, men resultatet av et avvik, som for eksempel uklar informasjonsdeling. Når en skal vurdere hva som er avvik, bør man stille seg spørsmålet «hvorfor gikk det galt?». De bekrefter at misforståelser kan skje, men sjelden i en så stor grad at det går utover fremdriften i prosjektet. Kompetansesvikt hos utførende part er heller ikke noe vanlig problem med tanke på fremdrift, ifølge intervjuobjektene. Kompetansen kartlegges i statusmøtene ved gjennomgang av de syv forutsetningene.

Ved prosjektet Lilleaker Vest benyttes BIM-modellen aktivt i byggingen, dermed er digital kommunikasjon sentralt i arbeidshverdagen. Ettersom den digitale kommunikasjonen skjer både gjennom trådløst internett og 4G, har de enda til gode å oppleve «nedetid» for nettverksforbindelsen. Intervjuobjektene anser en KPI for «offline»-tid som lite hensiktsmessig, da det svært sjelden forekommer og konsekvensene ikke er av betydelig grad for fremdriften. Det utdypes at BIM-modellen også lagres lokalt på PC-ene, så modellen er fortsatt tilgjengelig om «offline»-tid skulle forekomme.

Som en aktuell KPI fra BIM-modellen trekker BIM-ansvarlig frem mengdeberegninger. Ved å sammenligne mengdeberegningene fra modellen med faktisk mengdebruk, kan man kartlegge hvor tett på det som faktisk er bygget modellen er. Man kan også kartlegge hvor det er gått med mer/mindre midler enn forventet i prosjektet. Bestilling av materialer gjøres direkte fra BIM-modellen, og derfra kan man sammenligne forventet kostnad mot fakturaene fra underentreprenørene.

Flere av intervjuobjektene belyste også viktigheten av tilfredstillelse ovenfor byggherren, og at det kunne være interessant med en KPI for en slik faktor. Utfordringen her blir å skaffe konservativ data. Det ble diskutert litt frem og tilbake uten noen konkret løsning. Videre kom man frem til at KPI-systemet i sin helhet muligens kunne brukes som en tilfredstillelse ovenfor kunden/byggherren, da det kan belyse fremdrift og status per dags dato.

Det er viktig at dataene som samles inn er mest mulig konservative, eller såkalt «vanntette», slik at KPI-ene ikke er til fordel for en part og til ulempe for en annen. Altså bør man fokusere på at alle involverte tjener på oppfølging av KPI-ene, slik at ingen blir motivert til å «jukse» eller tilpasse dataene til egen vinning.

4.1.5 KPI versjon 2

KPI-ene i versjon 2 er valgt på grunnlag av intervjuobjektene erfaringer knyttet til hvilke faktorer som er viktig for effektiv gjennomføring i utførende fase. Kun de mest relevante KPI-ene fra versjon 1 er valgt, samt en ny KPI for mengdeberegninger basert på tilbakemeldinger fra intervjuene. Versjon 2 av KPI-systemet bygger videre på det teoretiske grunnlaget for utarbeidelse av versjon 1. Hver enkelt KPI er gjennomgått og diskutert, teori og praktisk bruk.

Følgende KPI-er ble forkastet:

Produktivitet, konflikter, kommunikasjon, kompetanse og digital kommunikasjon.

Følgende KPI ble utarbeidet:

Mengdeberegninger – *Andel avvik i brukt mengde materialer fra planlagt bruk.*

KPI-ene ble forkastet basert på intervjuobjektene tilbakemeldinger under intervjuprosessen. Deres erfaring knyttet til dokumentering og data-oppfølgning ble også lagt til grunn. Hensikten er at KPI-ene enkelt skal kunne anvendes i deres allerede kjente arbeidsmetodikk, uten at det krever stor omlegging av måten å dokumentere samt følge opp produksjonen.

KPI for mengdeberegninger ble utarbeidet på grunnlag av tilbakemeldinger fra intervjuobjektene, samt deres metode for å følge opp byggingen i BIM-modellen. Den omfattende bruken av BIM i prosjektet, ble gjenspeilet i kunnskapen som intervjuobjektene besatt.

Intervjuene bar preg av at objektene var kjent med å dokumentere og behandle store mengder data. Videre virket de positivt innstilt til bruk av KPI-er i produksjonsfasen, da de kan bidra til å visualisere trender og resultater i produksjonen. Noen av intervjuobjektene var også kjent med bruk av KPI-er fra tidligere arbeidsforhold, som videre førte til at intervjuene ble mer presise og konstruktive.

Intervjuobjektene tok seg god tid til å forklare og vise hvordan dokumenteringen og oppfølgingen i prosjektet foregår. Dette bidro til at det var enklere å vurdere hvilke KPI-er man burde prioritere, med tanke på påliteligheten til dataene og kvaliteten til systemene som benyttes.

For bruk og oppfølging av KPI-ene er det slik at byggeledelsen har ansvaret for dokumentering av data, og at systemet benyttes som egenkontroll for hvor bra gjennomføringen i prosjektet foregår. KPI-ene kan benyttes i oppfølgingsmøter som allerede forekommer i prosjektet, slik at resultatene også synliggjøres for utførende parter i produksjonen. De kan fungere som en motivator for utbedring av forhold, samt være med på å sette realistiske og konkrete delmål underveis i prosjektet.

I tabell 4.1 vises KPI versjon 2, som er en videreutvikling av versjon 1, gjennom analyse av resultatene fra intervjustudie. Det ble valgt å redusere antall KPI-er med tanke på brukervennlighet, samt påliteligheten i de målbare dataene. Alle KPI-er er fremstilt som prosent avvik fra det optimale eller hyppighet av avvik.

Tabell 4.1: KPI versjon 2

KPI	KPQ	Formel
Leveranser	Hvor mange leveranser skjer utenfor planlagt tidsrom?	$\frac{\text{Ant. lev. utenfor forventet tidsrom}}{\text{Totalt antall leveranser}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Lagring	Hvor mye unødvendig lagring er det på byggeplassen?	$\frac{\text{Ant. materialpakker unød. lagret}}{\text{Tot. ant. materialpakker lagret}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
PPU	Hvor stor andel av arbeidet er utført innen planlagt tidsrom?	$\frac{\text{Planlagt utførte aktiv.} - \text{Utførte aktiv.}}{\text{Planlagt utførte aktiviteter}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Feilprosjektering	Hvor mange endringer er oppstått grunnet feilprosjektering?	$\frac{\text{Ant. arb. pakker med feilprosjektering}}{\text{Totalt antall arbeidspakker}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kvalitet	Hvor mange arbeidspakker er utført med for lav kvalitet?	$\frac{\text{Ant. kvalitetsavvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} \times 100 = \text{hyppighet av avvik}$
Helse	Hvor mange helseavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Antall helseavvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} \times 100 = \text{hyppighet av avvik}$
Miljø	Hvor mange miljøavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Antall miljøavvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} \times 100 = \text{hyppighet av avvik}$
Sikkerhet	Hvor mange sikkerhetsavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Antall sikkerhetsavvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{hyppighet av avvik}$
Kostnadskontroll	Hvor mange kostnader avviker planlagt kostnad i prosjektet?	$\frac{\text{Antall kostnadsavvik}}{\text{Totalt antall kostnader}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Materialsvinn	Hvor mange leveranser er levert med overskuddsmateriale i prosjektet?	$\frac{\text{Ant. lev. med overskuddsmateriale}}{\text{Totalt antall leveranser}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Mengdeberegninger	Hvor mye avviker mengdeberegningene i BIM fra faktisk mengde?	$\frac{\text{Planlagt brukt mengde material}}{\text{Tot. mengde montert}} \times 100 = \% \text{ avvik}$

For mer detaljert forklaring av de ulike KPI-ene, se delkapittel 2.4.

4.2 Casestudie



For utarbeidelse av KPI versjon 3 har det blitt gjennomført en casestudie. Det ble samlet inn tilgjengelig data for testing og videreutvikling av de ulike KPI-ene i versjon 2. I dette delkapittelet presenteres resultatene fra casestudie og en versjon 3 av KPI-systemet. Gjennom analysing av resultatene ble KPI-systemet tilpasset slik at innsamlingen av data skjer ved allerede kjente plattformer for brukerne. Det blir gjennomgått hvordan dokumenteringen skal skje, og hvilke plattformer som kan benyttes.

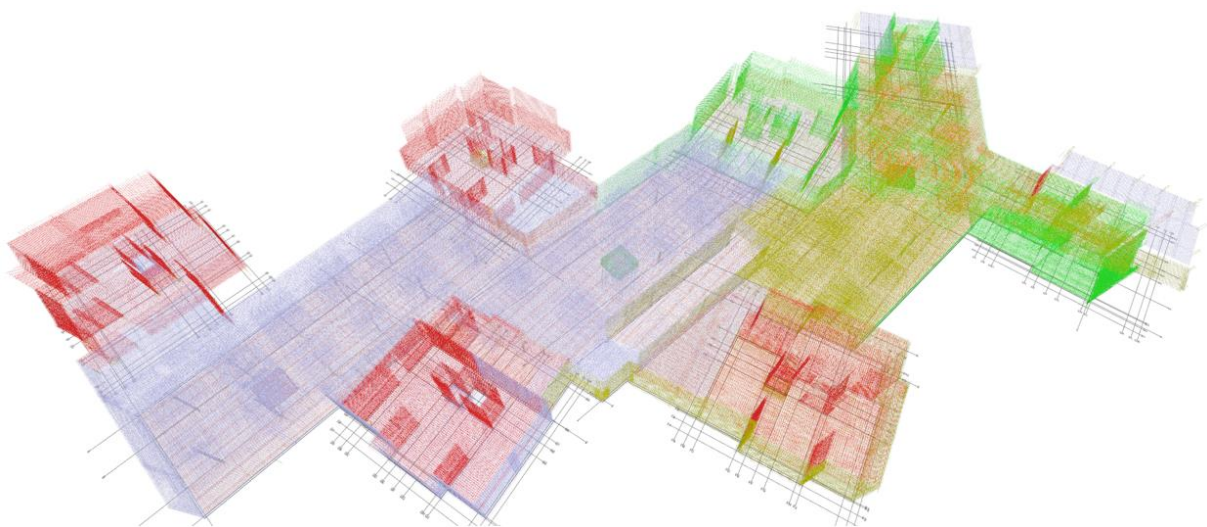
Casestudie på Lilleaker Vest bar preg av at byggeledelsen allerede satt på mye verdifull data, men at de manglet KPI-er som kunne visualisere resultatene. Byggeledelsen ga tilgang til plattformene som ble benyttet, samt oppfølging i forbindelse med avlesing og tolking av dataene. Bruk av BIM i utførende fase ble også gjennomgått, samt hvordan dokumenteringen i modellen foregår.

4.2.1 Arbeidsflyt

Leveranser

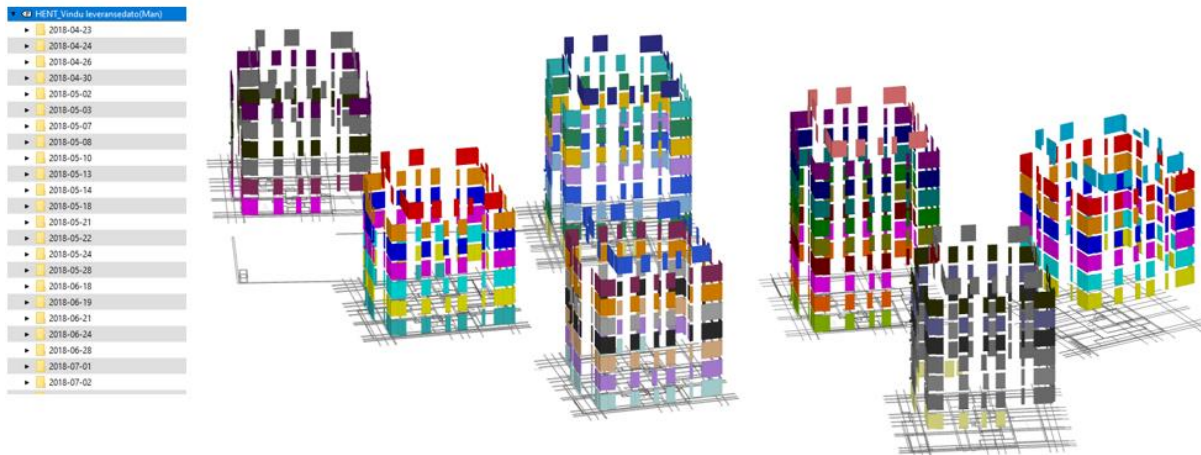
Leveransene i prosjektet dokumenteres i BIM-modellen, der byggeledelsen har inndelt elementer i ulike grupper og tildelt disse farge utfra status. Figuren nedenfor visualiserer armeringen til de syv byggene og tilhørende kjeller med parkeringsplasser. Armeringen er inndelt i fem forskjellige farger, der de ulike fargene angir følgende status:

5. Ferdig montert	
4. Levert	
3. Bestilt	
2. Ferdig prosjektert	
1. Under prosjektering	



Figur 4.1: Fargekode for status armering

I tillegg til fargekoder for status for elementene, har også leveransene ett eget fargesystem i BIM-modellen. Figuren nedenfor viser en leveranseliste for alle vinduene til de syv byggene. Bildet er også hentet fra BIM-modellen, der de ulike fargekodene viser til en gitt dato. Fra fargekodene kan man også se valgt arbeidsfremgang, da vinduene er bestilt per etasje og montert fortløpende etter leveringsplanen.



Figur 4.2: Fargekode for leveranseplan for vinduer

Leveranseplanen sendes direkte til leverandør. Alle vinduene har en egen ID som henviser til hvilket bygg og hvor i bygget vinduet skal monteres. Slike leveranseplaner gir god oversiktlig over forventet leveringstid, og kan enkelt kobles til KPI for leveranser ved å dokumentere faktisk leveringstidspunkt. Om leveransene ikke følger leveringsplanen, føres det avvik per leveranse. For levering av vinduer får man følgende formel:

$$\frac{\text{Ant. leveranseavvik}}{\text{Tot. ant. leveranser i leveranseplanen}} \times 100 = \% \text{ avvik}$$

Lagring

Ved bruk av fargekodesystemet for status, se figur 4.1, er det også mulig å dokumentere lagringstid i BIM-modellen. I modellen dokumenteres leveransetidspunkt og monteringsdato, der tiden mellom disse tilsvarer lagringstiden for elementene.

Fra BIM-modellen er det mulig å hente ut Excel-tabeller med ønsket informasjon. Tabellen nedenfor viser et lite utvalg fra rådataene for armering. Tabellen viser et utsnitt av fem forskjellige bestillinger av armering. Hver bestilling har et bestillingsnummer, se fjerde kolonne, samt ID og posisjonsnummer for hver pakke i bestillingen. Her benyttes også en tredje form for fargekoding, der hver pakke i bestillingen har en egen farge. På denne måten er det enkelt å kontrollere hver leveranse når den ankommer byggeplassen. Fra tabellen er det også mulig å lese av når de ulike bestillingene ble lever og montert.

Tabell 4.2: Rådata for armering

ID	Pos. nr.	Konst.type	Best. nr.	Status	Bestilt	Leverert	Montert	Dim.	Lengde	Vekt	Ant.	Farge
A-01-D1	17	Slab	15	5. Montert	2017-09-21	2017-10-09	2017-11-09	10	1115	0.617	28	Blue
A-01-D1	18	Slab	15	5. Montert	2017-09-21	2017-10-09	2017-11-09	12	499	0.888	22	Orange
A-01-D1	19	Slab	15	5. Montert	2017-09-21	2017-10-09	2017-11-09	12	529	0.888	22	Red
A-01-W1	01	Inside wall	25	5. Montert	2017-11-08	2017-11-14	2017-12-07	16	4260	1.579	38	Yellow
A-01-W1	02	Inside wall	25	5. Montert	2017-11-08	2017-11-14	2017-12-07	25	1400	3.854	8	Cyan
A-01-W1	03	Inside wall	25	5. Montert	2017-11-08	2017-11-14	2017-12-07	10	1115	0.617	19	Magenta
A-02-W2	11	Inside wall	27	5. Montert	2017-12-05	2017-12-12	2018-02-08	16	1508	1.579	10	Brown
A-02-W2	12	Inside wall	27	5. Montert	2017-12-05	2017-12-12	2018-02-08	16	2035	1.579	10	Olive
A-03-D1	01	Slab	30	5. Montert	2017-12-15	2018-01-05	2018-02-15	12	529	0.888	36	Yellow
A-03-D1	02	Slab	30	5. Montert	2017-12-15	2018-01-05	2018-02-15	12	499	0.888	36	Cyan
A-03-D1	03	Slab	30	5. Montert	2017-12-15	2018-01-05	2018-02-15	12	850	0.888	86	Magenta
A-03-D1	04	Slab	30	5. Montert	2017-12-15	2018-01-05	2018-02-15	25	1650	3.854	8	Blue
A-03-C1	01	Column	31	5. Montert	2018-01-10	2018-01-22	2018-02-08	10	1348	0.617	52	Yellow
A-03-C1	02	Column	31	5. Montert	2018-01-10	2018-01-22	2018-02-08	20	4000	2.466	24	Cyan

Fra slike tabeller kan man kontrollere lagringstiden for leveransene. Her ser man at leveransene har ankommet fra en uke til to måneder før montasje, altså har lagringstiden vært lang for noen av bestillingene. Ettersom byggeplassen har tillatt mye lagring uten hindring, har ikke byggeledelsen valg å fokusere på «just in time»-leveranser, noe som kommer tydelig frem i tabellene.

Om man skal følge opp en KPI for lagring på byggeplassen, er det nødvendig å kartlegge en tidsplan for lagring av leveransene. Selv om byggeplassen tillater mye lagring, bør man nødvendigvis ikke lagre bestillinger i flere måneder. I slike prosjekter kan man for eksempel sette en grense på to eller tre uker før montasje.

En annen faktor som er viktig å nevne i forbindelse med armering er innkjøpsprisen av stål, da prisen kan variere mye gjennom prosjektets byggetid. Om man har mye lagringsplass tilgjengelig, kan man tjene på å kjøpe mye armering når stålprisen er lav, men om det går utover logistikken på byggeplassen er det ikke sikkert man tjener på det totalt sett.

For prosjekter med mindre lagringsplass på byggeplassen bør lagringstiden være relativt kort, da logistikken i arbeidshverdagen påvirkes i stor grad. KPI for lagring kan da uttrykkes som følgende:

$$\frac{\text{Ant. avvik i lagringstid}}{\text{Tot. ant. materialbestillinger}} \times 100 = \% \text{ avvik}$$

Alle bestillinger/materialpakker som monteres etter planlagt lagringstid noteres som avvik.

PPU

I dette prosjektet gjøres planlegging og oppfølging av fremdrift i programvaren Safran Planner 7.2. I programmet oppdateres fremdrift og bemanning fortløpende, uke for uke, slik at man til enhver tid har kontroll over status og ferdiggrad. Byggeledelsen kontrollerer planlagt og faktisk fremdrift for de ulike underentreprenørene, og har dermed oversikt over hvordan de ligger an i forhold til fremdriftsplanen. I figur 4.3 vises en fremdriftssammenligning av faktisk og planlagt fremdrift for de ulike underentreprenørene i prosjektet. Tabellen viser fremdrift per bygg, A-G, både for en to ukers periode samt kumulativ fremdrift per dags dato.

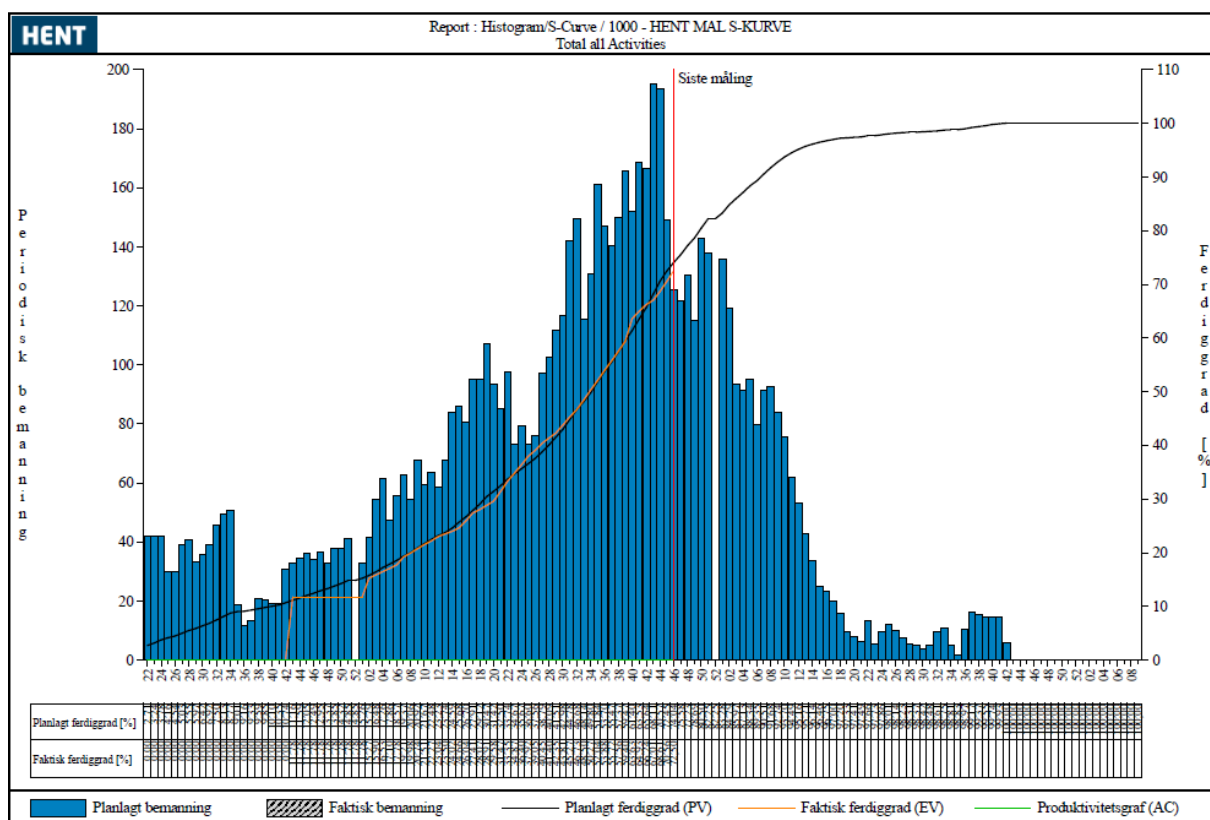
UE	Baseline Scope	Periodic							Cumulative						Next Period				
		Pln. %	Act. %	Planned Qty	Earned Qty	Deviation	Expended	Perf.	Pln. Mpwr	Act. Mpwr	Pln. %	Act. %	Planned Qty	Earned Qty	Sch. Variance	Expended	Perf.	Per. Pln.	Pln. Mpwr
Underfase : HUS A																			
<None>	3 750	8,0	0,0	300	0	-300	0	0,0	4	0	74,7	32,0	2 800	1 200	-1 600	0	0,0	0	74,7
Artea	1 400	14,3	35,7	200	500	300	0	0,0	3	0	57,1	78,6	800	1 100	300	0	0,0	14,3	5 71,4
El.vent, rør	2 800	7,1	21,4	200	600	400	0	0,0	3	0	71,4	71,4	2 000	2 000	0	0	0,0	0	71,4
Lydgulv	1 400	28,6	0,0	400	0	-400	0	0,0	5	0	85,7	100,0	1 200	1 400	200	0	0,0	14,3	5 100,0
Parketgruppen	350	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	42,9	42,9	150	150	0	0	0,0	0,0	0 42,9
Sigdal	1 050	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	42,9	42,9	450	450	0	0	0,0	0,0	0 42,9
Tiveta	4 270	9,4	17,8	400	760	360	0	0,0	5	0	90,6	90,6	3 870	3 870	0	0	0,0	0,0	0 90,6
Total HUS A	15 020	10,0	12,4	1 500	1 860	360	0	0,0	20	0	75,0	67,7	11 270	10 170	-1 100	0	0,0	2,7	11 77,7
Underfase : HUS B																			
<None>	4 950	7,7	32,3	380	1 600	1 220	0	0,0	5	0	48,9	80,8	2 420	4 000	1 580	0	0,0	6,9	9 55,8
Artea	2 000	11,3	30,0	227	600	373	0	0,0	3	0	99,3	80,0	1 987	1 600	-387	0	0,0	0,7	0 100,0
El.vent, rør	4 000	4,0	0,0	160	0	-160	0	0,0	2	0	79,0	75,0	3 160	3 000	-160	0	0,0	5,0	5 84,0
Lydgulv	2 000	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	100,0	100,0	2 000	2 000	0	0	0,0	0,0	0 100,0
Parketgruppen	500	20,0	0,0	100	0	-100	0	0,0	1	0	88,0	50,0	440	250	-190	0	0,0	10,0	1 98,0
Sigdal	1 500	20,0	0,0	300	0	-300	0	0,0	4	0	78,0	50,0	1 170	750	-420	0	0,0	10,0	4 88,0
Tiveta	6 100	3,0	6,6	180	400	220	0	0,0	2	0	94,8	85,2	5 780	5 200	-580	0	0,0	1,6	3 96,4
Total HUS B	21 050	6,4	12,4	1 347	2 600	1 253	0	0,0	18	0	80,6	79,8	16 957	16 800	-157	0	0,0	4,1	23 84,6
Underfase : HUS C																			
<None>	4 550	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	35,2	35,2	1 600	1 600	0	0	0,0	0,0	0 35,2
Artea	1 800	11,1	0,0	200	0	-200	0	0,0	3	0	44,4	33,3	800	600	-200	0	0,0	0,0	0 44,4
El.vent, rør	3 600	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	22,2	22,2	800	800	0	0	0,0	5,6	5 27,8
Lydgulv	1 800	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	44,4	44,4	800	800	0	0	0,0	0,0	0 44,4
Parketgruppen	450	22,2	0,0	100	0	-100	0	0,0	1	0	33,3	33,3	150	150	0	0	0,0	11,1	1 44,4
Sigdal	1 350	22,2	0,0	300	0	-300	0	0,0	4	0	22,2	0,0	300	0	-300	0	0,0	11,1	4 33,3
Tiveta	5 490	1,8	0,0	100	0	-100	0	0,0	1	0	39,0	47,4	2 140	2 603	463	0	0,0	1,8	3 40,8
Total HUS C	19 040	3,7	0,0	700	0	-700	0	0,0	9	0	34,6	34,4	6 590	6 553	-38	0	0,0	2,6	13 37,2
Underfase : HUS D																			
<None>	3 750	2,7	0,0	100	0	-100	0	0,0	1	0	45,3	42,7	1 700	1 600	-100	0	0,0	5,3	5 50,7
Artea	1 400	28,6	0,0	400	0	-400	0	0,0	5	0	42,9	42,9	600	600	0	0	0,0	9,5	4 52,4
El.vent, rør	2 800	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	28,6	28,6	800	800	0	0	0,0	0,0	0 28,6
Lydgulv	1 400	14,3	0,0	200	0	-200	0	0,0	3	0	57,1	57,1	800	800	0	0	0,0	0,0	0 57,1
Parketgruppen	350	14,3	0,0	50	0	-50	0	0,0	1	0	14,3	28,6	50	100	50	0	0,0	14,3	1 28,6
Sigdal	1 050	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	14,3	4 14,3
Tiveta	4 270	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	47,8	47,8	2 040	2 040	0	0	0,0	0,0	0 47,8
Total HUS D	15 020	5,0	0,0	750	0	-750	0	0,0	10	0	39,9	39,5	5 990	5 940	-50	0	0,0	3,6	14 43,4
Underfase : HUS E																			
Artea	1 600	19,2	6,3	307	100	-207	0	0,0	4	0	72,5	56,3	1 160	900	-260	0	0,0	12,5	5 85,0
El.vent, rør	3 200	1,3	12,5	40	400	360	0	0,0	1	0	75,0	62,5	2 400	2 000	-400	0	0,0	0,0	0 75,0
Lydgulv	1 600	25,0	0,0	400	0	-400	0	0,0	5	0	97,5	100,0	1 560	1 600	40	0	0,0	2,5	1 100,0
Parketgruppen	400	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	50,0	50,0	200	200	0	0	0,0	10,0	1 60,0
Sigdal	1 200	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	50,0	37,5	600	450	-150	0	0,0	0,0	0 50,0
Tiveta	4 880	4,9	8,2	240	400	160	0	0,0	3	0	91,8	79,5	4 480	3 880	-600	0	0,0	0,0	0 91,8
Total HUS E	17 030	6,1	11,6	1 047	1 980	933	0	0,0	14	0	70,8	68,8	12 060	11 710	-350	0	0,0	2,6	12 73,4
Underfase : HUS F																			
<None>	4 150	16,9	5,8	700	240	-460	0	0,0	9	0	69,9	50,1	2 900	2 080	-820	0	0,0	4,8	5 74,7
Artea	1 600	10,8	5,0	173	80	-93	0	0,0	2	0	60,8	55,0	973	880	-93	0	0,0	11,7	5 72,5
El.vent, rør	3 200	7,5	37,5	240	1 200	960	0	0,0	3	0	75,0	68,8	2 400	2 200	-200	0	0,0	0,0	0 75,0
Lydgulv	1 600	25,0	50,0	400	800	400	0	0,0	5	0	85,0	100,0	1 360	1 600	240	0	0,0	12,5	5 97,5
Parketgruppen	400	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	50,0	50,0	200	200	0	0	0,0	0,0	0 50,0
Sigdal	1 200	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	50,0	50,0	600	600	0	0	0,0	0,0	0 50,0
Tiveta	4 880	9,2	24,2	450	1 180	730	0	0,0	6	0	91,0	77,6	4 440	3 785	-655	0	0,0	0,8	1 91,8
Total HUS F	17 030	11,5	20,6	1 963	3 500	1 537	0	0,0	26	0	75,6	66,6	12 873	11 345	-1 528	0	0,0	3,7	17 79,3
Underfase : HUS G																			
<None>	3 750	0,0	3,2	0	120	120	0	0,0	0	0	0,0	3,2	0	120	120	0	0,0	0,0	0 0,0
Artea	1 400	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	0 0,0
El.vent, rør	2 800	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	0 0,0
Lydgulv	1 400	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	0 0,0
Parketgruppen	350	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	0 0,0
Sigdal	1 050	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	0 0,0
Tiveta	4 270	0,0	8,1	0	345	345	0	0,0	0	0	0,0	8,7	0	370	370	0	0,0	0,0	0 0,0
Total HUS G	15 020	0,0	3,1	0	465	465	0	0,0	0	0	0,0	3,3	0	490	490	0	0,0	0,0	0 0,0
Total Report	119 210	6,1	8,7	7 307	10 405	3 098	0	0,0	97	0	55,1	52,9	65 740	63 008	-2 733	0	0,0	2,8	89 58,0

Figur 4.3: Fremdriftssammenligning i Safran Planner

Fra tabellen ser man at den faktiske fremdriften er totalt 8,7%, mens planlagt fremdrift var 6,1%, altså var fremdriften bedre en planlagt for denne toukersperioden. Når man ser på den kumulative fremdriften, ser man at prosjektet ligger litt etter planen. Planlagt fremdrift viser 55,1% mot faktisk fremdrift på 52,9%.

Basert på dataene som er registrert er det mulig å fremstille en såkalt s-kurve, som visualiserer planlagtferdiggrad gjennom hele produksjonstiden. I grafen under kan man lese av planlagt ferdiggrad i prosent, og sammenligne denne med den faktiske ferdiggraden, uke for uke.

Den sorte s-formede kurven viser planlagt ferdiggrad, mens den gule kurven visualiserer faktisk ferdiggrad. I tillegg vises den periodiske bemanningen i produksjonen ved et stolpediagram. Her ser man at ferdiggraden per uke øker i takt med den økte bemanningen, og at kurven sakter av mot slutten av prosjektet, der også bemanningen er langt lavere.



Figur 4.4: Graf for periodisk bemanning og ferdiggrad

Fra disse dataene er det mulig å følge opp KPI for PPU:

$$\frac{\text{Planlagt utførte aktiviteter} - \text{Utførte aktiviteter}}{\text{Planlagt utførte aktiviteter}} \times 100 = \% \text{ avvik}$$

Fra tabellen og grafen over får man følgende PPU:

$$\frac{\text{Planlagt ferdiggrad} - \text{Faktisk ferdiggrad}}{\text{Planlagt ferdiggrad}} \times 100 = \frac{55,1\% - 52,9\%}{55,1\%} \times 100 = 4,0 \% \text{ avvik}$$

I dette tilfelle er det 4,0 % avvik fra den planlagte fremdriften, og man ligger litt bak planen. Om man får en negativ verdi i prosent avvik, betyr det at den faktiske fremdriften er bedre enn den planlagte og man avviker fremdriften i positiv retning.

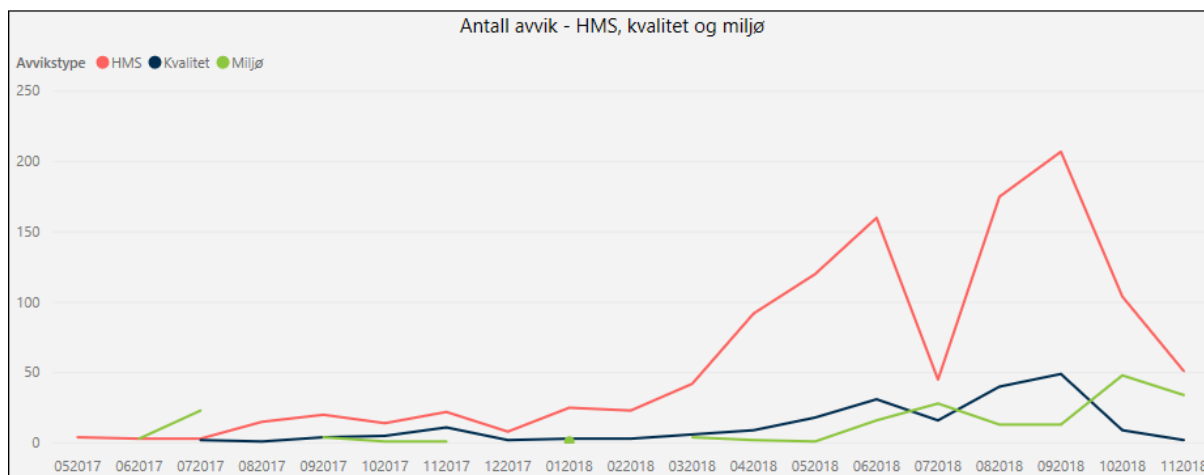
Feilprosjektering

Feilprosjektering fra rådgivende ingeniør dokumenteres i BIM-modellen. Om RI har kvitert ut en bygningsdel som ferdig prosjektert, se figur 4.1, og oppdager feilprosjektering av bygningsdelen etter at den er ferdig montert, oppstår det situasjoner der det kreves ytterligere tiltak. I slike tilfeller registreres dette i BIM-modellen som avvik, og RI utarbeider et forslag til utbedring. Her får man følgende KPI for feilprosjektering:

$$\frac{\text{Ant. feilprosjekterte bygningsdeler montert}}{\text{Tot. ant. leveranser i BIM fra RI}} \times 100 = \% \text{ avvik}$$

4.2.2 HMS og kvalitet

I HENT benyttes ett eget avvikssystem som er felles for alle prosjekter. I *avviksloggen* rapporteres alle avvik innen HMS, kvalitet og miljø. Videre benyttes plattformen til å behandle avvikene og avklare løsninger. I grafen nedenfor vises avvikstendensene gjennom prosjektet, og antall avvik per måned. Den røde grafen visualiserer HMS-avvik, den sorte kvalitetsavvik og den grønne viser antall miljøavvik.



Figur 4.5: Avvik innen HMS, kvalitet og miljø

Figuren viser at det er klart flest HMS-avvik, og færrest miljøavvik. Om man sammenligner avvikstrendene med andel bemanning fra figur 4.4, ser man at antall avvik stiger med økt bemanning. Det har totalt oppstått 1536 avvik så langt i prosjektet, av disse er 1133 HMS-avvik, 211 kvalitetsavvik og 192 miljøavvik.

Dataene i avviksloggen benyttes til å beregne KPI-ene for HMS og kvalitet. Fra systemet får man følgende KPI-er:

HMS:

$$\frac{\text{Antall HMS avvik} \times 1\,000\,000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik per } 1\,000\,000 \text{ arbeidede timer}$$

Kvalitet:

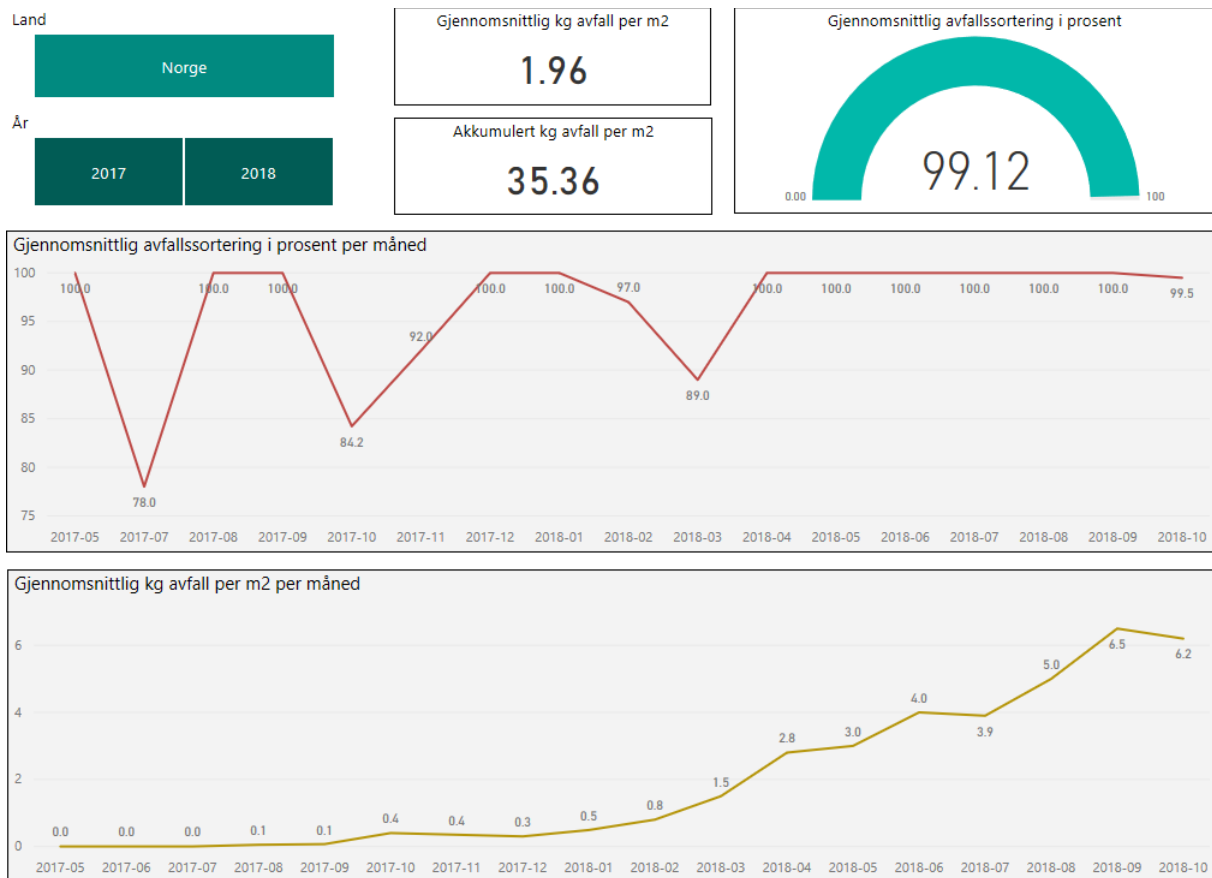
$$\frac{\text{Antall kvalitetsavvik} \times 1\,000\,000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik per } 1\,000\,000 \text{ arbeidede timer}$$

Miljø:

$$\frac{\text{Antall miljøavvik} \times 1\,000\,000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik per } 1\,000\,000 \text{ arbeidede timer}$$

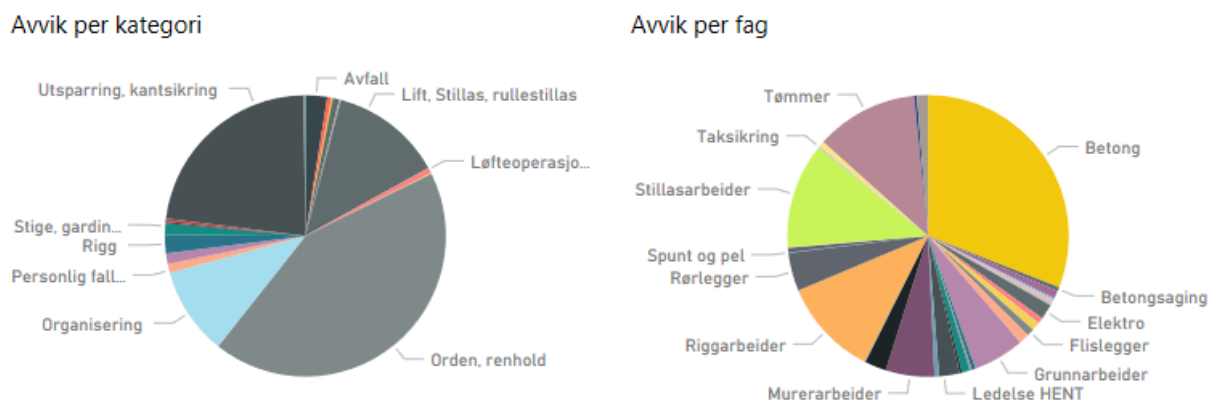
Miljøavvik – avvik i sorteringsgraden. Sorteringsgraden beregnes ved levering av avfall.

Gjennomsnittlig avfallssortering dokumenteres i avvikssystemet. Her er det også mulig å følge opp mengde avfall og tendenser underveis i prosjektet.



Figur 4.6: Avfallssortering i avviksløgen

Ved registrering av avvik dokumenteres hvem som er ansvarlig for å utbedre avviket, samt en tidsfrist for utbedringen. Ethvert avvik må også knyttes til en kategori før man lukker avviket, se figur 4.7. Kategoriene brukes for å beslutte tiltak og aktiviteter enten felles eller rettet mot spesielle firma, for å forebygge uønskede hendelser i fremtiden. Figuren under viser avviksfordelingen for de ulike kategoriene og fagene.



Figur 4.7: Fordeling avvik per kategori og fag

4.2.3 Økonomi

Til oppfølging av KPI-er for økonomi benyttes HENT sitt eget verktøy for økonomioppfølging i prosjekt, kalt ØKO. Det Excel-baserte ØKO-verktøyet gir oversikt over inntekter og utgifter underveis i prosjektet, samt en prognose på forventet resultat. Dekningsgrad beregnes månedlig gjennom ØKO-rapporteringen, og gir en god indikasjon på hvilket resultat man kan forvente seg.

Hittil		Prognose		Kommentarer
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Prosjektnavn: <input type="text"/></p> <p>Prosjektnr: <input type="text"/></p> <p>Prosjekttype: <input type="text"/></p> <p>Startmåned: <input type="text"/> Januar 2018</p> <p>Sluttmåned: <input type="text"/> Desember 2019</p> </div> <div> <p>Byggherre: <input type="text"/></p> <p>Entreprisetype: <input type="text"/></p> <p>Rapportmåned: <input type="text"/> Januar 2018</p> </div> <div> <p>Garantiansvar: <input type="text"/> 2,0%</p> </div> </div>				
Inntekt	Bokførte inntekter		Totalinntekt	
	+ Innstående		Kontrakt	0
	= Korrigert inntekt	0	+ Tillegg krav til BH (fra logg)	
			+ Tillegg krav til andre	
			+ LPS	0
			+ Forventede nye tillegg	
			= Sum totalinntekt	0
Kostnad	Bokførte kostnader		Totalkostnad	
	- Feilregistrerte fakturaer (eget ark)	0	Korrigert kostnad	0
	- Forskudd leverandører		+ Gjenstående kostnader kontrakt	0
	- Varelager		+ Gjenst. kost. tillegg BH	
	+ Arbeid utført, faktura ikke mottatt		+ Gjenst. kost. tillegg UE	
	+ Garantiaavsetning	0	+ Utgifter på forventede nye tillegg	
	= Korrigert kostnad	0	+ Sikkerhet	
			+ Avsetning garantiansvar	0
			= Sum totalkostnader	0
Resultat	Korrigert resultat hittil	0	Totalresultat	
			Korrigert totalresultat	0
			Forventet dekningsgrad ved slutt	0,00 %
	Prosjektlikviditet (kr)	DG		
	0	0,00 %		
	Prosjektlikviditet (%)	FG		
	0,00 %	0,00 %		
	Dato		Signatur prosjektleder	

Figur 4.8: ØKO - HENT sitt verktøy for økonomioppfølging

For dekningsgrad får man følgende KPI:

$$\frac{\text{Planlagt dekningsgrad} - \text{Faktisk dekningsgrad}}{\text{Planlagt dekningsgrad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$$

Materialbruk

Mengdeberegninger for bestillinger gjøres gjennom BIM-modellen. Ved å koble modell med pris har man god oversikt over forventet kostnad. Man kan raskt oppdatere, overvåke og analysere hvilke utslag endringer i bygningsdelene kan gi mot budsjett. Når leveransen ankommer byggeplassen, kontrolleres mengdene mot bestillingen fra modellen.

For kontrollering av bygget mot BIM-modellen benyttes faktureringene fra underentreprenørene. Slik kan man sammenligne forventet kostnad fra modellen, mot faktisk kostnad fra fakturaene. På denne måten kan man også kontrollere mengde overskuddsmaterialer for de ulike bygningsdelene. I tabellen under ser man en oversikt over forventet og faktisk kostnad av armering i prosjektet. Her er avviket kun 1,4% av forventet kostnad, dette utgjør 97 903,64 kroner.

Tabell 4.3: Mengder og kostnader for armering

	Forventet	Faktisk	Avvik
Mengde	881 097,3 kg	893 350,5 kg	12 253,3 kg
Økonomi	7 039 967,04 kr	7 137 870,68 kr	97 903,64 kr
Prosent avvik			1,4 %

For oppfølging av materialbruk benyttes følgende KPI:

$$\frac{\text{Faktisk kostnad} - \text{Forventet kostnad}}{\text{Total materialkostnad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$$

4.2.4 KPI versjon 3

I tabellen nedenfor er de utarbeidede KPI-ene fra casestudie listet opp. Noen av KPI-ene er endret fra versjon 2, med tanke på tilpasning av systemet i forhold til plattformene som benyttes for dokumentering.

Tabell 4.4: KPI versjon 3

KPI	KPQ	Formel
Leveranse-pålitelighet	Hvor mange leveranser skjer utenfor planlagt tidsrom?	$\frac{\text{Ant. leveranseavvik}}{\text{Tot. ant. leveranser i leveranseplanen}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Lagrings	Hvor mye unødvendig lagring er det på byggeplassen?	$\frac{\text{Ant. avvik i lagringstid}}{\text{Tot. ant. materialbestillinger}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
PPU	Hvor stor andel av arbeidet er utført innen planlagt tidsrom?	$\frac{\text{Planlagt utførte aktiv.} - \text{Utførte aktiv.}}{\text{Planlagt utførte aktiviteter}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Feil-prosjektering	Hvor mange prosjekteringsavvik oppdages etter bygningsdelen er ferdig montert?	$\frac{\text{Ant. feilprosjekterte bygn. deler mont.}}{\text{Tot. ant. leveranser i BIM fra RI}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
HMS	Hvor mange HMS-avvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Ant. HMS avvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik pr. 1 000 000 arb. timer}$
Kvalitet	Hvor mange kvalitetsavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Ant. kval. avvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik pr. 1 000 000 arb. timer}$
Miljø	Hvor mange miljøavvik er det i prosjektet?	$\frac{\text{Ant. miljøavvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik pr. 1 000 000 arb. timer}$
Dekningsgrad	Hvor mye avviker faktisk dekningsgrad fra planlagt?	$\frac{\text{Planlagt d. grad} - \text{Faktisk d. grad}}{\text{Planlagt dekningsgrad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Materialbruk	Hvor mye avviker materialkostnadene fra prosjektert materialbruk?	$\frac{\text{Faktisk kost.} - \text{Forventet kost.}}{\text{Tot. materialkostnad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$

KPI-ene for helse, miljø og sikkerhet ble endret og tilpasset avvikssystemet som allerede benyttes i alle HENT-prosjekter. Det ble også valgt å erstatte KPI for kostnadskontroll med en KPI for dekningsgrad, da denne gir mye av den samme indikasjonen for økonomien i prosjektet, men dokumenteringen er langt mer effektiv. Tilslutt ble det valgt å fjerne KPI-en for mengdeberegninger, da KPI for materialbruk gir samme oversikt og dokumentasjon. KPI-er som gir samme indikator bør slås sammen, da det er ressurs- og tidssløsende å følge opp like/unødvendige KPI-er.

4.3 Tekniske retningslinjer for KPI-systemet

I dette delkapittelet oppsummeres de utvalgte KPI-ene i versjon 3, basert på forskningen som er gjennomført. KPI-ene presenteres med tekniske retningslinjer for anvendelse av systemet.

Tabell 4.5: Leveransepålitelighet

KPI	Antall leveranser som skjer utenfor planlagt tidsrom
Indikator navn	Leveransepålitelighet
Datainnsamlings metode	Det opprettes en leveranseplan for bestillingen der forventet leveransetidspunkt fastsettes. Videre dokumenteres tidspunktet for leveransens ankomst på byggeplassen. Om leveransetidspunktet er utenfor planlagt tidsrom, noteres det leveranseavvik.
Mål	Målet er å sikre pålitelighet for leveransetidspunkt for materialbestillinger.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Antall leveranseavvik}}{\text{Tot. ant. leveranser i leveranseplanen}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved leveranseoppfølging i BIM og Excel.
Datainnsamlingsfrekvens	Data samles hver gang det forekommer en bestilling til byggeplassen. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige statusmøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp leveranseplaner fra BIM. Dette kan for eksempel være prosjektingeniøren.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden, så lenge det forekommer leveranser av materialer til byggeplassen. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.6: Lagring

KPI	Andel unødvendig lagring av materialer på byggeplassen
Indikator navn	Lagring
Datainnsamlings metode	Det opprettes en lagringstidsplan for alle leveranser fra leveranseplanen. Om en leveranse ikke følger lagringstidsplanen, føres det avvik per leveranse.
Mål	Målet er å unngå unødvendig lagring på byggeplassen, da det i stor grad påvirker logistikken på arbeidsplassen.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Antall avvik i lagringstid}}{\text{Tot. ant. materialbestillinger}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved leveranseoppfølging og lagringstidsplan i BIM og Excel.
Datainnsamlingsfrekvens	Data samles hver gang det forekommer en bestilling til byggeplassen, ved leveringstidspunkt og forventet monteringsstidspunkt. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen, så lenge det foregår lagring av materialer på byggeplassen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige statusmøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp leveranse- og lagringstidsplaner. Dette kan for eksempel være prosjektingeniøren eller ansvarlig for logistikken på byggeplassen.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden, så lenge det forekommer lagring av materialer på byggeplassen. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.7: Prosent Planlagt Utført

KPI	Andel av arbeidet som er utført innen planlagt tidsrom
Indikator navn	Prosent Planlagt Utført
Datainnsamlings metode	Det opprettes en fremdriftsplan ved oppstart av byggeprosjektet. Fremdriften planlegges per uke. Videre dokumenteres faktisk fremdrift underveis i produksjonen, og sammenlignes med den planlagte fremdriften.
Mål	Målet er å unngå forsinkelser i fremdriftsplanen, og eventuelt kunne opprette tiltak i et tidlig stadium ved forsinkelser.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Planlagt ferdiggrad} - \text{Faktisk ferdiggrad}}{\text{Planlagt ferdiggrad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved planlegging og fremdriftsdokumentering i Safran Planner (eller tilsvarende).
Datainnsamlingsfrekvens	Data for fremdrift dokumenteres hver uke. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige statusmøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp fremdriften. Dette kan for eksempel være prosjektleder eller arbeidsleder på byggeplassen.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.8: Feilprosjektering

KPI	Andel prosjekteringsavvik oppdaget etter at bygningsdelen er ferdig montert
Indikator navn	Feilprosjektering
Datainnsamlings metode	RI prosjekterer bygningsdeler i BIM og registrer status som ferdig prosjektert i modellen. Om det oppdages feil i prosjekteringen etter at bygningsdelen er ferdig montert, føres det avvik per bygningsdel.
Mål	Målet er å unngå at feilprosjekterte bygningsdeler monteres.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Ant. feilprosjekterte bygningsdeler mont.}}{\text{Tot.ant. leveranser i BIM fra RI}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved statusoppfølging i BIM.
Datainnsamlingsfrekvens	Data samles hver gang det forekommer en leveranse fra RI, med status ferdig prosjektert. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen, så lenge det foregår prosjektering av bygningsdeler i BIM.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige statusmøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp BIM-modellen med tanke på bestillinger og leveranser. Dette kan for eksempel være BIM-ansvarlig eller prosjektingeniøren i prosjektet.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden, så lenge det forekommer prosjektering av bygningsdeler i BIM. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.9: Helse, miljø og sikkerhet

KPI	Hyppigheten av HMS-avvik i utførende fase
Indikator navn	HMS-avvik
Datainnsamlings metode	Alle HMS-avvik avklares fortløpende dokumenteres i <i>avviksloggen</i> .
Mål	Målet er å avdekke og utbedre avvik innen HMS, samt dokumentere slik at man best mulig unngår liknende avvik i fremtiden.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Ant. HMS avvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik pr. 1000000 arb. t.}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved avviksoppfølging i <i>avviksloggen</i> .
Datainnsamlingsfrekvens	Data samles hver gang det forekommer avvik innen HMS. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige HMS og vernemøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til HMS-ansvarlig i prosjektet.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.10: Kvalitet

KPI	Hyppigheten av kvalitetsavvik i utførende fase
Indikator navn	Kvalitetsavvik
Datainnsamlings metode	Alle kvalitetsavvik avklares fortløpende dokumenteres i <i>avviksloggen</i> .
Mål	Målet er å avdekke og utbedre avvik innen kvalitet i utførelse, samt dokumentere slik at man best mulig unngår liknende avvik i fremtiden.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Ant.kval.avvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik pr. 1 000 000 arb. t.}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved avviksoppfølging i <i>avviksloggen</i> .
Datainnsamlingsfrekvens	Data samles hver gang det forekommer kvalitetsavvik. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige statusmøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp produksjonen. Dette kan for eksempel være arbeidsleder eller anleggsleder.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.11: Miljø

KPI	Hyppigheten av miljøavvik i utførende fase
Indikator navn	Miljøavvik
Datainnsamlings metode	Alle miljøavvik avklares fortløpende dokumenteres i <i>avviksloggen</i> .
Mål	Målet er å avdekke og utbedre avvik innen miljø i utførelse, samt dokumentere slik at man best mulig unngår liknende avvik i fremtiden.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Ant. miljøavvik} \times 1000000}{\text{Totalt antall arbeidstimer}} = \text{avvik pr. 1 000 000 arb. t.}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved avviksoppfølging i <i>avviksloggen</i> .
Datainnsamlingsfrekvens	Data samles hver gang det forekommer miljøavvik. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de ukentlige statusmøtene i produksjon, der alle involverte parter er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til HMS-ansvarlig i prosjektet.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.12: Dekningsgrad

KPI	Avvik i forventet dekningsgrad for prosjektet
Indikator navn	Dekningsgrad
Datainnsamlings metode	Økonomistyringen foregår i ØKO-verktøyet i utførende fase. Alle inn- og utbetalinger dokumenteres i verktøyet.
Mål	Målet er å forsikre at ressurser blir innhentet og brukt effektivt i gjennomføringen av prosjektet.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Planlagt d. g.} - \text{Faktisk d. g.}}{\text{Planlagt ferdiggrad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved økonomioppfølging i ØKO-verktøyet.
Datainnsamlingsfrekvens	Data for dekningsgrad dokumenteres hver måned. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de månedlige styringsgruppemøtene i produksjon, der alle i byggeledelsen er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp økonomien. Dette kan for eksempel være prosjektleder eller prosjektingeniør.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele prosjektperioden. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

Tabell 4.13: Materialbruk

KPI	Avvik i materialkostnader fra prosjektert materialbruk
Indikator navn	Materialbruk
Datainnsamlings metode	Mengde materialer beregnes i BIM-modellen, priser og faktisk kostnad dokumenteres i økonomioppfølgingen.
Mål	Målet er å forsikre at det som bygges samsvarer med det som er prosjektert.
Formler, skalaer og vurderingskriterier	$\frac{\text{Faktisk kost.} - \text{Forventet kost.}}{\text{Tot. materialkostnad}} \times 100 = \% \text{ avvik}$
Kilde til data	Data dokumenteres ved bruk av BIM og ØKO.
Datainnsamlingsfrekvens	Data for mengdebruk og kostnader dokumenteres hver uke. KPI-en krever kontinuerlig oppfølging gjennom hele produksjonsfasen.
Datarapporteringsfrekvens	Datarapporteringen skjer i takt med de månedlige styringsgruppemøtene i produksjon, der alle i byggeledelsen er tilstede.
Hvem måler og vurderer dataen	Byggeledelsen har ansvar for datainnsamling og dataoppdatering. Her settes hovedansvaret til personen som hovedsakelig følger opp BIM-modellen med tanke på bestillinger og leveranser. Dette kan for eksempel være BIM-ansvarlig eller prosjektingeniøren i prosjektet.
Utløpsdato for KPI	KPI-en gjelder gjennom hele produksjonsperioden. KPI-en skal følges opp i alle prosjekter.

5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres KPI-systemet mot delspørsmålene i oppgaven, samt relevante utfordringer knyttet til utarbeidelsen av systemet.

Ved utvikling av KPI-systemet har det vært viktig å vurdere, samt stille kritiske spørsmål til hvor relevant de utvalgte KPI-ene er til å besvare problemstillingen. Hvordan er tilpassingen og brukervennligheten av systemet, knyttet til produksjonsfasen av byggeprosjektet?

De utarbeidede KPI-ene er utviklet med hensyn på bedriftens filosofi, samt knyttet til de relevante målsetningene for gjennomføringen av produksjonsfasen. Dermed er det fokusert på å tilpasse KPI-ene etter bedriftens gjennomføringsstrategi, Trimmet Bygging, som er deres tilnærming til Last Planner System. Ved å kartlegge effektiviteten i produksjonen gjennom KPI-systemet, kan bedriften analysere og vurdere tiltak til forbedring. På denne måten svarer KPI-ene til ubesvarte spørsmål for bedriften og evnen til å utføre bestemte beslutninger i fremtiden bedres.

For å utvikle KPI-er som er relevante er det nødvendig å ha tilstrekkelig informasjon, som kan bidra til gode resultater. KPI-ene i systemet er knyttet til allerede kjente arbeidsmetodikker og datainnsamlingsmetoder, dette styrker relevansen for målingene. Ved å basere datainnsamlingen på avvik fra den planlagte utførelsen, forenkles utfordringene knyttet til å velge ut riktig data til rett tid. Å skape bevissthet rundt snarveier/juks er noe man bør tenke på. Man må vurdere om det blir lett for de involverte å manipulere dataene som samles inn. I hovedsak har KPI-ene mål som må ivaretas, men disse målene kan invitere til å «jukse» eller bli «veldig kreativ» i måten man samler inn data og formidler den. Man må derfor utprøve KPI-systemet over en periode for å kontrollere validiteten og relabiliteten til systemet. Å være kritisk rundt datainnsamlingen og implementeringen av data er derfor nøkkelord i denne sammenheng.

Videre er det viktig å vurdere om innsikten i dataene som samles til KPI-ene er verdt kostnadene og innsatsen som kreves. Når man samler inn data for de ulike KPI-ene som er utviklet, vil man være i bedre posisjon til å vurdere kostnader og innsatts knyttet opp mot de valgte KPI-ene. Videre må det også vurderes om det er forsvarlig eller ikke. Dersom KPI-en er dyr eller vanskelig å rettfærdiggjøre, er det kanskje lurt å endre eller utvikle en ny KPI. Man må også vurdere om problemet ligger i informasjonshåndteringen. Ved å definere personen(e) som er ansvarlig for datainnsamlingen som skal vurderes, øker påliteligheten med tanke oppfølging av KPI-en. Dette kan være prosjektleder, HMS-leder eller flere av personene i byggeledelsen. Å definere eierskapet på denne måten vil gjøre det lettere å komme i direkte kontakt med den som ivaretar, utvikler og følger KPI-en.

Målgruppe og tilgangsrettigheter må defineres for de enkelte KPI-ene. Hvem som i utgangspunktet skal se dataen og hvem som skal få tilgang til den. Det kan defineres både primære- og sekundære målgrupper. For eksempel kan de primære personene i produksjonen være byggeledelsen, mens sekundære personer kan være underentreprenører, byggherren eller andre involverte parter. Å kunne definere hvordan KPI-ene vil bli brukt er nødvendig for de involverte i bedriften. Det er derfor viktig å dele kunnskapen rundt hvordan KPI-informasjonen skal brukes som vurderingsgrunnlag for bedriften. Dette gir en betryggende følelse for de som bruker KPI-ene eller kommer over dem på jobb. Dermed er det viktig å dele med de involverte hvordan du planlegger å bruke informasjonen og bevisene den gir. Dette er spesielt viktig dersom det introduseres nye KPI-er. Noen ganger kan folk bli reddet for å rapportere korrekt fordi de frykter at negative resultater kan brukes mot dem. Her må man være åpen om at KPI-ene ikke vil bli brukt til å avgjøre resultatene til enkeltpersoner og vil for eksempel ikke være knyttet til bonusbetalinger.

6 Konklusjon

I dette kapitlet konkluderes det på bakgrunn av resultatene som er kommet frem i forskningen, samt analysene som er gjort på grunnlag av de ulike delspørsmålene. Avslutningsvis blir metodevalget diskutert, samt forslag til videre forskning.

Effektivitet i byggebransjen har vært et gjentakende tema i mange tiår. Gjennom den utførte forskningen i denne masteroppgaven gis det forslag til KPI-er som kan benyttes for å måle effektivitet i prosjektbasert produksjon.

Følgende KPI-er ble utarbeidet:

Leveransepålitelighet - Antall leveranser som skjer utenfor planlagt tidsrom

Lagring - Andel unødvendig lagring av materialer på byggeplassen

PPU - Andel av arbeidet som er utført innen planlagt tidsrom

Feilprosjektering - Andel prosjekteringsavvik oppdaget etter at bygningsdelen er ferdig montert

HMS - Hyppigheten av HMS-avvik i utførende fase

Kvalitet - Hyppigheten av kvalitetsavvik i utførende fase

Miljø - Hyppigheten av miljøavvik i utførende fase

Dekningsgrad - Avvik i forventet dekningsgrad for prosjektet

Materialbruk - Avvik i materialkostnader fra prosjektert materialbruk

For å tilpasse KPI-systemet til produksjonsfasen ble det gjennomført intervjuer og observasjoner. Ved å gjennomføre en casestudie ble KPI-ene verifisert til å svare problemstillingen. Det viser seg at de identifiserte KPI-ene gir generelt gode indikasjoner på effektiviteten i produksjonsfasen. KPI-systemet fungerer som et nyttig rammeverk for å måle og vurdere effektiviteten også i fremtidige prosjekter. Systemet gir byggeledelsen, arbeiderne og andre interessenter i produksjonsfasen nyttig informasjon for å gjennomføre et effektivt prosjekt.

Bruk av KPI-systemet krever grundig planlegging av fremdriften i utførende fase, dermed er det lønnsomt å implementere Last Planner System (LPS) som planleggingsmetodikk. KPI-ene vurderes i form av avvik fra den planlagte gjennomføringen.

Datainnsamlingen for KPI-systemet skjer i allerede benyttede plattformer for dokumentering og oppfølging av produksjonsfasen, og bygger på kjente avviksfaktorer i produksjonen. Dette fører til at systemet enkelt kan implementeres i arbeidsmetodikkene som allerede forekommer i prosjektene.

Bruk, evaluering og justering av KPI-systemet i flere prosjekter over lengre tid, er imidlertid nødvendig for å eventuelt videreutvikle KPI-ene. Dette vil bidra til å sikre KPI-enes validitet og reliabilitet.

6.1 Diskusjon av metodevalg

I denne oppgaven er det valgt å kombinere litteratur-, intervju- og ett casestudie. Det er foretatt en kvalitativ studie med en induktiv fremgangsmåte for å svare til oppgavens problemstilling

Det er viktig med selvkritikk med hensyn til valg av metode, og om resultatene hadde sett annerledes ut dersom forskningsmetoden i oppgaven var satt opp på en annen måte. Hadde resultatene blitt bedre om det hadde blitt benyttet flere intervjuobjekter eller flere caser? Alle metoder har sine styrker og svakheter, disse er drøftet tidligere i kapittel 3. I denne oppgaven har man vært konsekvent på å følge forskningsstrategien gjennom hele oppgaven. Det er dermed ikke gitt at risikoen for tilfredsstillende resultat minker sammenlignet med andre metoder.

For å gå i dybden på problemstillingen har forskerne valgt å se på ett prosjekt i én bedrift. Ved å benytte kun én enkel-casestudie, kan det tenkes at innhøstingen av data blir svak. Ved å generalisere resultatene til å gjelde hele næringen vil man komme til kort. Det tenkes at flere caser i flere bedrifter ville ha gitt resultater som kunne generaliseres for hele næringen, men da er man også avhengig av at casen er den samme og at påliteligheten mellom de involverte bedriftene er høy. I denne oppgaven har det, til gjengjeld, blitt innhentet dybde og god forståelse fra de innhøstede kvalitative dataene. Forskerne har kommet i dybden på intervjuobjektene, og dette har resultert i at dataen har blitt hentet på et lavt nivå i produksjonen, noe som hele tiden har vært hensikten. Å benytte HENTAS som den eneste bedrift er ingen svakhet, da bedriften er en av landets største og mest voksende entreprenørbedrifter, som også satser stort innen BIM og implementering av Lean Construction i sin bedriftsfilosofi. Bedriftens størrelse, erfaring og kompetanse er viktige faktorer for at resultatene i denne oppgaven ikke kan anses som svake.

Resultatene som er hentet fra intervjustudiet er kun fra den samme kilden, altså HENTAS. Siden informasjonen som samles er å regne som subjektiv, kan intervjuobjektene fremstille resultatene/dataen på en slik måte at bedriften fremstilles bedre enn den er. Det skal dermed sies at intervjuobjektene har vært kritiske, og fortalt hva som vil og hva som ikke vil funke når KPI samkjøres med Lean-metodikken i produksjonen. Dermed har intervjuobjektene gitt både negative og positive tilbakemeldinger på valgte KPI-er og dens tilknytting til «trimmet bygging». Intervjuobjektene oppfattes troverdige, reflekterte og kunnskapsfulle i temaet som drøftes. Som en sikkerhet har det blitt opplyst at oppgaven er «hemmelig stemplet», noe som kan gi intervjuobjektene lavere skuldre til å dele all type sensitiv informasjon om bedriften. Det kunne tenkes å intervju andre personer i andre bedrifter, men på grunn av tid og ressurser, måtte forfatterne se bort fra dette derav å prioritere dybdeforskningen på det utvalgte prosjektet.

For å videreutvikle KPI-systemet fra litteraturstudie ble det utført ett casestudie som inneholdt observasjoner og intervju. Siden det ikke fantes mye informasjon rundt bruk av KPI i produksjonsfasen, måtte forskerne bygge teorien videre på empiri studie. Dermed ble det konkludert med å benytte en induktiv fremgangsmåte for å besvare oppgavens problemstilling. Forfatterne mener at oppgavens metodevalg var riktig med tanke på å besvare problemstillingen. Det menes også at resultatene som fremkommer i denne oppgaven har tilfredsstillende overførbarhet, og kan benyttes i andre prosjekter samt andre bedrifter (noe tilpasning), der LPS og VDC implementeres i produksjonen.

KPI-ene som er utviklet kan dermed sies å benyttes i hele bransjen, med modifikasjoner tilpasset den enkelte bedrift. Det kan diskuteres om KPI-systemet inneholder for mange KPI-er, eller om noen av KPI-ene kan flettes inn i andre? Kunne det tenke seg at KPI-ene som ble valgt kunne implementeres i en spørreundersøkelse der flere i bransjen kunne vært med å forme dem?

6.2 Videre forskning

- For å vurdere og videreutvikle KPI-systemet, kan det med hensikt gjøres en studie der systemet følges opp og testes i flere prosjekter, gjennom hele produksjonsfasen.
- Et lignende studium som utført i denne oppgaven, kan gjennomføres ved flere bedrifter eller prosjekter, og med det gi andre resultater.
- For vurdering av endringer i gjennomføringsstrategien til bedriften, kan KPI-systemet benyttes i fasen før og etter endringen, slik kan det forskes på hvilken funksjon endringen har på effektiviteten i utførende fase.

7 Referanseliste

- Ahmed, S., P. Dlask, og B. Hasan. «DEVIATION IN THE COST OF PROJECTS.» *Construction Macconomics Conference 2014*. Praha, Tsjekkia, 2014. 1-9.
- Arbeidstilsynet. *HMS i bygg og anlegg*. 2018. <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/hms-i-bygg-og-anlegg/> (funnet oktober 5, 2018).
- Arnesen, Rudi. *KPI - hva og hvordan?* 2015. <http://s-o-s.no/wp-content/uploads/2015/03/KPI.pdf> (funnet Oktober 25, 2018).
- Aveyard, Helen. *Doing a Literature Review in Health and Social Care: A Practical Guide*. 3. Maidenhead: Open University Press, 2014.
- Aziz, Remon Fayek, og Sherif Mohamed Hafez. «Applying lean thinking in construction and performance improvement.» *Alexandria Engineering Journal*, 11 April 2013: 679–695.
- Ballard, Glenn. *The Last Planner System of Production Control*. Birmingham: School of Civil Engineering, The University of Birmingham., 2000.
- Ballard, Glenn, Jamie Hammond, og Romano Nickerson. «Production control principles.» *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Taipei, Taiwan: IGLC, 2009. 489-500.
- Bamana, Flora, Nadia Lehoux, og Caroline Cloutier. «Just in Time in Construction: Description and Implementation Insights.» *LC3 2017 Volume II - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group of Lean Construction (IGLC)*. Heraklion, Hellas: Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), 2017. 763-770.
- Byggeindustrien. *HENT i gang med Lilleaker Vest*. 23 Juni 2017. <http://www.bygg.no/article/1318618>.
- Castillo, T., L.F. Alarcón, J. Salvatierra, og D. Alarcón. «Analyzing the Interrelation Between Management Practices, Organizational Characteristics and Performance Indicators for Construction Companies.» *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Perth, Australia: IGLC, 2015. 691-700.
- Chan, Albert P.C., og Ada P.L. Chan. «Key performance indicators for measuring construction success.» *An International Journal Vol. 11 No. 2*, 2004: 203-221.
- Costa, Dayana B., Carlos T. Formoso, Michail Kagioglou, Luis F. Alarcón, og Carlos H. Caldas. «Benchmarking Initiatives in the Construction Industry: Lessons Learned and Improvement Opportunities.» *Journal of Management in Engineering*, Oktober 2006: 158-167.
- Cunha Pinheiro, João Pedro. *Key Performance Indicators applied to Construction*. Forsknin, Lisboa: Instituto superior tecnico- Universidade Tecnica de Lisboa, 2011.
- Dalland, Olav. *Metode og oppgaveskriving*. 6. Oslo: Gyldendal Akademisk, 2017.
- Dawood, Nashwan, og Sushant Sikka. «Development of 4D based performance indicators in construction industry.» *Engineering, Construction and Architectural Management Vol. 16 No. 5*, 2009: 438-458.
- Dawood, Nashwan, Sushant Sikka, Ramesh Marasini, og John Dean. «Development of key performance indicators to establish the benefits of 4D planning.» *Procs 22nd Annual ARCOM Conference, Association of Researchers in Construction Management*, 4-6 September 2006: 709-718.

- Emmanuel, Daniel I., Christine Pasquire, og Graham Dickens. « Exploring the implementation of the Last Planner® System through IGLC community: twenty one years of experience.» *23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. Perth, Australia: IGLC, 2015. 153-162.
- Erichsen, Tore Henrik. «Unngå byggskafer ved bruk av kunnskap om konstruksjonssvikt.» *SINTEF Byggeforsk*. 2017. <https://www.byggeforsk.no/file/index/140>.
- España, F., C.C. Tsao, og M. Hauser. «Driving Continuous Improvement by Developing and Leveraging Lean Key Performance Indicators.» *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, USA: IGLC, 2012. 10.
- Etges, Bernardo M.B.S., Tacisio A. Saurin, og Iamara R. Bulhões. «Identifying Lean Construction Categories of Practices in the IGLC Proceedings.» *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. San Diego, USA: IGLC, 2012.
- Goknur, Arzu, Akyuz, og Erman, Erkan Turan. «Supply chain performance measurement: a literature review.» *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 17, 1 September 2010: 5137-5155.
- HENT AS. *Om oss*. 2018. <https://www.hent.no/om-oss/> (funnet September 4, 2018).
- . *Prosjektgjennomføring*. 2018. <https://hent365.sharepoint.com/sites/henthuset/prosjektinfo/SitePages/Hjemmeside.aspx#/level/2>.
- IGLC. *The International Group for Lean Construction*. 2018. <http://www.iglc.net/Home/About> (funnet Oktober 2, 2018).
- Jacobsen, Dag Ingvar. *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* 3. Oslo: Cappelen Damm Akademisk, 2015.
- Kalsaas, Bo Terje. *Lean Construction - Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforlaget, 2017.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. *SAK10 § 1-2 bokstav j*. 9 April 2010. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488>.
- Koskela, Lauri. *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Esbo, Finland: Technical Research Centre of Finland (VTT), 2000.
- Kumar, Rajesh, og Uday Kumar. «A conceptual framework for the development of a service delivery strategy for industrial systems and products.» *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 19 Issue-5, 2004: 310-319.
- Kvalheim, Kenneth. *Hvor dyrt er det å ha lager på byggeplass?* 14 Juli 2017. <https://blogg.wuerth.no/hvor-dyrt-er-det-a-ha-lager-pa-byggeplass> (funnet November 3, 2018).
- Leong, Tiong Kung, Norhayati Zakuan, Muhamad Zameri Mat Saman, Mohd. Shoki Md. Ariff, og Choy Soon Tan. «Using Project Performance to Measure Effectiveness of Quality Management System Maintenance and Practices in Construction Industry.» *Hindawi - The Scientific World Journal*, 19 Februar 2014: 1-9.
- Lilleaker Vest. *Lilleaker Vest*. 2017. <https://lilleakervest.no/> (funnet September 19, 2018).
- Linge, Geir Nordal. *Relasjon.Skanska*. 2018. <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-vdc/>.
- Lohman, Clemens, Leonard Fortuin, og Marc Wouters. «Designing a performance measurement system: A case study.» *European Journal of Operational Research* 156, 2004: 267-286.

- Mane, Pravin P., og Jalindar R. Patil. «Quality Management System at Construction Project: A Questionnaire Survey.» *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Mars 2015: 126-130.
- Marr, Bernard. *Key Performance Indicators for dummies*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2015.
- Neely, Andy, et al. «Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach.» *International Journal of Operations & Production Management Vol. 20 No. 10*, 2000: 1119-1145.
- Parmenter, David. *Key Performance Indicators- Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. New Jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2015.
- Pihl, Roger. *Just-in-time*. 2018 Februar 2018. <https://snl.no/Just-in-time> (funnet September 10, 2018).
- Sander, Kjetil. *Casestudie*. 2017. (funnet 2018).
- . *Hva er en metode*. 2017. <https://estudie.no/hva-er-en-metode/#> (funnet 11 25, 2018).
- . *Induktiv- og deduktiv studie*. 2017. <https://estudie.no/induktiv-deduktiv/> (funnet 11 25, 2018).
- . *Metodetriangulering*. 2017. (funnet 2018).
- Stratton, Roy, Lauri Koskela, og Anssi Koskenvesa. «Last Planner and Critical Chain in Construction Management.» *18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Haifa, Israel: 14.-16. juli 2010, 2010.
- Sundararajan, S., og T.Ch Madhavi. «Last Planner Implementation in Building Projects.» *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chennai, India: González, V.A. (ed.), 2018. 840-847.
- Takim, Roshana, og Akintola Akintoye. «Performance indicators for successful construction project performance.» *Association of Researchers in Construction Management, Vol. 2*. Greenwood: 18th Annual ARCOM Conference, 2002. 545-55.
- Todsén, Steinar. *Produktivetsfall i bygg og anlegg*. 19 Januar 2018. <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivetsfall-i-bygg-og-anlegg> (funnet September 3, 2018).
- van Berlo, L.A.H.M., og M.G. Natrop. «BIM on the construction site: Providing hidden information on task specific drawings.» *Journal of Information Technology in Construction*, 2015: 97-106.
- Womack, James P., og Daniel T. Jones. *Lean Thinking*. New York: Free Press, Simon & Schuster, 2003.
- Ying, Fei, og John Tookey. «Key Performance Indicator for Managing Construction Logistics Performance.» *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. Heraklion, Hellas: Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I. (eds.), 2017. 869-876.
- Østenstad, Gry Tengmark. *produktivet*. 22 Mai 2017. <https://snl.no/produktivet> (funnet Oktober 17, 2018).

8 Vedlegg

A. Intervjuguide

Intervjue guide:

Tid:

Dato:

Sted:

Avklaringer:

- Anonymitet
- Tilsende intervjuobjektet informasjon på forhånd
- Tilsende intervjuobjektet notater for godkjenning i etterkant
- Er det greit med lydopptak?

Formålet:

Formålet er å utvikle et KPI-system til å vurdere effektiviteten på byggeplassen ved prosjektbasert produksjon. Målet er at systemet skal hjelpe til å vurdere fremgangen på ukesbasis, basert på den planlagte fremdriften. Ved å benytte KPI-systemet ved flere prosjekter over lengre tid vil man bygge opp erfaringstall, som vil hjelpe ytterligere til å vurdere effektiviteten i det enkelte prosjektet. Videre vil man i fremtidige prosjekter kunne rette fokus på de rette elementene i prosjektet for å øke effektiviteten, samt unngå mulige «fallgruver».

Nøkkelord:

KPI - Key Performance Indicators - *kritiske suksessfaktorer/viktige nøkkeltall*

KPQ - Key Performance Questions - *kritiske suksess-spørsmål/viktige nøkkelspørsmål*

TEMAER SOM ØNSKES BELYST:

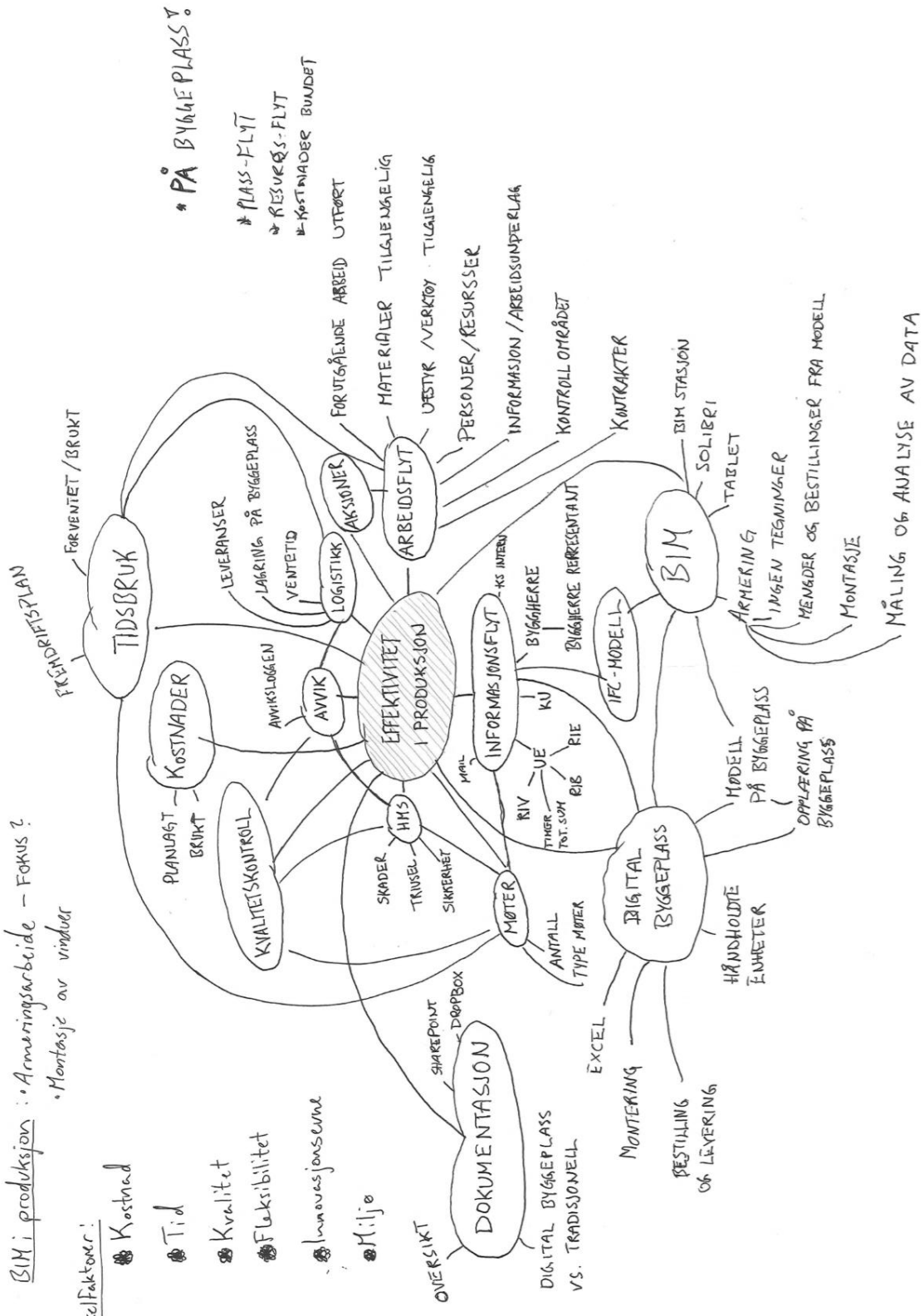
- Generelt om produksjonsprosessen – fremdrift- og avvikshåndtering
 - Hvordan utføres kvalitetsstyringen?
 - Hvordan avdekkes/dokumentere avvik?
- Hvordan brukes BIM i produksjonsfasen?
- Hva er avgjørende for å oppnå effektiv fly i produksjonsprosessen?
- KPI-er i en produksjonsprosess?
 - Hva bør måles?
 - Hvordan samles dataene?
 - Hvor ofte samles dataene?
 - Hva bør belyses gjennom nøkkelfaktorene?

B. Tankekart

* BIM i produksjon : • Armeringsarbeide - Fokus?
 • Montasje av vinduer

NøkkelFaktorer:

- Kostnad
- Tid
- Kvalitet
- Fleksibilitet
- Innovasjonsene
- Miljø



* PÅ BYGGEPLASS

- PLASS-FLYT
- RESURSER-FLYT
- KOSTNADER BUNDET



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway