



# BACHELOROPPGAVE

Implementering av Lean i taktplanlegging

Implementation of Lean in takt-time  
planning

**Anders Engevik**

**Henrik Nes Knutsen**

**Robin René Lindberg**

Bygg

FIN/Institutt for bygg/Prosjekt og byggeledelse

Veileder: Ane Margrethe Lyng

Innleveringsdato: 03.06.2020

Vi bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

Antall ord: 14876

## Forord

Denne oppgaven er vår avsluttende oppgave på byggingeniørstudiet ved Høgskulen på Vestlandet (HVL) våren 2020. Oppgaven omhandler hvordan implementeringen av Lean kan forbedres i taktplanlegging med to prosjekter hos HENT AS som casestudier. Å jobbe med Lean som tema har vært en god mulighet for oss til å fordype oss i noe som er veldig aktuelt i byggebransjen. Vi vil takke HENT AS for samarbeidet og for muligheten til å basere vår oppgave på to av prosjektene deres.

Vi vil spesielt takke Håkon Handegaard Hansen og Erik Morken som er prosjektledere i prosjektene vi har undersøkt. De var med i prosessen fra starten av og hjalp oss med å finne et dagsaktuelt tema og har også bistått med verdifull informasjon og statistikk i forbindelse med casene. Videre vil vi takke Tomas Jonsson, konserndirektør innen energi og bærekraft, som har bistått med ytterligere informasjon om Lean i HENT AS.

Vi vil også takke Even Segbø for innsikt i barne- og ungdomssjukehuset (BUS2) på Haukeland Universitetssjukehus og for at han tok seg tid til å dele sine erfaringer fra mange år i byggebransjen. Til slutt vil vi takke vår veileder fra HVL, Ane Margrethe Lyng, for hennes hjelp og veiledning gjennom oppgavens løp.

Bergen, juni 2020

*Anders Engevik*

Anders Engevik

*Henrik Nes Knutsen*

Henrik Nes Knutsen

*Robin René Lindberg*

Robin René Lindberg

## Sammendrag

Denne bacheloroppgaven er skrevet som en avslutning på våre bachelorstudier ved HVL. Oppgaven har som hensikt å se på hvordan implementering av Lean kan forbedres i taktplanleggingen av et byggeprosjekt. Dette har vi gjort ved å utføre en kombinasjon av litteraturstudie og to casestudier. Casestudiene er utført på prosjektene HENT AS har gående på Norges Handelshøyskole og Borgafjell Barneskule.

I oppgaven har vi begrenset oss til implementering av Lean i taktplanlegging, da implementering av Lean på generell basis hadde blitt for vidt. For at Lean skal fungere godt i taktplanlegging, kreves det likevel at Lean til en viss grad er implementert i hele organisasjonen. Vi har derfor også tatt med noen essensielle tema fra dette.

I teoridelen presenterer vi Lean på en generell basis og går deretter videre inn på hvordan Lean kan implementeres i en organisasjon og hvordan det allerede er implementert i HENT AS. Lean handler om å effektivisere arbeid ved å fokusere på verdiskapende arbeid og fjerne sløsing. Bygg- og anleggsbransjens tolkning av Lean kalles Lean Construction og har fokus på strukturering og standardisering av både prosjektering og utførelse. For implementeringen av Lean er det ulike prinsipper, metoder og verktøy som er sentrale. Blant disse er prinsippene Jidoka og Just-In-Time samt metoder og verktøy som Last Planner System, 5S og Virtual Design and Construction. Samtlige av disse blir benyttet av HENT AS og forståelsen av disse har vært sentrale for tolkningen av dataene fra HENT sine databaser.

For å samle informasjon i resultatdelen har vi utført casestudier på to ulike byggeprosjekt i forskjellige faser i byggeprosessen. Der presenterer vi data og statistikk som vi har fått fra prosjektledere og andre sentrale personer i HENT AS. Dette innebærer fremdriftsplaner for utførelsesfasen i de to casene samt S-kurver og avvik hentet fra HENT AS sine interne systemer. Denne informasjonen har i kombinasjon med teorien dannet et godt grunnlag for diskusjonen.

Selv om Lean er godt implementert i en organisasjon vil ikke prosjektene dermed automatisk få en god arbeidsflyt. Et godt samarbeid mellom aktørene involvert og en felles forståelse for prosjektgjennomføringen spiller inn som viktige faktorer for en effektiv gjennomføring. Vi har fra de to casene sett at det er ulike faktorer som skaper variasjoner, men fellestrekket er manglende engasjement. På Borgafjell Barneskule fører manglende timeføring til dårligere oversikt som igjen fører til forsinkelser på prosjektet, mens det på NHH er manglende fokus fra prosjektledelsen som skaper forsinkelser. Konklusjonen blir dermed at en bedre flyt og forbedring av implementering av Lean i taktplanleggingen kan oppnås ved et økt fokus og større engasjement fra alle parter som er involvert i et prosjekt.

## Abstract

This bachelor thesis is written as the finalization of our bachelor's degree in civil engineering at HVL. The purpose of this thesis is to take a look at how implementation of Lean in takt-time planning during construction can be improved. To this end, we have performed a combination of literature study and case-study. The case-studies were done at HENT AS's projects at Norwegian School of Economics and Borgafjell Primary School.

In this thesis we have limited ourselves to the implementation of Lean in takt-time planning as the implementation of Lean on a general level would have been too big of a task. In order to have Lean function properly in takt-time planning, Lean as a concept needs to be implemented to a certain degree throughout the organization. Thus, we have also included some topics we have deemed essential from this.

In the theory chapter we present Lean briefly on a general level before moving on to how Lean can be implemented in an organization and how it has already been implemented in HENT AS. Lean is about increasing work-efficiency by focusing on value-generating work and removing waste. The building-industry's interpretation of Lean is called Lean Construction and focuses on structuring and standardizing both designing and execution. Central to the implementation lies different principals, methods and tools. Amongst these are the principals Jidoka and Just-In-Time, as well as methods and tools such as Last Planner System, 5S and Virtual Design and Construction. All of these are used by HENT AS and have been important for understanding our results.

To collect information in the results chapter, we have performed case studies on two different projects in different phases. There we present data and statistics from the two case studies, which has been handed to us by project managers and other central people in HENT AS. These data include work schedules for the phase of execution in the two cases, as well as S-curves and deviations gathered from HENT AS's internal systems. This information has in combination with the theory formed a good basis for the discussion.

Even if Lean is well implemented in an organization, it does not mean projects automatically will have a good workflow. A good collaboration between the involved parties and a joint understanding of the project's execution are crucial factors for an effective execution. From the two cases we can see there are different factors in play causing variations, but the common trait is lacking engagement. At Borgafjell Primary School, lacking work-hour reporting leads to sub-par overview, which again leads to delays. On the other hand, at the Norwegian School of Economics, lacking focus from the project management causes delays. The conclusion is then that a better workflow and an improvement of Lean in Takt-Time Planning can be achieved by increasing focus and engagement of all parties involved.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	ii
Sammendrag .....	iii
Abstract .....	v
Innholdsfortegnelse .....	vii
Liste over figurer.....	x
Begrepsforklaringer .....	xi
1 – Innledning og bakgrunn .....	1
1.1 – Problemstilling .....	2
1.1.1 – Avgrensninger.....	3
1.2 - Oppgavens oppbygging.....	3
2 – Teori .....	4
2.1 - Hvordan definerer vi implementering?.....	4
2.2 - Hva er Lean? .....	4
2.3 - Implementering av Lean .....	5
2.3.1 - Mål og verdier.....	6
2.3.2 – Prinsipper .....	6
2.4 - Lean-metoder .....	7
2.4.1 - Last Planner System .....	7
2.4.2 - De 5 S-ene .....	9
2.5 - Relevante verktøy for BA-bransjen.....	10
2.5.1 - Building Information Modelling .....	10
2.5.2 - Integrated Concurrent Engineering.....	11
2.5.3 - Produkt-organisasjon-prosess.....	12
2.5.4 - Virtual Design and Construction .....	13
2.5.5 – Taktplanlegging .....	14

3 – Metode.....	17
3.1 – Metodevalg .....	17
3.2 – Søkestrategi .....	18
3.3 – Casestudier .....	19
3.4 – Kildekritikk .....	21
3.4.1 – Reliabilitet.....	21
3.4.2 – Validitet.....	22
3.4.3 – Feilkilder .....	22
4 – Resultat .....	23
4.1 - Lean i HENT AS .....	23
4.1.1 Implementering av Lean i HENT AS.....	23
4.2 - Norges Handelshøyskole .....	30
4.2.1 - Taktplan.....	31
4.2.2 - S-Kurve .....	33
4.2.3 – Avvik.....	35
4.2.4 – Befaring .....	36
4.3 - Borgafjell Barneskule.....	37
4.3.1 – Taktplan.....	39
4.3.2 - S-Kurve .....	40
4.3.3 – Avvik.....	41
5 – Diskusjon .....	42
5.1 - Utfordringer med implementering av Lean i taktplanlegging.....	42
5.2 - Metoder for implementering av Lean.....	44
5.2.1 - Last Planner System .....	45
5.2.2 - 5S.....	46
5.2.3 - Virtual Design and Construction .....	48



5.3 - Implementering av Lean i taktplanlegging .....	49
6 – Konklusjon .....	52
7 – Kildehenvisning .....	54
Personlige meddelelser .....	56

## Liste over figurer

Figur 1: Viser den negative utviklingen av produktivitet til BA-bransjen, sett i forhold til den økende produktiviteten i andre bransjer (hentet fra Todsén, 2018). .....	1
Figur 2: En effektivitetsmatrise (Modig & Åhlström, 2012, s. 101). .....	5
Figur 3: Viser en Lean-basert driftsstrategi (Modig & Åhlström, 2012, s. 136).....	6
Figur 4: De fem hovedprinsippene i LPS, samt hva de inneholder og hvordan de er delt inn.....	8
Figur 5: Forskjellen på sekvensiell arbeidsplanlegging versus parallell arbeidsplanlegging i tre forskjellige intensitetsgrader (hentet fra Cachere, Kunz & Levitt, 2009).....	12
Figur 6: Eksempel på en taktplan (hentet fra presentasjon av Segbø, 2020). .....	15
Figur 7: HENT AS sine verdier og prinsipper innen Lean (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).....	25
Figur 8: Eksempler på tog i taktplanlegging hos HENT AS (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).....	26
Figur 9: Faseinndelingen i et typisk prosjekt fra HENT AS (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).....	27
Figur 10: Oversikt over forberedende møter i HENT AS (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).....	29
Figur 11: Norges Handelshøyskole (hentet fra Statsbygg.no). .....	30
Figur 12: Viser omtrent hvor i livssyklusen til et bygg rehabilitering typisk vil skje (hentet fra Murud, 2019). .....	31
Figur 13: Oversikt over milepæler for prosjektet på NHH (hentet fra HENT Core, 2020). .....	32
Figur 14: Utklipp fra taktplanen fra takttavlene på NHH (bilde tatt på NHH, 2020). ...	33

Figur 15: S-kurve for fremgang for NHH (hentet fra HENT Core, 2019). .....	34
Figur 16: Oversikt over innmeldte avvik på prosjektet på NHH og lukkehastigheten på disse (hentet fra HENT Core, 2020). .....	35
Figur 17: En takttavle på NHH (bilde er tatt på NHH, 2020). .....	37
Figur 18: Borgafjell Barneskule (bilde er tatt på Borgafjell, 2020). .....	37
Figur 19: Taktplan for Borgafjell Barneskule (hentet fra HENT Core, 2020). .....	39
Figur 20: Ny revidert taktplan for Borgafjell Barneskule (hentet fra HENT Core, 2020). .....	40
Figur 21: Histogram for Borgafjell Barneskule (hentet fra HENT Core, 2020). .....	40
Figur 22: Oversikt over lukkehastighet for avvik på Borgafjell (hentet fra HENT Core, 2020). .....	41
Figur 23: Oversikt over registrerte og lukkede avvik på Borgafjell (hentet fra HENT Core, 2020). .....	41
Figur 24: Utklipp fra taktplanen for NHH (hentet fra HENT Core, 2019). .....	42
Figur 25: Utklipp fra taktplanen fra Borgafjell (hentet fra HENT Core, 2020). .....	43
Figur 26: Viser samme S-kurve fra NHH som vist tidligere (hentet fra HENT Core, 2020). .....	43
Figur 27: Viser samme S-kurve fra Borgafjell som vist tidligere (hentet fra HENT Core, 2020). .....	44

## Begrepsforklaringer

### Begrep

### Forkortelse

Bygg- og anleggsbransjen

BA-bransjen

Building Information Model

BIM

Borgafjell Barneskule

Borgafjell

Norges Handelshøyskole

NHH

Just-in-time

JIT

Last Planner System

LPS

Integrated Concurrent Engineering

ICE

Virtual Design and Construction

VDC

Prosent-planlagt-utført

PPU

Rent tørt bygg runde

RTB-runde

Lean Construction

LC

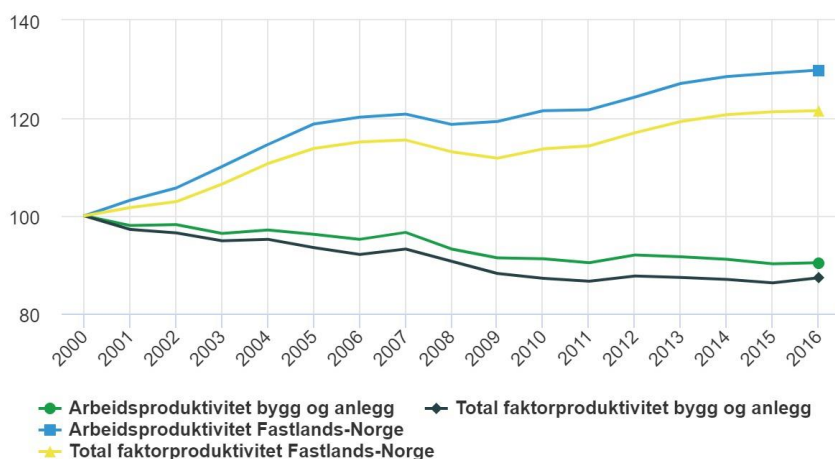
Kontrollområde

KOMR

## 1 - Innledning og bakgrunn

Bygg- og anleggsbransjen (BA-bransjen) er kanskje den bransjen som har flest utfordringer knyttet til effektivisering (Statistisk sentralbyrå, 2018). Hvor andre bransjer har opplevd positiv økning i arbeidsproduktivitet, har BA-bransjen derimot sett en nedgang i samme periode (Figur 1).

Figur 1. Produktivitet. Indeks 2000=100



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 1: Viser den negative utviklingen av produktivitet til BA-bransjen, sett i forhold til den økende produktiviteten i andre bransjer (hentet fra Todsens, 2018).

I en typisk produksjonsbedrift vil arbeid ofte bestå i å produsere mange eksemplarer av samme produkt, mens i BA-bransjen så bygger man et unikt produkt hver gang. Dette gir utfordringer når man skal effektivisere byggeplassen, da ingen prosjekter er like og det kreves unike løsninger hver gang.

For å finne en løsning på effektiviseringsproblemet gjorde mange bedrifter i BA-bransjen som andre bransjer og tok i bruk Lean på arbeidsplassene sine. Denne formen heter i dag Lean Construction (LC) og er BA-bransjens versjon av Lean spesialisert for dem. Ved hjelp av Lean tankegangen kan organisasjoner forbedre flyt og redusere variasjoner i sine prosjekter. Dette fører til at kostnadsrammen til prosjektene kan beregnes med lavere risiko og dermed også bli mer konkurransedyktige.

Flere entreprenører har derfor startet med å implementere LC og tar i bruk en rekke ulike verktøy for å få en Lean-basert gjennomføring på sine prosjekter. En entreprenør som har drevet med implementering av Lean i flere år, er HENT AS. På bakgrunn av flere av HENT AS sine prosjekter har det vist seg at implementeringen av Lean ikke alltid er like lett i alle faser. Grunnarbeidsfasen har vist seg å være spesielt utfordrende, da en i denne tidlige fasen ikke alltid kan vite om det vil dukke opp problemer, for eksempel relatert til vanskelige grunnforhold (Morken & Hansen, pers. med., 2019), (Segbø, pers. med., 2020). For å måle fremdriften i denne fasen samt andre faser kan man benytte seg av en taktplan og måle fremdrift i forhold til planlagt fremdrift.

### 1.1 - Problemstilling

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke hvorfor det er så vanskelig å effektivisere arbeidsprosessene i byggebransjen i alle faser av et byggeprosjekt, men særlig grunnarbeidsfasen. Et sentralt verktøy for å få en god flyt og et effektivt arbeid er taktplanlegging. Ved hjelp av taktplanlegging deles arbeidet som skal utføres inn i ulike takter. For å få best mulig effekt ut av taktplanleggingen er det viktig å minimere forsinkelser. Lean er et prinsipp og en tankegang som er blitt mye brukt i BA-bransjen de siste årene og har som hensikt å øke verdiskapende arbeid, samtidig som en minimerer sløsing. Vi ønsker derfor å se nærmere på hvordan implementeringen av Lean i en organisasjon kan forbedre taktplanleggingen i et prosjekt.

Vår problemstilling blir da som følger:

#### *Hvordan forbedre implementering av Lean i taktplanlegging*

Vi har valgt å løse dette ved å ta for oss prosjektene HENT AS har gående på NHH og på Borgafjell og bruke disse som caser i vårt casestudium. Det første prosjektet er et rehabiliteringsprosjekt på Norges Handelshøyskole (NHH), mens det andre prosjektet er på Borgafjell Barneskule og er i grunn- og råbyggfasen. Disse to prosjektene er i forskjellige faser, og vi ønsker å se på begge prosjektene for å undersøke hvordan Lean i taktplanlegging er implementert i hvert av dem og hva som kan gjøres for å forbedre gjennomføringen.

### 1.1.1 - Avgrensninger

For å avgrense oppgaven har vi valgt å fokusere på utførelsesfasen fremfor prosjekteringsfasen. Samtidig begrenser vi oss til bare Lean i taktplanlegging. Det vil si at denne oppgaven ikke dekker implementeringen av Lean på et generelt nivå.

### 1.2 - Oppgavens oppbygging

Oppgaven er delt inn i åtte kapitler. De to første kapitlene er innledning og teori. Vi beskriver her hva oppgavens mål er, avgrensninger og hvilken teori som ligger til grunn for vår oppgave samt beskriver ulike Lean-verktøy og metodikker. Videre beskriver kapittel tre hvilke metoder som er benyttet for å samle inn og finne de nødvendige dataene. I kapittel fire beskrives og tolkes resultatene fra de to casene hos HENT AS, i tillegg til hvordan HENT AS har tolket og tatt i bruk Lean. Deretter kommer kapittel fem og seks der vi diskuterer resultater opp mot teorigrunnet etterfulgt av en konklusjon. Til sist kommer kapittel syv der kildehenvisninger kommer frem.

## 2 - Teori

### 2.1 - Hvordan definerer vi implementering?

Implementering betyr å iverksette, utføre eller realisere (Persvold, 2018). I boken *Educational Change: Implementation and Continuation*, går forfatteren i dybden på implementering og beskriver det på følgende måte: “*Implementation consists of the process of putting into practice an idea, program, or set of activities and structures new to the people attempting or expecting to change*” (Fullan, 2007, s. 84). Ifølge Fullan er det altså tre krav som må oppfylles for at noe skal kunne bli implementert. Vi må ha en idé, program, aktivitet eller struktur, det må praktiseres, og det må være nytt for menneskene som forsøkes eller forventes å endres. Fullan påpeker også at implementering er en prosess, som Persvold definerer som en utvikling som kan foregå over en lengre periode eller gjennom flere stadier (Persvold, 2018).

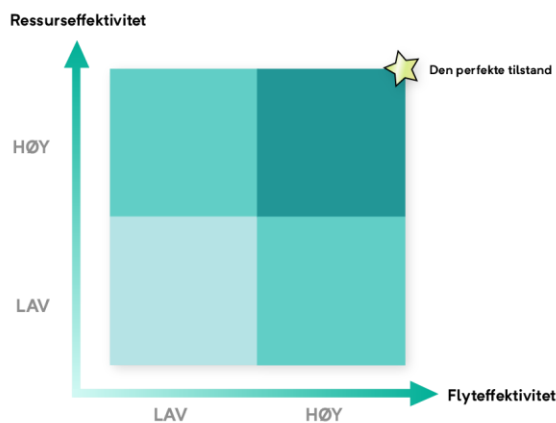
### 2.2 - Hva er Lean?

Begrepet Lean blir brukt i mange ulike sammenhenger. Noen behandler det som et konsept, en strategi eller et prinsipp, mens andre som noe mer håndgripelig og konkret som en metode eller måte å arbeide på. Vi ønsker å bryte ned og spisse Lean-begrepet slik Modig og Åhlström definerer det i boken «Dette er Lean», nemlig å se på hvordan en organisasjon kan effektivisere arbeid ved hjelp av å flytte fokuset fra ressurseffektivitet til flyteffektivitet (Modig & Åhlström, 2012, s. 115). Denne måten å tenke på går tilbake til Toyota sitt svært vellykkede produksjonssystem, ofte kalt TPS. (Toyota, ukjent).

Ressurseffektivitet er den vanligste formen for effektivitet og har som mål å utnytte det maksimale potensialet til en ressurs. En typisk metode for å oppnå høy ressurseffektivitet er å dele inn en organisasjon i ulike grupper hvor hver gruppe har sitt ansvarsområde. Hver ressurs kan på denne måten optimalisere sin arbeidsmetode og oppnå høy effektivitet (Modig & Åhlström, 2012, s. 9).

Med flyteffektivitet flytter vi fokuset vekk fra ressursene. Flyteffektivitet defineres som «summen av verdiskapende aktivitet i forhold til gjennomløpstiden» (Modig & Åhlström, 2012, s. 26). Med andre ord handler altså flyteffektivitet om å fjerne sløsing og øke verdiskapende arbeid ut fra en gitt gjennomløpstid. Gjennomløpstiden kan være tiden et produkt bruker fra produksjonsstart til ferdig produkt. I BA-bransjen vil gjennomløpstiden typisk være fra oppstart av et prosjekt til ferdig leveranse. Deretter må vi definere hva som er verdiskapende aktivitet for å oppnå dette målet, slik at vi kan fjerne ikke-verdiskapende arbeid hos hver enkelt ressurs. På denne måten vil vi redusere hvor effektivt hver ressurs blir utnyttet, men til gjengjeld få en kjappere prosess fra start til slutt på grunn av en bedre informasjonsflyt med redusert ventetid og forflytning mellom prosesser (Modig & Åhlström, 2012).

Det mest optimale for en organisasjon vil være å oppnå både høy ressurseffektivitet og høy flyteffektivitet. Disse metodene er på mange måter motstridende, og vi vil derfor fokusere på å oppnå høyest mulig flyteffektivitet. Deretter kan en forsøke å øke ressurseffektiviteten og dermed nærme seg det uoppnåelige målet “den perfekte tilstand” som ifølge *effektivitetsmatrisen* (figur 2) vil være det mest optimale tilstanden (Modig & Åhlström, 2012, s. 98).

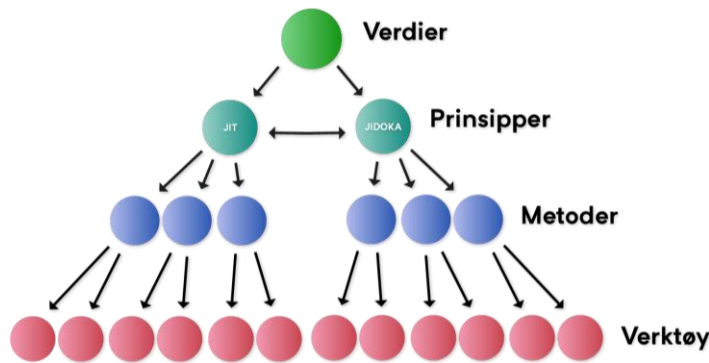


Figur 2: En effektivitetsmatrise (Modig & Åhlström, 2012, s. 101).

### 2.3 - Implementering av Lean

For å implementere og synliggjøre Lean ønsker vi å benytte oss av en Lean-basert driftsstrategi. Denne strategien viser hvordan vi går fram for å oppnå målet og inkluderer verdier, prinsipper, metoder og verktøy (se figur 3).





Figur 3: Viser en Lean-basert driftsstrategi (Modig & Åhlström, 2012, s. 136).

### 2.3.1 - Mål og Verdier

Det overordnede målet med Lean er å redusere sløsing og samtidig øke verdiskapende arbeid. Dette oppnår en ved å fokusere på flyteffektivitet framfor ressurseffektivitet. For at dette skal kunne bli utført på best mulig måte er det viktig at organisasjonen har verdier som kan være med å øke flyteffektiviteten. To av kjerneverdiene fra Toyota sin interne publikasjon *The Toyota Way (2001)* er kontinuerlig forbedring og lagarbeid (Modig & Åhlström, 2012, s.80 og s.140). At bedriften er åpen for endringer og klar for å ta i bruk nye metoder er spesielt viktig for bedrifter i BA-bransjen som nå opplever mye forandring og digitalisering av tidligere manuelle oppgaver (Bartolomei, 2019). Godt samarbeid og en god felles forståelse internt i en organisasjon er også en viktig faktor for at de skal lykkes med Lean. For at Lean i byggebransjen skal fungere optimalt hjelper det ikke bare at bedriften har en god forståelse internt, men det kreves også at samarbeidspartnere har tilsvarende verdier og samme forståelse (Handegaard, pers. med., 2020). Når disse verdiene er definert kan en se på prinsippene som er neste ledd i driftsstrategien.

### 2.3.2 - Prinsipper

Vi ønsker også å se nærmere på de to prinsippene “Just-in-time” (JIT) og “Jidoka” som kombinert gir et godt grunnlag for metodevalg. (Modig & Åhlström, 2012, s. 130). JIT har som premiss at ting skal være på riktig plass til riktig tid og i riktig mengde. Dette krever god planlegging, men vil med et godt fokus gi en god flyt og struktur i arbeidet. “Jidoka” er et litt mer abstrakt konsept, men som utfyller JIT på en god måte. “Jidoka” handler om at alle i organisasjonen skal ha oversikt og forstå “reglene”. Hvis alle har oversikt over hvem som er hvor og når, vil vi kunne redusere sløsing og lettere unngå forsinkelser.

Her er det viktig med gode verktøy for visualisering som er lett å forstå for alle. Når alle som skal inn i et prosjekt har kontroll på fremdriften, blir det mye lettere å redusere sløsing og venting og dermed også øke effektiviteten i prosjektet.

## 2.4 - Lean-metoder

Det finnes mange metoder for å implementere Lean i et prosjekt eller en organisasjon. Noen er bedre egnet enn andre avhengig av hva slags organisasjon eller hvilken type prosjekt det ønskes implementert i. Nedenfor beskriver vi de metodene vi mener er mest relevante og anvendelige i vår oppgave basert på formålet disse metodene brukes til.

### 2.4.1 - Last Planner System

Last Planner System (LPS) er et system utviklet av Glenn Ballard og Greg Howell som et verktøy for bygge- og anleggsbransjen (Ballard & Howell, 2003). LPS kom til Norge i 2002 og har siden blitt tatt i bruk av bedrifter over hele landet (Kalsaas, 2017).

LPS er et holistisk system der utgangspunktet er at systemet i sin helhet er mer enn summen av dets deler. Altså, hvis man ikke inkluderer alle deler i systemet vil ikke systemet fungere. Alle deler avhenger av hverandre. Derfor er det viktig at når man implementerer LPS i en bedrift, så tar man ikke bare utdrag fra LPS, men man tar med alt systemet består av.

LPS har som formål å øke arbeidsflyten på bygge- og anleggsprosjekter. Dette gjøres ved de fem hovedprinsippene som LPS består av (Kalsaas, 2017). Disse er videre delt inn i to grupper slik man kan se på figur 4, det som gjøres når det trengs og det som gjøres ukentlig.

1. Hovedplanlegging:

Desto nærmere man kommer dagen utførelsen av oppgaven, desto mer nøyaktig og detaljert planlegging bruker man.

2. Faseplanlegging:

Her blir arbeidsplaner laget. Dette gjør man gjerne rundt to til tre

måneder før hver fase. Faseplanlegging gjøres med utgangspunkt i kritiske milepæler med tverrfaglig bakoverplanlegging (Grindland, 2017).

### 3. Utkviksplanlegging:

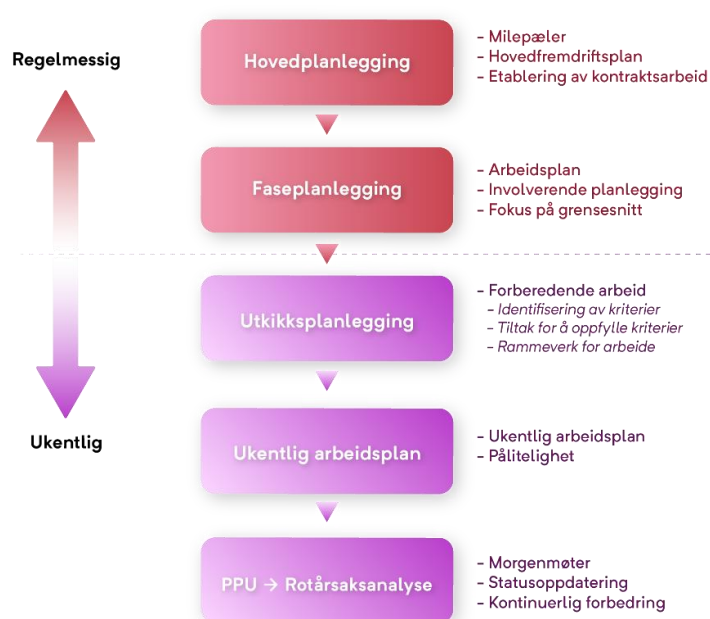
Her blir det forberedende arbeidet gjort. Man identifiserer hvilke kriterier som skal oppfylles i arbeidet som kommer, samtidig som man kommer med en plan for hvordan dette skal gjøres.

### 4. Ukentlig arbeidsplan:

Dette går ut på å oppfylle de løftene som ble satt under faseplanleggingen. Her lager man en ukeplan som beskriver hva som skal skje dag for dag, til hvilken tid, gjennom hele uken.

### 5. PPU → Rotårsaksanalyse:

PPU (Prosent, Planlagt, Utført) er en viktig del av, og et målesystem innen, LPS. Det er gjennom dette at man får tallfestet utført fremgang versus planlagt fremgang. I tillegg brukes dette som en måling av påliteligheten til en plan (Grindland, 2017). Videre skal en ut fra disse tallene ta lærdom og se på hva som har fungert/ikke fungert og hvordan man kan forbedre dette/videre legge til rette for det.



Figur 4: De fem hovedprinsippene i LPS, samt hva de inneholder og hvordan de er delt inn.

En metode som er mye brukt i LPS er bakoverplanlegging. Her tar man utgangspunkt i prosjektets sluttdato og så jobber man seg bakover derfra (Andreassen & Sønslie, 2018). Dette gjør det enklere å utdele tid mer hensiktsmessig til de forskjellige aktørene, slik at både store og små milepæler opprettholdes og leveransdatoen blir overholdt. Man kan bruke metoden til å grovregne seg til en fremdriftsplan på prosjektet og til en detaljplan for et arbeid kort tid før utførelse. Metoden er oftere brukt for detaljplanlegging og kommer da inn i LPS som en del av ukesplanleggingen.

#### 2.4.2 - De fem S-ene

Det å ha en effektiv og oversiktlig arbeidsplass er ønskelig for de fleste bedrifter, og de fem S-ene (5S) har blitt utviklet for å hjelpe med nettopp dette. 5S står for sortere, standardisere, systematisere, skinne og sikre (Andreassen & Sønslie, 2018).

*Sortere* innebærer å sortere gjennom alle ting på et område og fjerne alt som er unødvendig eller ikke skal være der.

*Standardisering* innebærer å sette en standard for hvordan ting skal gjøres, sorteres og rengjøres.

*Systematisere* innebærer å sette alle ting og verktøy som skal brukes på den optimale plassen for jobben som skal gjøres.

*Skinne* innebærer å rengjøre/vedlikeholde redskapene og arbeidsplassen.

*Sikring* innebærer å vedlikeholde og kontinuerlig utvikle og forbedre rutiner og standarder, slik at en sikrer at den nye standarden blir normen og at man ikke sklir tilbake til gamle vaner (Andreassen & Sønslie, 2018).

Ved å holde god orden på verktøyene som skal brukes under et arbeid, samtidig som man holder arbeidsplassen ryddig, bidrar man mye til økt effektivitet. Samtidig gjør man det enklere med overgangen mellom de forskjellige fagene på arbeidsplassen (Andreassen & Sønslie, 2018, s. 73).

En av de viktigste metodene for å skape flyt er *standardisering*. Ved å standardisere arbeidsoppgaver vil vi redusere variasjoner, samtidig som arbeidsoppgavene blir utført raskere ved gjentakende arbeid. I byggeprosjekter i grunnarbeidsfasen er standardisering spesielt vanskelig. Uforutsette hindringer som gjerne oppstår underveis kan medføre at standardiseringen i mange tilfeller ikke fungerer som den skal. Det er likevel mulig å standardisere til en viss grad, men vi må gjerne se på det fra en litt annen vinkel. Vi kan for eksempel se på standardisering av rutiner og kontroller som kan gjøre det lettere å unngå forsinkelser.

5S krever også veldig lite ressurser for å implementeres i en bedrift (Andreassen & Sønslie, 2018). Ved å standardisere, altså gjøre det til en vane og norm å holde byggeplassen ryddig, kan man oppnå den effekten som ønskes.

## 2.5 - Relevante verktøy for BA-bransjen

Til nå har vi gått gjennom en del om tenkemåter og ideer som er viktige for en effektiv arbeidsplass. Disse verktøyene hjelper oss å forstå hva som ligger til grunn for mye av det vi gjør for å effektivisere. Men verktøy for å oppnå effektivitet og å kutte kostnader er ikke bare ideer, tenkemåter og holdninger. Det er også viktig med fysiske verktøy for å hjelpe oss å strukturere, organisere og gjennomføre dette. Gode eksempler på dette er BIM-verktøy og BIM samhandlingsplattformer.

### 2.5.1 – Building Information Modelling

Building Information Modelling (BIM) er en digital plattform for å tegne og vise frem virtuelle modeller av bygninger og konstruksjoner. Disse modellene er som regel i 3D, men kan også være i 4D, 5D og 6D, avhengig av hvor mange parameter man velger å bruke. Dette fører med seg et krav om ytterligere kompetanse jo flere parameter som blir inkludert (Tjell, 2010).

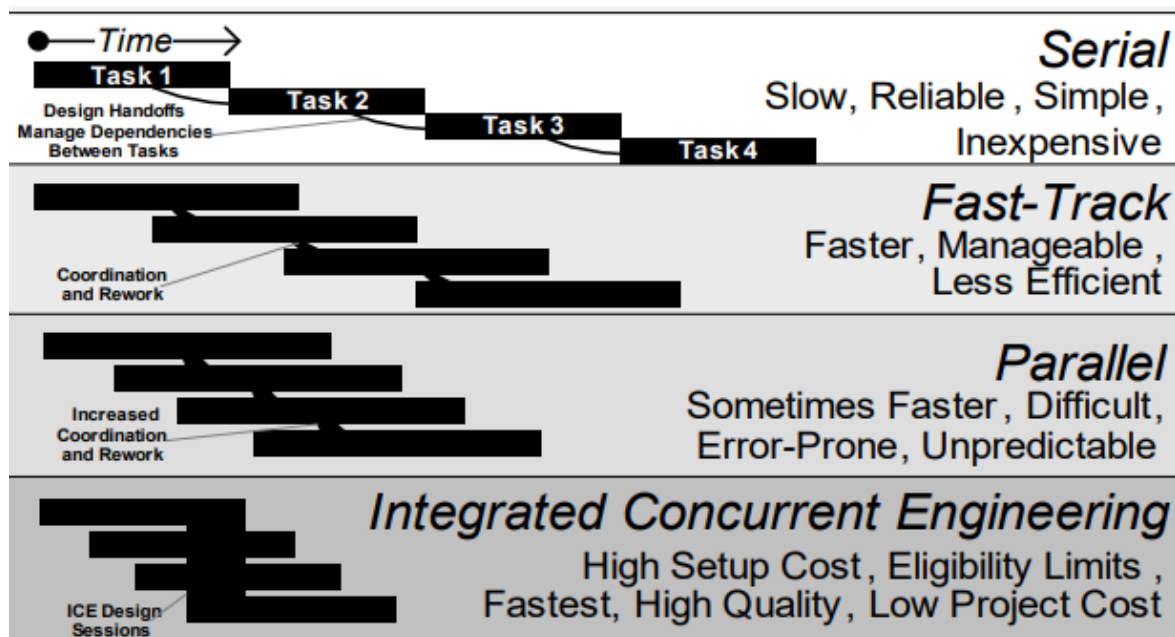
- 3D er den *virtuelle modellen* parametrisk fremstilt som  $(x, y, z)$ .
- 4D inkludere *tid* som en parameter  $(x, y, z, t)$ . Dette åpner for muligheten til å planlegge for og ta hensyn til de ulike arbeidene som skal utføres til forskjellige tider da disse blir inkludert i modellen (Tjell, 2010). Dette vil også gjøre det lettere for interessenter uten bakgrunn fra BA-bransjen å forstå prosjektets planer.

- 5D inkluderer i tillegg *kostnad* som en parameter (x, y, z, t, k). Når kostnad blir tatt med som en parameter får man oversikt på prosjektets totale kostnader basert på material, arbeid og transporteringskostnader (Tjell, 2010).
- 6D er omdiskutert om den eksisterer eller ikke, men inkluderer i tillegg parameter for byggets *livssyklus* kostnader, FDV-kostnader og bygningens påvirkning på miljøet (Tjell, 2010).

### 2.5.2 – Integrated Concurrent Engineering

I BA-bransjen har normen lenge vært en *sekvensiell prosjektering*. Én person gjør prosjekteringen for sitt fagområde, før så nestemann får mulighet til å prosjektere inn det neste fagområdet (Hermundsgård, ukjent). Dette gjør at man i praksis skyver på problemer som kunne vært håndtert i prosjekteringsfasen, til konstruksjonsfasen. For å unngå dette har en i stedet gått over til *parallel prosjektering* ved å bruke Integrated Concurrent Engineering (ICE) (Cachere, Kunz & Levitt, 2009). Som man kan se på figur 5, så kan den totale arbeidstiden bli betraktelig redusert ved at flere stadier i prosjekteringen foregår samtidig. Men dette innebærer også farer som økt risiko på produktet, organisasjonen og prosessen, nettopp på grunn av den sammenpressede arbeidsplanen (Cachere, Kunz & Levitt, 2009).

Hensikten med ICE er å forebygge problemer som ofte oppstår på arbeidsplassen, samt tilrettelegge for å effektivt løse disse når de forekommer. Dette gjøres ved å jevnlig avholde tverrfaglige møter som er godt planlagt, slik at man effektivt kan løse konflikter og problemer som dukker opp underveis i et prosjekt. Ved at personell med ulik faglig bakgrunn er til stede på de samme møtene for å diskutere prosjekteringsplanene, kan man allerede før byggingen er igangsatt, fjerne problemer som ellers ville dukket opp underveis i byggefasen (Cachere, Kunz & Levitt, 2009).



Figur 5: Forskjellen på sekvensiell arbeidsplanlegging versus parallell arbeidsplanlegging i tre forskjellige intensitetsgrader. ICE er den mest intense av de tre og er grunnet jevne tverrfaglige møter, som er godt planlagt, mer pålitelig enn de to første (hentet fra Cachere, Kunz & Levitt, 2009).

### 2.5.3 - Produkt-Organisasjon-Prosess

En prosjektleder kan kontrollere tre ting under byggeprosessen: 1) designet, prosjekteringen og konstruksjonen av produktet som lages, 2) hvordan aktøren som utfører arbeidet er organisert, og 3) prosessen bak det hele (Kunz & Fischer, 2012). Dette er fundamentet i Produkt-Organisasjon-Prosess-modellen (POP) og er sentralt for utviklingen av de virtuelle modellene som brukes i VDC.

POP-modellen er objektorientert i den forstand at P, O og P elementene er helt tydelig definert for hver aktør og interessenter. Eksempelvis definerer produktmodellen bygningselementer som gulv, tak og vegger; organisasjonsmodellen hvem som skal gjøre hvilken jobb; og prosessmodellen aktiviteter og milepæler.

Det er to hovedtyper av POP-modeller: generelle modeller og spesifikke modeller (Kunz & Fischer, 2012). Den generelle modellen definerer det grunnleggende vokabularet som brukes på tvers av de forskjellige aktørene og interessentene. Når man tidlig får dette på plass, legger en samtidig til rette for god kommunikasjon og samhandling fra første stund. Den spesifikke modellen får derimot frem detaljert informasjon om de ulike elementene og legger mer til rette for den enkelte faggruppe.

POP-modellen definerer kun informasjon som er delt mellom de ulike modellene i et prosjekt (Kunz & Fischer, 2012). Det vil si at modellen ikke gir et komplett bilde av hele prosjektet, men av informasjonen som deles mellom aktørene i prosjektet. Formålet med en POP-modell er å definere de ulike elementene som går på tvers av de individuelle modellene og sikre interessenter og aktører at produkt-, organisasjons- og prosess-spesifikasjoner er passende og stemmer overens.

#### 2.5.4 - Virtual Design and Construction

VDC ble introdusert som et begrep ved Stanford University California USA i 2001 av Center for Integrated Facility Engineering (CIFE). VDC avhenger av ICE, BIM og POP-modeller og er et rammeverk som skal hjelpe med oversikt og informasjonsflyt mellom ulike aktører i et prosjekt (Flatås, 2013). VDC er en prosjekteringsprosess der man fra første stund involverer alle aktuelle aktører med relevant kunnskap. Hensikten er her å ta hensyn til alle forhold i forkant av byggestart, slik at minst mulig komplikasjoner oppstår under konstruksjon. Ved å ta hensyn til flere forhold før oppstart av arbeid, reduserer man også usikkerhet. Det er viktig å forstå at VDC er et konsept under utvikling, akkurat som Lean. Nye elementer kan bli tatt i bruk dersom det virker nødvendig eller nyttig (Li et al. 2009).

Organisasjoner og bedrifter som tar i bruk VDC gjør det som regel i følgende tre faser: visualisering, integrering og automatisering (Flatås, 2013). Disse beskrives videre som:

- Visualisering: fremstille modeller av produktet, organisasjon og prosess. Målinger benyttes med bakgrunn i modellene og følges opp mens byggeprosessen pågår (Kunz & Fischer, 2012).
- Integrering: Automatiserte databaserte metoder for informasjonsutveksling utvikles av prosjektet for å få en god flyt av informasjon mellom produkt, organisasjon og prosess. Et godt eksempel på dette kan være kollisjonstesting av BIM-modeller (Flatås, 2013).
- Automatisering: Øke effektiviteten under prosjekteringsprosessen og å redusere varigheten av prosjekteringen. For å få dette til på en god måte må man ha som mål å standardisere løsninger på prosjekteringer, samt prosjekteringen for prefabrikkeringer.



### 2.5.5 - Taktplanlegging

Relatert til andre produksjonsnæringer, har produktiviteten til byggenæringen falt de siste tiårene (Statistisk sentralbyrå, 2018). Det er derfor nå et økt fokus på å finne nye metoder for å forbedre produktiviteten. En av metodene som blir brukt er taktplanlegging. Taktplanlegging kan enkelt beskrives som en “vognanviser” for fremdriftstoget. Hele prosjektet vil her være “toget” og hver enkelt aktivitet vil være en “vogn”.

En taktplan er et godt hjelpemiddel innen planlegging, men for å være mest mulig effektiv, bør også Lean metoder implementeres (Aziz & Hafez, 2013). HENT AS mener at god flyt fører til en mer stabil gjennomføring av prosjektene deres og mindre variasjon mellom de forskjellige prosjektene. Dette gjør at sikkerhetsmarginer kan reduseres, som igjen fører til at HENT AS får større inntjening på sine prosjekter (Veileder for trimmet gjennomføring, 2020). Dette gjør det mulig å senke prisen for kundene, noe som også vil kunne resultere i flere jobber/oppdrag for bedriften.

I figur 6 kan en se hvordan en taktplan typisk ser ut. “Toget” beveger seg fremover uke for uke, gjennom hvert kontrollområde (her etasje for etasje i hus for hus). Hver aktivitet har en gitt tid i hvert område til å utføre sine arbeidsoppgaver. I andre produksjonsnæringer er det ofte mulig å flytte produktet fra vogn til vogn. I byggenæringen vil det av åpenbare årsaker ikke være mulig, og man må derfor flytte vognene fra produkt til produkt. Hver vogn består i utgangspunktet av et fagområde, men kan også inneholde flere der det er praktisk. En taktplan vil altså bestå av takter (tiden hver aktivitet skal ta), vogner (aktiviteter, som igjen består av et antall oppgaver) og tog (den naturlige rekkefølgen av aktiviteter).



Hver takt vil typisk inneholde fem steg:

1. Kontrollere at taktområdet er klart for arbeid
2. Leverer nødvendig materiell og utstyr/verktøy
3. Utføre alle arbeidsoperasjoner som inngår i takten
4. Utføre kontroll av kvalitet på utført arbeid
5. Rydde og rengjøre område (klargjøring til neste takt)

Disse kalles “sunne aktiviteter” og gir et grunnlag for god flyt. En vil her få oversikt over avvik fortløpende, og få mulighet til å kartlegge og utbedre disse.

Ved å dele byggeprosjektet inn i takter, så får man kjente tidsrammer og områder å forholde seg til. Hvis man involverer forskjellige fag så tidlig som mulig, vil planlegging bli så lik realiteten som mulig. Veidekke, en av Norges største entreprenører kaller dette for Involverende Planlegging (IP). (Veidekke, ukjent). De tar som utgangspunkt at metoden skal redusere tapt tid ute på byggeplassen, slik at produktiviteten øker. Ved å ha økt fokus på involvering så vil alle få et “eierskap” til prosjektet og arbeidshverdagen. Målet er at alle skal få jobbet uten hindringer, ikke at enkeltpersoner skal få økt arbeidsbelastning.

### 3 - Metode

For å kunne få gode målbare resultater som kan brukes for å forbedre en organisasjon er det viktig å være bevisst på metodevalget for rapporten (Andersen, 2019). Vi har derfor hatt et tett samarbeid med HENT AS ved valg av metode for å kunne få så gode resultater som mulig. Samtidig har vi også hatt et stort fokus på å få tak i objektive og gode kilder. På grunn av COVID-19 pandemien har det imidlertid vært noen begrensinger på hva som har vært mulig å få tak i av informasjon.

Pandemien førte blant annet til at vi ikke fikk gjennomført alle planlagte befaringer på byggeplassene slik vi hadde forberedt. Det har også vært begrensninger på hva vi kunne få tilsendt av dokumenter, men vi har likevel fått innhentet et godt spekter av informasjon.

I oppgaven har vi benyttet oss i stor grad av forskningsartikler som faglitteratur. Siden vi ikke fikk gjennomført alle befaringene har vi kompensert for dette ved å ha jevnlig møter med prosjektlederne som underveis har gitt oss oppdatert informasjon om de to prosjektene. Disse møtene har vi hatt med omtrent to ukers mellomrom. Vi har også fått tilsendt avviksrappporter, RUH-rappporter, fremdriftsplaner og S-kurver som både har underbygget intervjuene og vært viktige kilder til case studiene. Vi skulle gjerne også hatt mer detaljert informasjon omkring forsinkelser, samt tilgang til å hente ut relevant informasjon fra HENT AS sine systemer. Denne tilgangen ønsket de imidlertid ikke å gi via våre private PCer, da mye av informasjonen som finnes i dette systemet er konfidensiell.

#### 3.1 - Metodevalg

For å belyse en problemstilling best mulig, benyttes det ulike framgangsmåter for å innhente nødvendig informasjon. Metodelitteraturen deler disse framgangsmåtene i to; kvalitativ og kvantitativ metode. I en kvantitativ metode samler vi inn målbar informasjon som lar seg tallfeste eller uttrykke i form av tall. De kvantitative resultatene gir et bredt spekter av etterprøvable informasjon. I motsetning til den kvantitative metoden går den kvalitative metoden i dybden på et smalt felt, typisk ved hjelp av intervjuer, observasjoner eller analyse av dokumenter (Andersen, 2019).

Vi har benyttet oss av en kombinasjon av de to metodene. Vi har gjennomført et teoristudie som utgjør oppgavens teoretiske fundament, samtidig som vi har gjennomført to casestudier for å få et innblikk i den praktiske anvendelsen av teorigrunnet vi har diskutert. Under casestudiene har vi benyttet oss av tabeller, grafer og diagrammer for å hente ut målbare resultater i forbindelse med framdriften knyttet til taktplanleggingen.

### 3.2 - Søkestrategi

Det finnes svært mye informasjon om Lean som tar for seg ulike deler av konseptet. Det har derfor vært viktig å utarbeide en søkestrategi for å kunne hente ut mest mulig relevant informasjon. Grunnet for søkestrategien har vi fra forelesninger og samtaler med forelesere og veiledere. Dette har gitt oss et kunnskapsgrunnlag som har gjort det mulig å strukturere hvilke søkeord vi ønsket å benytte og velge ut hvilke søkemotorer og databaser som kunne gi oss best mulig informasjon.

Søkemotorene vi hovedsakelig har benyttet oss for å finne artikler, tidsskrifter og annen relevant dokumentasjon er Oria og Google Scholar. Oria er en søkemotor HVL bruker for tidsskrifter og annen faglitteratur, mens Google Scholar er Google sin søkemotor for akademisk litteratur.

Vi har forsøkt å benytte oss av mest mulig "long tail keywords", altså søkeord bestående av flere enn ett ord da dette har vist seg å gi best presisjon. Her er en liste med viktige søkeord:

- Lean Construction
- Lean Taktplan
- Last Planner System
- Lean Tools
- Lean Visualization
- Integrated Concurrent Engineering
- Virtual Design and Construction
- 5S Methodology
- Building Information Modelling
- Implementation of Lean

### 3.3 - Casestudier

De to casene vi har undersøkt er et rehabiliteringsprosjekt på Norges Handelshøyskole (NHH) og nybyggingen av Borgafjell Barneskule (Borgafjell). Prosjektet på NHH er lokalisert rett nord for Bergen sentrum og er i innredningsfasen av prosjektet. Borgafjell er lokalisert i Os, og er et komplett byggeprosjekt som er i grunn- og råbyggfasen. Grunnen til at vi (i samarbeid med HENT AS) valgte disse prosjektene, er at de er i forskjellige faser av byggeprosessen. Vi har da kunnet se på hva som gjør taktplanleggingen utfordrende i begge prosjektene, men spesielt i grunn- og råbyggfasen på Borgafjell.

For å få et bedre innblikk i de to ulike prosjektene har vi gjennomført en casestudie for hvert prosjekt. Vi skulle i utgangspunktet få tilgang til systemene til HENT AS og dermed direkte tilgang til data om begge prosjektene. Et stykke ut i prosjektet fikk vi imidlertid beskjed om at de kun ønsket å gi oss en begrenset tilgang til systemene. Men på grunn av COVID-19 pandemien kunne vi heller ikke sitte på byggeplassen, og dermed ble også dette vanskelig.

Vi har som tidligere nevnt hatt jevnlige møter med prosjektlederne i begge prosjektene. Dette har vi gjennomført via Microsoft Teams og Zoom. Gjennom disse møtene fikk vi statusrapporter fra prosjektene, samtidig som vi fikk forklart hvilke utfordringer de hadde hatt underveis. Etter hvert fikk vi også overlevert ønskede statistikker og annen relevant informasjon som vi kunne anvende videre i oppgaven. Informasjonen er hentet fra HENT AS sitt system for prosjektstyring, HENT Core og inneholder følgende:

- **HMS avvik:**

Har vært med på å kunne se sammenhengen mellom forsinkelser og avvik på grunn av sikkerhetsmessige årsaker. Avvik for NHH går fra starten av prosjektet til og med 8. mai 2020. Avvik for Borgafjell går fra 20. januar 2020 til 23. mars 2020.

- **Kvalitetsavvik:**

Har gitt oss data til sammenligning av forsinkelser og avvik på grunn av kvalitetsmessige årsaker.

- **Fremdriftsplaner og reviderte fremdriftsplaner:**

Har vært viktig data for å kunne spore fremdriften og gi informasjon om hvordan HENT AS praktiserer taktplanlegging. Fremdriftsplan for NHH er fra 8. januar 2020 og går fra 20. mars 2019 til 18. desember 2020. Fremdriftsplan for Borgafjell går fra 1. oktober 2019 til 5. august 2022 og er hentet ut 1. april 2020.

- **Informasjon om spesifikke utfordringer:**

Viktig informasjon om utfordringer for å forstå bakgrunnen til forsinkelsene og for å fjerne feilkilder og antagelser.

- **Histogram (S-kurve):**

Statistikk som har gitt bedre forståelse av taktplanleggingens effekt i form av verdiskapning. Histogram for NHH er hentet 18. mars 2020 og går fra uke 18 i 2019 til uke 11 i 2020. Histogram for Borgafjell går fra uke 3 i 2020 til uke 16 i 2020 og er hentet ut 23. april 2020.

Informasjon og data over er gitt til oss av prosjektlederne på prosjektene, Håkon Handegaard på NHH og Erik Morken på Borgafjell.

For å presentere resultatene fra casene har vi hentet ut illustrasjoner og tabeller. Siden vi ikke har flere enn to caser, kan ikke resultatene fra disse generaliseres, men casene har gitt oss viktig informasjon som vi vil bruke videre i oppgaven.

### 3.4 - Kildekritikk

Ved å ha et kritisk blikk til kildematerialet vi bruker, håper vi å fremstille emnet på en så korrekt måte som mulig. Det er viktig at vi benytter kriteriene for kildekritikk på en god måte for å svare på problemstillingen vår.

Vi har valgt å hovedsakelig bruke primærlitteratur, men også sekundærlitteratur der det har vært nødvendig.

#### 3.4.1 - Reliabilitet

Reliabilitet handler om påliteligheten til faglitteraturen som blir brukt, og er veldig viktig for å sikre gode resultater av forskningen (Galfshani, 2003). I casestudier og kvalitative undersøkelser vil det være vanskelig å gjenskape resultat. Vi har derfor lagt vekt på å gi en god beskrivelse av hvilke data vi har brukt, slik at det skal være mulig også for andre å kunne finne frem til det samme datagrunnlaget.

For å kunne innfri kravene for reliabilitet, har vi jobbet med data på en mest mulig objektiv måte. Som nevnt har vi i stor grad benyttet oss av data vi har fått tilsendt via e-post fra prosjektledere i HENT AS. Verdiene i statistikkene i forbindelse med avvik er blitt rapportert av både arbeidere på byggeplassene og kontrollører fra byggherre og entreprenør. Avvik er også blitt kontrollert av HMS-ansvarlig på byggeplassen, slik at statistikkene skal inneholde minimalt med feil. Når det gjelder fremdriftsplaner og S-kurver har disse også blitt fulgt opp av ansatte i HENT AS. For at S-kurvene skal vise reelle resultater er det viktig at alle arbeidstimer rapporteres på riktig dato. I de to prosjektene vi baserer undersøkelsen vår på, har dette dessverre ikke blitt fulgt opp godt nok, verken fra HENT AS eller fra underentreprenør. Dette har medført at vi har fått noen ekstreme verdier på enkelte datoer. I disse tilfellene har vi valgt å inkludere data for en lengre tidsperiode for å få et bedre bilde av situasjonen.



### 3.4.2 - Validitet

Validitet er en betegnelse på hvor godt man klarer å måle det man har som hensikt å måle. Vårt resultat vil ha høyere intern validitet enn ekstern validitet. Dette betyr at resultatene vil være gjeldende for HENT AS, men ikke at de nødvendigvis vil ha overføringsverdi til andre aktører i bransjen.

På grunn av COVID-19 situasjonen har vi som tidligere nevnt dessverre ikke fått den tilgangen til HENT AS sine systemer som vi i utgangspunktet hadde avtalt. Den jevne uthenting av data, og data om spesifikke utfordringer har derfor ikke vært mulig å få ut underveis. Vi har derfor i større grad måtte basere oss på kilder med flere usikkerhetsmomenter, slik som egne observasjoner og samtaler med prosjektledere. Usikkerhetsmomenter som menneskelig feil, og mistolkning spiller en større rolle i slike observasjoner, kontra tallfestede statistikker. Datagrunnlaget vil derfor ha en litt lavere validitet enn det som gjerne hadde vært ønskelig. Det kan også ha inntruffet hendelser som er ikke blitt observert og innrapportert i disse dataene, og som dermed heller ikke er med i vårt datagrunnlag.

### 3.4.3 - Feilkilder

Feilkildene i denne oppgaven vil være tilknyttet statistikk og data fra HENT AS, samt innhenting av den. En slik feilkilde omhandler innholdet i S-kurvene vi har brukt. Ved at timer blir innmeldt i bolker og ikke kontinuerlig, vil dette ikke vise den faktiske fremdriften. I vårt tilfelle får en inntrykk av at prosjektet har hatt perioder med lite arbeid etterfulgt av perioder med store mengder arbeid.

En annen feilkilde har omhandlet innhenting av informasjon fra HENT AS. All data og informasjon er overlevert til oss gjennom e-post og nettmøter. Dette gir en økt risiko for misforståelser og feiltolkninger fra vår side. Ved å ha kontinuerlig kontakt med våre kontaktpersoner i HENT AS, samtidig som vi har sett på eldre og nyere data og sammenlignet disse, så håper vi at vi har minimert denne feilkilden.

Rapportering av avvik vil også kunne være en kilde for unøyaktighet. Ved Borgafjell så er det rapportert 16 avvik, hvor to av dem er rapportert i feil kategori. Med hensyn til NHH og prosjektets 1907 avvik, så vil det være mulig at flere av disse er feilrapporterte.

## 4 - Resultat

I dette kapitlet presenteres resultatene fra casene. Informasjon om Lean og implementering av Lean i HENT AS er hentet fra møter med prosjektledere, samt HENT AS sin veileder innen trimmet gjennomføring.

### 4.1 - Lean i HENT AS

Lean er ikke et nytt begrep for HENT AS, men har vært kjent i snart ti år og som allerede har satt dype røtter i hele organisasjonen. HENT AS startet implementeringen av Lean tidlig med sin egen versjon de kaller "Trimmet gjennomføring" og som har vært under kontinuerlig forbedring siden det ble tatt i bruk i 2009 (pers. med., Jonsson, 2020). Noen år senere, våren 2017, startet HENT AS en omfattende Lean-satsning hvor de 100 øverste lederne gjennomførte et 40 timers treningsprogram for å få en grunnleggende forståelse for Lean. Deretter ble det lagt opp til 4x4 timers treninger i hele organisasjonen som ble gjennomført av hele 99,7% av de rundt 750 ansatte i bedriften (Byggeindustrien, 2018). Videre har HENT AS hatt et tett samarbeid med Lean-eksperten Niklas Modig, samtidig som de har videreutviklet "Trimmet gjennomføring". Siste versjon av veilederen til "Trimmet gjennomføring" ble utgitt i februar 2020 og beskriver hvordan HENT AS skal praktisere Lean gjennom hele prosessen - fra salg til teknisk ferdigstilling i samtlige av bedriftens prosjekter.

#### 4.1.1 Implementering av Lean i HENT AS

Vi skal nå se nærmere på hvordan Lean er implementert i HENT AS og i taktplanleggingen i de to casene. Som tidligere nevnt hadde HENT AS en omfattende Lean satsning i 2017 der alle ansatte i organisasjonen gjennomførte øvinger for å få en grunnleggende forståelse av Lean tankegangen. I denne satsingen var treningsprogrammet basert på TPS, med sterkt søkelys på standardisering og visualisering (Byggeindustrien, 2018).

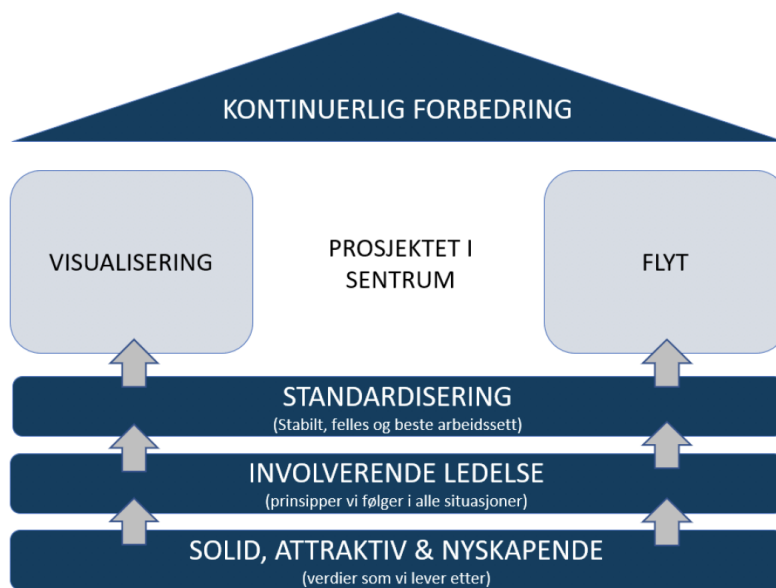
I dag skal alle nye ansatte i HENT AS ha gjennomført kursing i Lean i løpet av de første tre månedene etter at de ble ansatt. Deretter blir veilederen “Trimmet gjennomføring” benyttet som en veileder til hvordan prosjektene skal gjennomføres i alle HENT AS sine prosjekter (Jonsson, pers.med., 2020). Veilederen består av ni kapitler:

- Innledning
- Salgsfase
- Mobiliseringsfasen
- Bygging
- Innkjøp
- Prosjektering
- Teknisk ferdigstillelse
- Bærekraft
- Beste praksis

Ved å følge prinsippene i veilederen skal HENT AS oppnå bedre flyt i prosjektene sine. For å oppnå bedre flyt legger HENT AS vekt på at det skal være minst mulig variasjon mellom de ulike prosjektene. Hvis en oppnår dette vil det føre til at de kan senke sikkerhetsmarginene på prosjektene sine, levere bedre produkter, få en større inntjening og kunne senke prisene overfor kundene. Ved å følge prinsippene vil organisasjonen også oppnå bedre planlagte og gjennomførte prosesser og færre avvik (Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).

En annen viktig del av implementeringen av Lean i HENT AS er HENT Core. Dette er et databasert system de bruker til prosjektstyring i alle sine prosjekter. Systemet benyttes blant annet for å registrere avvik, fremdrift, møtereferater og sjekklister. Dataene som blir registrert kan visualiseres ved hjelp av grafer, tabeller og ulike diagram. HENT Core er på mange måter et digitalt verktøy for å gjennomføre “Trimmet gjennomføring”.

## HENT Driftsstrategi (HDS) – Våre verdier og prinsipper



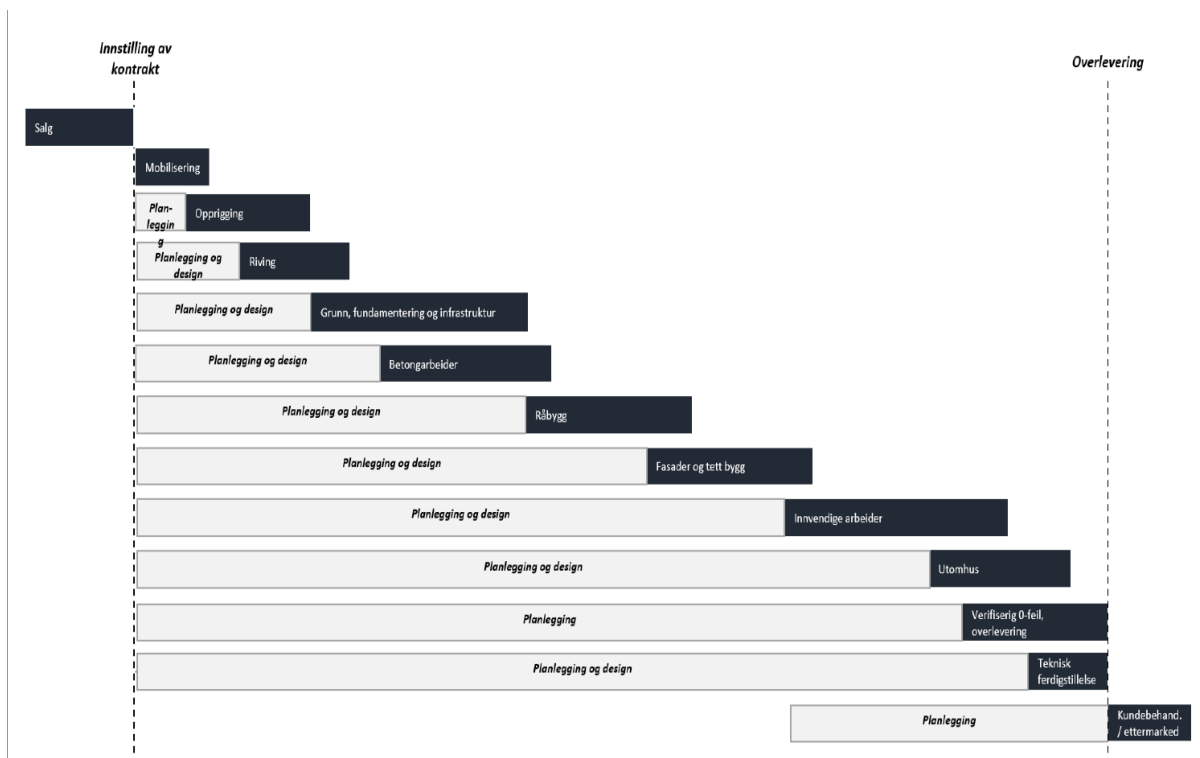
Figur 7: HENT AS sine verdier og prinsipper innen Lean (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).

En viktig del av standardiseringen som skal skape en god flyt i HENT AS sine prosjekter er en strukturering visualisert ved hjelp av tog og vogner. Togsystemet blir beskrevet i "Trimmet veiledning" og danner et viktig grunnlag for strukturen til HENT Core.

I planleggingsfasen deles byggeplassen inn i ulike kontrollområder (KOMR). Hvert KOMR er delt inn i ulike faser hvor hver fase er visualisert ved hjelp av tog og hver av vognene illustrerer hver sin aktivitet. Når en aktivitet er utført på et KOMR, skal en sjekklister fylles ut for arbeidet som er utført og området klargjøres og godkjennes før neste vogn.

Hver av disse fasene i hvert kontrollområde kan også kalles en takt og blir strukturert ved hjelp av en taktplan/styringsplan. Hvordan fasene deles inn blir utarbeidet ved hjelp av analyse og erfaring fra tidligere prosjekter og innspill fra prosjektpersonell.





Figur 9: Faseinndelingen i et typisk prosjekt fra HENT AS. Variasjon i prosjekter vil naturligvis føre til variasjon i faseinndeling (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).

I teoridelen har vi beskrevet de fem stegene som er typiske for en takt. HENT AS gjør det litt annerledes og har i sin veileder valgt å dele inn syv steg:

## 1. Aktivitet

Arbeidet som er utført i forkant av planlagt aktivitet skal være avsluttet og med riktig aktivitet.

## 2. Materialer

Materialer til planlagt arbeid skal være tilgjengelig når de skal benyttes. Materialleveranser må planlegges og leveres i riktig mengde til det enkelte område.

### 3. **Verktøy og utstyr**

Nødvendig verktøy og utstyr for å utføre arbeidet rasjonelt skal være tilgjengelig. Planlegg å ta med verktøyet du trenger, ikke hele “verktøybua.”

### 4. **Personell/ressurser**

Den aktøren som skal utføre planlagt aktivitet må ha nødvendig bemanning med riktig kvalifikasjoner til å utføre jobben.

### 5. **Arbeidsunderlag/informasjon**

For at man skal kunne bygge med riktig kvalitet trenger man korrekt arbeidsunderlag, koordinerte fremdriftsplaner.

### 6. **KOMR**

Det området som man skal produsere på må være klart og tilgjengelig, ryddet og sikret.

### 7. **Ytre forutsetninger**

Man må ha nødvendige byggetillatelse for å kunne starte opp (for eksempel igangsettingstillatelse). Været er en ytre forutsetning. Man kan for eksempel velge å bygge tak over tak hvis man har lagt til grunn innredningsarbeider før man har oppnådd tett bygg.

Figur 10 viser en oversikt over hvilke møter som blir gjort i HENT AS før start av arbeid i en fase. En kan her se når hvilke aktører blir involvert, samt hva som skal bli gått gjennom i møtene.

Vi vil videre gå nærmere inn på casene, og hvordan Lean er brukt i disse prosjektene.

10 uker før oppstart	8 uker før oppstart	7 uker før oppstart
<p><b>Hyppighet:</b> Pr. Togtype</p> <p><b>Ansvar:</b> PRL</p> <p><b>Deltagere:</b> PRL, PL, ITB og K-ressurs</p> <p><b>Formål:</b> Gjennomføre byggbarhetskontroll av tenkte løsninger, minimum 10 uker før oppstart byggeplass, slik at vi unngår at ferdig prosjektert underlag ikke samsvarer med det HENT har lagt til grunn.</p> <p><b>Gjennomføring:</b> Milepælkontrollen startes en til tre uker inn i den aktuelle fasen, og avsluttes i god tid før 8-ukersmøte. Dette for å kunne lukke eventuelle mangler som avdekkes, inn mot 8-ukersmøtet. Sluttdatoen for milepælkontrollene settes 10 uker før oppstart på byggeplass. Den aktuelle sluttdatoen for milepælen settes inn i kontrollplanen for prosjektet av K. Milepælene gjennomføres løpende igjennom de ulike fasene av PL og PRL i felleskap. PL og PRL vurderer om det er behov for at andre deltar i disse kontrollene. Konsekvensene av de sjekkpunktene som ikke kan sjekkes ut, vurderes av PRL og PL i felleskap. Konklusjonen av vurderingen legges inn i kommentarfeltet for det konkrete sjekkpunktet. Milepælkontrollen anses som lukket når alle sjekkpunkter er kvittert ut eller kommentert med det det ikke er kritisk eller til hinder for videre framdrift i prosjektet.</p> <p><b>Forventet resultat:</b> Produksjonsunderlaget er avsjekket mhp byggbarhet og kontraktskrav for å eliminere antall feil før tverrfaglig kontroll.</p>	<p><b>Hyppighet:</b> Pr. Togtype/fase</p> <p><b>Ansvar:</b> PRL</p> <p><b>Deltagere:</b> PRL og BIM-kordinator</p> <p><b>Formål:</b> Sikre at modell er klar for tverrfaglig kontroll 7 uker før oppstart arbeider.</p> <p><b>Gjennomføring:</b> Alle prosjekterende laster opp sin fagnmodell fredag uke 8, evt. tidligere hvis avtalt. Samtidig skal ferdiggrad prosjektering meldes inn i rapporteringsskjema av de prosjekterende. BIM-kordinator lager sammenstilt modell og foretar en modellkontroll.</p> <p><b>Forventet resultat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle fagnmodeller er lastet opp.</li> <li>• Alle prosjekterende har rapportert klart til tverrfaglig kontroll i KOMR</li> <li>• Sammenstilt modell er klart og fri for kollisjoner.</li> </ul>	<p><b>Hyppighet:</b> Pr. Togtype/fase</p> <p><b>Ansvar:</b> PRL</p> <p><b>Deltagere:</b> PRL og BIM-kordinator. Alle prosjekterende som skal levere produksjonsunderlag for et område fase?</p> <p><b>Formål:</b> Sikre at arbeidsunderlag for byggingen/de fysiske arbeidene er tverrfaglig koordinert og kontrollert senest seks uker før oppstart bygging/fysiske arbeider.</p> <p><b>Gjennomføring:</b> Fellesmøte senest sju uker før oppstart bygging/fysiske arbeider. Sammenstilt modell gjennomgås for å sjekke at det ikke forekommer kollisjoner og tverrfaglige problemer. Eventuelle feil og mangler rettes opp umiddelbart, og senest til 6-ukersmøtet der arbeidsunderlag skal presenteres for aktørene som skal bygge.</p> <p><b>Forventet resultat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekreftet kollisjonsfri tverrfaglig kontrollert modell/ produksjonsunderlag</li> <li>• Alle arbeidstegninger kan genereres ut av modell</li> <li>• Grunnlag for gjennomgang med utførende i møtet seks uker før oppstart bygging</li> <li>• Grunnlag for å kunne få etablert tilstrekkelig og fullført arbeidsunderlag senest til møtet tre uker før oppstart bygging.</li> </ul>
6 uker før oppstart	3 uker før oppstart	1 uke før oppstart
<p><b>Hyppighet:</b> Pr. Togtype/fase</p> <p><b>Ansvar:</b> AI</p> <p><b>Deltagere:</b> <b>HENT:</b> AI, PRL, K-leder, Områdeansvarlig. <b>Prosjekterende:</b> ARK, RIB, RIV, RIF – evt. andre ved behov <b>UE:</b> Bas/Formann for de "viktigste" fagområder (Betong/grunn/prefab, elektro, VVS, Vent, tømrer, systeminnredning inkl. dører I&amp;B ... Evt. flere ved behov)</p> <p><b>Formål:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Øke kunnskap forståelse for HENT sin metode for trimmet gjennomføring</li> <li>• Informere om planlagt fremdrift</li> <li>• Skape forståelse og respekt for prosjekterte løsninger</li> <li>• Øke bevissthet rundt kritiske områder</li> <li>• Skape kontakt/dialog mellom prosjekterende og utførende</li> <li>• Forebygge feil</li> <li>• Sikre ressurser</li> </ul> <p><b>Gjennomføring:</b> Det bør legges vekt på dialog og åpenhet i møtet slik at alle deltakere får fremmet sine innspill/spørsmål.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HENT presenterer metode for trimmet gjennomføring</li> <li>• HENT presenterer styringsplanen</li> <li>• Prosjekterende gjennomgår sitt grunnlag og forklarer <ul style="list-style-type: none"> <li>- prinsipper</li> <li>- hvorfor ulike løsninger er valgt</li> <li>- informerer om hvor utførende må ha størst fokus (utførende områder)</li> <li>- status i forhold til arbeidsunderlag</li> </ul> </li> <li>• Gjennomgang for å sikre ressurser</li> </ul> <p><b>Ønsket resultat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• At HENT sin metode for Trimmet gjennomføring er kjent</li> <li>• At deltakere har blitt tilført kunnskap til planer og prosjekterte løsninger</li> <li>• At det er etablert relasjon mellom utførende og prosjekterende</li> </ul>	<p><b>Hyppighet:</b> Pr. Togtype/ fase</p> <p><b>Ansvar:</b> Områdeansvarlig</p> <p><b>Deltagere:</b> <b>HENT:</b> Områdeansvarlig, K-leder <b>UE:</b> Bas/Formann for de "viktigste" fagområder (Betong/grunn/prefab, elektro, VVS, Vent, tømrer, systeminnredning inkl. dører I&amp;B ... Evt. flere ved behov)</p> <p><b>Formål:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bli omforent produksjonsplan for området (fokus på de seks første ukene)</li> <li>• Planlegge relevante SIA og RIA for kommende seks uker</li> <li>• Verifisere at UE har prosjekttilpassede sjekklister</li> <li>• Verifisere at arbeidstegninger foreligger for alle fag for hele KOMR</li> <li>• Riggplanen og logistikkoppløst omforenes</li> </ul> <p><b>Gjennomføring:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Områdeansvarlig gjennomgår sin produksjonsplan og åpner for dialog og innspill (involverende planlegging). Alternativt settes produksjonsplanen opp ved hjelp av involverende planlegging uten at det på forhånd foreligger utkast fra områdeansvarlig.</li> <li>• Alle SIA kommende seks uker planlegges og ansvar fordeles</li> <li>• Alle fag melder status ift. arbeidstegninger</li> <li>• Innvendig riggplan og plan for logistikk gjennomgås</li> </ul> <p><b>Forventet resultat:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• At produksjonsplanen og riggplan er omforent og at alle utførende føler eierskap til disse</li> <li>• At arbeidstegninger er verifisert med status ok</li> </ul>	<p><b>Hyppighet:</b> Pr. Togtype/fase</p> <p><b>Ansvar:</b> Områdeansvarlig</p> <p><b>Deltagere:</b> <b>HENT:</b> Områdeansvarlig, K-leder <b>UE:</b> Bas/Formann for de "viktigste" fagområder (Betong/grunn/prefab, elektro, VVS, Vent, tømrer, systeminnredning inkl. dører I&amp;B ... Evt. flere ved behov)</p> <p><b>Formål:</b> Sikre KOMR er klart til oppstart.</p> <p><b>Gjennomføring:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gjennomgang KOMR (befaring)</li> <li>• Klart for oppstart?</li> <li>• R&amp;D behov ok?</li> <li>• Nødvendig produksjonsutstyr på plass?</li> <li>• Nødvendige varer/materialer på plass?</li> <li>• Evt. siste gjennomgang av produksjonsplan</li> <li>• Produktdokumentasjon skal være lastet opp i PX</li> </ul> <p><b>Forventet resultat:</b> Alle deltakere er trygge på at alt ligger til rette for en god start.</p>

Figur 10: Oversikt over forberedende møter i HENT AS (hentet fra Veileder for trimmet gjennomføring, 2020).



## 4.2 - Norges Handelshøyskole

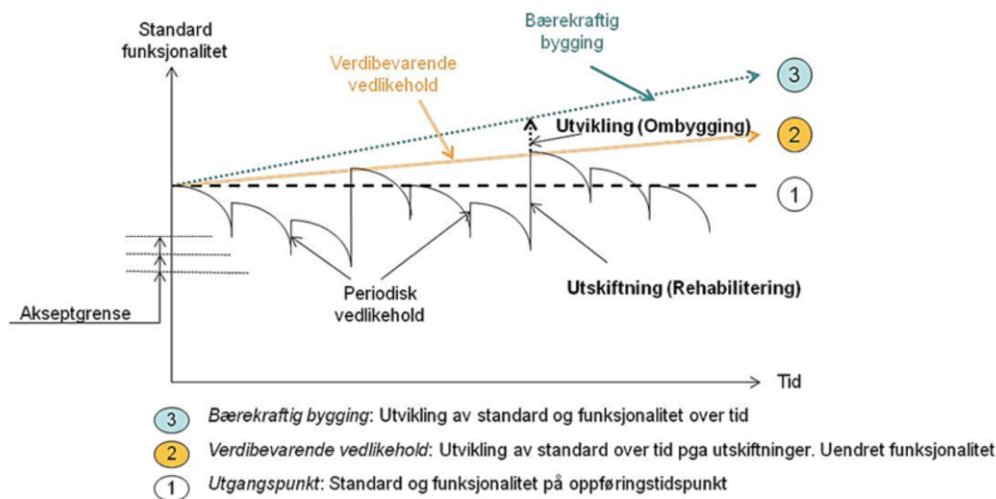


*Figur 11: Norges Handelshøyskole (hentet fra Statsbygg.no).*

Norges Handelshøyskole (NHH) er en statlig høyskole som driver forskning og undervisning i økonomisk-administrative fag (Hansen, 2014). Høyskolen befinner seg ved Breiviken, nord for Bergen. Statsbygg gikk høsten 2017 inn i kontrakt for totalentreprise med HENT AS for rehabilitering av hovedbygget på NHH (Statsbygg, 2018). Hovedbygget hadde i lengre tid slitt med fukt og lekkasjer, samt manglende muligheter for moderne studie- og arbeidsformer. Utviklingen av prosjektet ble gjort i samarbeid med Statsbygg, NHH, arkitekter, rådgivere og HENT AS. Origo Arkitektgruppe har hatt ansvar for arkitektfaget og alle fagrådgivere er fra Sweco. Tekniske løsninger blir levert av Caverion.

Kontrakten som er inngått er en samspillskontrakt. Det betyr at entreprenør (som her er HENT AS) kommer så tidlig som mulig inn i selve utviklingen av prosjektet. Hensikten med dette er at man får dra nytte av aktørens kompetanse på best mulig måte. I dette prosjektet har også arkitekter og rådgivere vært med i skisseprosjektet. (Statsbygg, 2018). Statsbygg har erfart at samspillskontrakter passer godt for rehabiliteringsprosjekter som dette, samt teknisk utfordrende prosjekter og arbeid med kulturminner. I 2015 så ble 88% av deres prosjekter til over ti millioner kroner gjennomført som totalentreprise, der 15% av disse igjen var samspillsprosjekter (Statsbygg, 2016).

Rehabilitering betyr å istandsette bygningsdeler og andre komponenter, uten å endre funksjonalitet. Dette vil innebære oppgradering, reparasjon og utbytting av elementer som ikke lenger oppfyller krav til funksjonalitet og ytelse (Murud, 2019). Ved å utføre dette vil man oppgradere bygget til dagens standard (se figur 12).

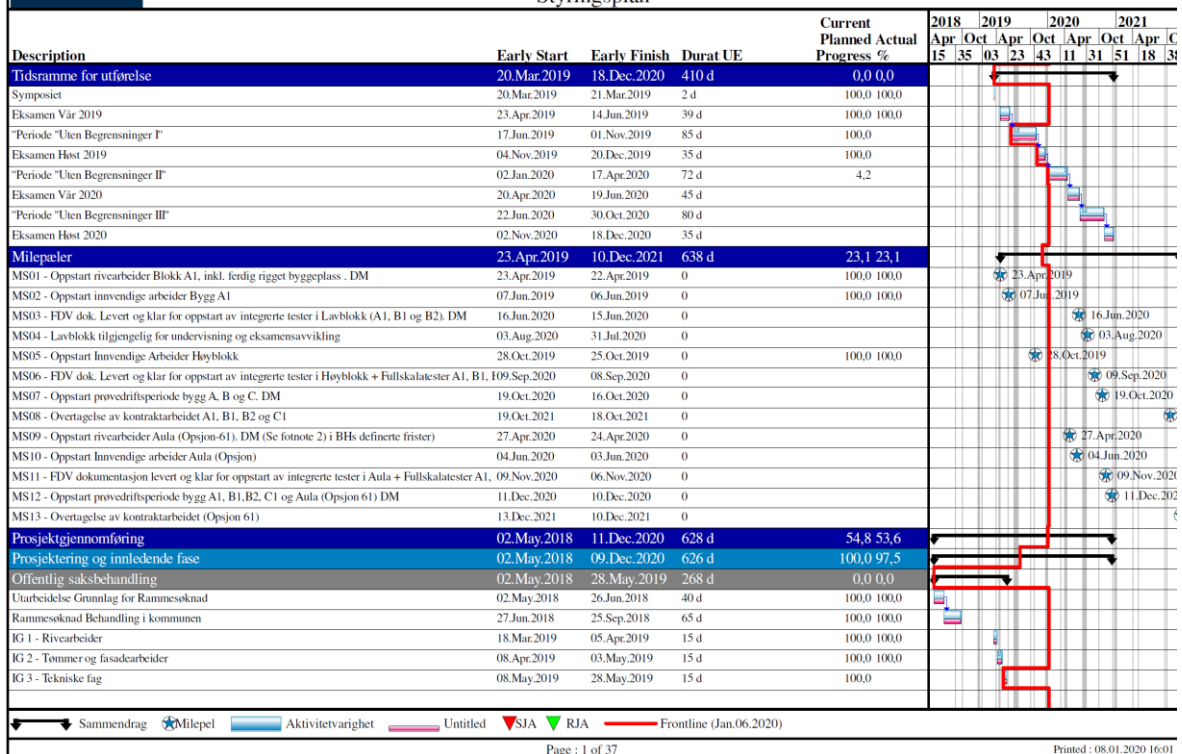


Figur 12: Viser omtrent hvor i livssyklusen til et bygg rehabilitering typisk vil skje (hentet fra Murud, 2019).

Gjennom prosjektets byggetid er det brukt taktplanlegging, som vil bli beskrevet under.

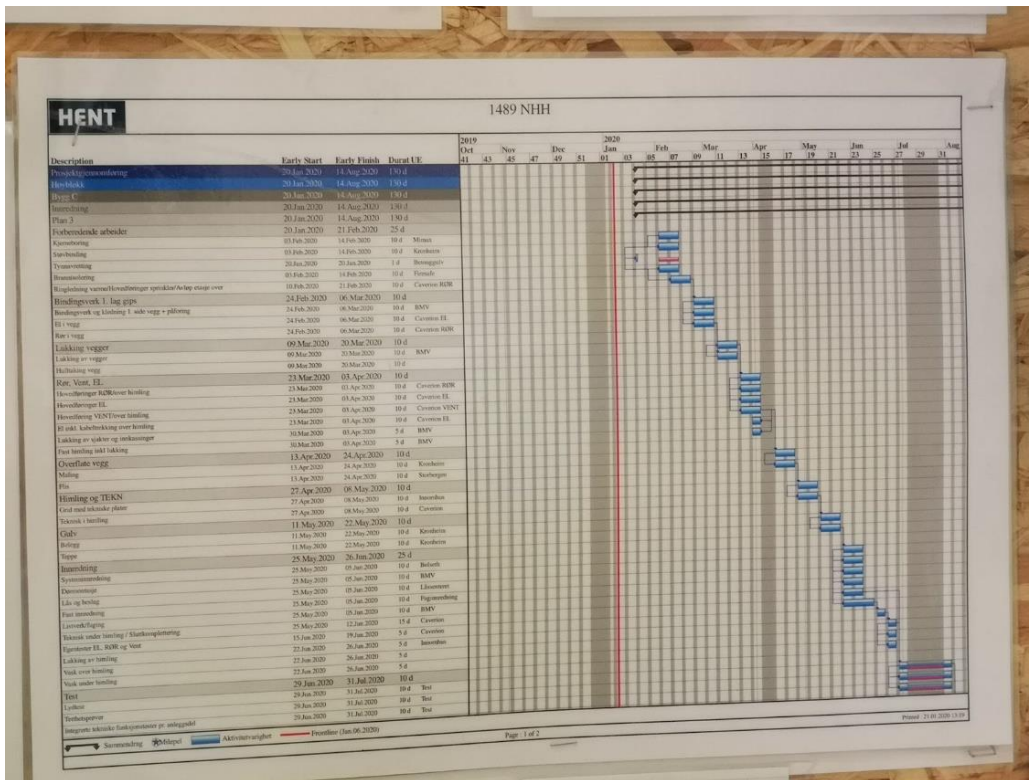
#### 4.2.1 - Taktplan

For å gi best mulig grunnlag for analyse har vi valgt å ta utgangspunkt i siste revisjon av taktplanen for NHH (fra 8. januar 2020). Taktplanene er laget som et Gantt-diagram. På venstre side av diagrammet kan en se aktiviteter og på toppen vises en tidsskala. Hver aktivitet representeres av en bar. Lengden og posisjonen til baren viser startdato, varighet og sluttdato for aktiviteten. Man vil da kunne se når hver aktivitet skal skje, hvor lenge den skal vare og om det er aktiviteter som overlapper, noe som oppfyller "Jidoka"-prinsippet. Figur 13 viser en oversikt over milepæler for prosjektet. Dette gir både prosjektledelse og underentreprenør mulighet til å holde et øye med fremgangen i prosjektet.



Figur 13: Oversikt over milepæler for prosjektet på NHH (hentet fra HENT Core, 2020).

Figur 14 viser detaljnivået på taktplanen for NHH. Hver aktivitet er tildelt et antall uker. De blå pilene i diagrammet til høyre viser avhengigheter mellom aktivitetene. Planen viser et høyt detaljnivå som gjør det lettere å holde kontroll på arbeidet. En kan her se at hver takt varer mellom 5 og 15 dager. Dette gir arbeiderne en dato som de lett kan forholde seg til, med tanke på fullføring av deres aktivitet. Ved start og slutt av hver takt vil det også bli gjort en befaring, noe som gir mulighet for prosjektledelse og underentreprenør å utføre en kontroll over kvalitet og avvik.

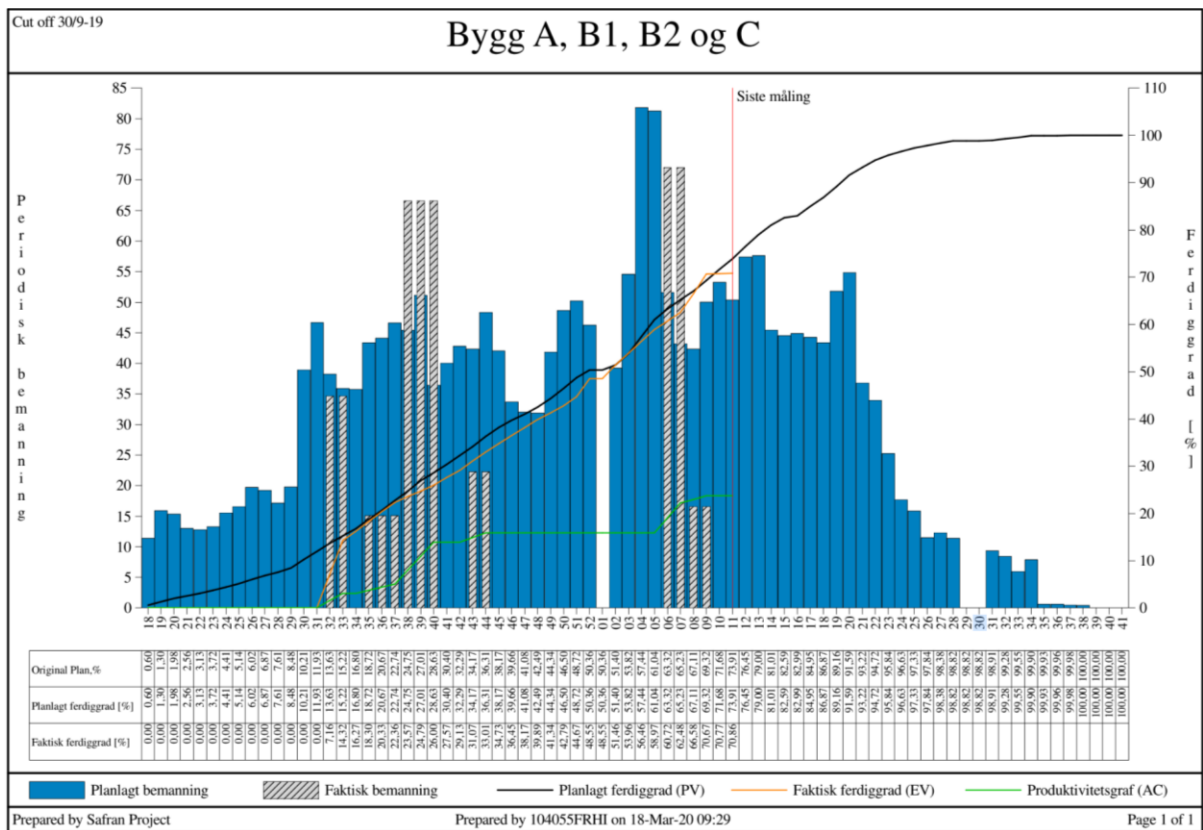


Figur 14: Utklipp fra taktplanen fra takttavlene på NHH (bilde tatt på NHH, 2020).

En av måtene HENT AS bruker for å måle fremgang, i forhold til styringsplanen, er histogrammer (S-kurver).

#### 4.2.2 - S-kurve

Figur 15 er en S-kurve (ProjectPM, 2020). Søylen i bakgrunnen viser bemanning, hvor blå er planlagt bemanning og grå er faktisk bemanning. Søylen er av mindre betydning så lenge kurvene ellers ser bra ut (Handegaard, pers. med., 2020). Likevel vil manglende timeføring kunne gi en dårlig oversikt over hvordan man faktisk ligger an. Den svarte kurven viser planlagt ferdiggrad, altså hvor langt i prosjekt man bør være for å fullføre innen fristen. Den oransje kurven viser hvor man faktisk ligger i ferdiggrad og skal helst ligge helt oppunder den svarte. Den grønne kurven viser produktivitetsgrad. Hvis det for eksempel er planlagt at en aktivitet skal ta ti timer og man bruker syv timer for å bli ferdig, vil man få en produktivitetsgrad på 0,7. Denne produktivitetsgraden vil man skal være så lav som mulig.



### 4.2.3 - Avvik



Figur 16: Oversikt over innmeldte avvik på prosjektet på NHH og lukkefastigheten på disse (hentet fra HENT Core, 2020).

Fra figur 16 kan man se at totalt antall registrerte avvik i prosjektet er 1907. Den største delen av dette er kvalitetsavvik med 1176 innmeldte tilfeller. Dette utgjør omtrent 62% av alle innmeldte avvik. Et kvalitetsavvik oppstår når noe er bygget og ikke oppfyller spesifiserte krav. På bakgrunn av figuren kan man også se at mesteparten av disse problemene er løst innen fristen. Likevel vil hvert avvik føre til en forsinkelse i prosjektet.

Lukkehastigheten gir HENT AS et overblikk over hvor lang tid det tar mellom et avvik er oppdaget til avviket er rettet på. Ved å bruke dette hjelpemiddelet så får de også sett utviklingen over tid.

#### 4.2.4 - Befaring

Ved befaring på NHH så var det mulig å se at det var brukt takting i dette prosjektet. HENT AS hadde her valgt å starte i øverste etasje og jobbe seg nedover i bygget. Teknisk sjakt gikk som en separat vertikal taktsone. I trapperommet i hver etasje var det utplassert takttavler, som gjorde det enkelt for prosjektledere og andre arbeidere å se hvordan de lå an ifølge skjema (se figur 17). Takttavlene hadde informasjon om taktene og vognene, slik at man alltid kunne vite hvem som skulle være i området og hvor lenge de skulle være der. Ved å ha kontroll over fremdriften, kan en også raskt sette i verk tiltak hvis det oppstår problemer. Det var også her brukt BIM-kiosker slik at det var enkel tilgang til tegninger ute på byggeplassen. HENT AS har som håp å bli en 100% papirløs arbeidsplass, men er ikke helt i mål med dette. Det er erfart at tekniske fag som for eksempel elektrikere er flinkere på å bruke BIM-kiosker enn andre fag.



Figur 17: En takttavle på NHH (bilde er tatt på NHH, 2020).

#### 4.3 - Borgafjell Barneskule



Figur 18: Borgafjell Barneskule (bilde er tatt på Borgafjell, 2020).

Borgafjell Barneskule befinner seg i Os utenfor Bergen. Prosjektet går ut på å bygge en ny barneskole. Nybygget skal bestå av to etasjer med et bruksareal på til sammen rundt 6800 kvm og skal inneholde blant annet klasserom, grupperom, garderober, gymsal og kantine. Skolen skal bygges i massivtre som er noe HENT AS har god erfaring med fra tidligere prosjekt (Persen, 2019). Kontrakten på prosjektet er en totalentreprise mellom HENT AS som totalentreprenør og Bjørnafjorden Kommune som byggherre.



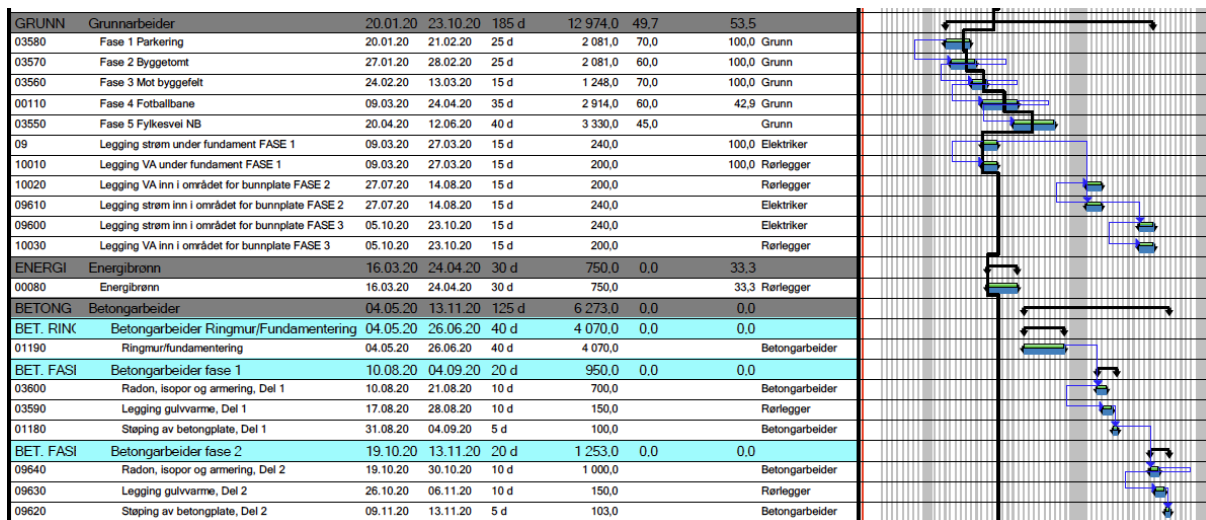
Borgafjell er et prosjekt i grunnarbeidsfasen. I mange prosjekter er grunnarbeidsfasen en fase som inneholder mye usikkerhet og er ifølge HENT AS den fasen hvor det oftest oppstår uforutsette utfordringer. Dette gjør planlegging spesielt utfordrende, og fører til at entreprenørene fort kan miste oversikten og dermed også kontroll over prosjektet. Dette er en av grunnene til at vi har valgt å se nærmere på hvordan bruken av taktplanlegging kan forbedres og hvordan Lean-tankegangen kan være med på å redusere sløsing, samt optimalisere effektiviseringen i en byggefase som ofte er preget av usikkerhet. Borgafjell er et prosjekt med flere uforutsette hendelser, og et prosjekt hvor det har vært forsøkt takting på ulike detaljnivå.

Prosjektet på Borgafjell har hatt flere utfordringer som har ført til at prosjektet har fått en del forsinkelser. Like ved byggeplassen går en elv. På grunn av mye nedbør steg vannet såpass mye at store mengder vann fløt på byggeplassen som igjen førte til en oversvømmelse. Dette gjorde at det ble beordret byggestans fra byggherren i påvente av at situasjonen skulle bedre seg. En annen utfordring som oppstod tidlig i prosjektet var at det ble funnet et betongrør i grunnen. Dette røret var ikke på noen tegninger og verken byggherre eller entreprenør (HENT AS) var derfor forberedt på de utfordringene dette medførte. Disse hendelsene førte til at byggestart på prosjektet ble utsatt i tre uker.

I grunnarbeidsfasen er det viktig å avdekke feil og utfordringer så tidlig som mulig. Ifølge HENT AS er uforutsette forhold i grunn den største risiko årsaken til at fremdriftsplanen ikke overholdes. Det er derfor ikke anbefalt å sette en startdato for råbygg før denne fasen er under kontroll (Veileder for trimmet gjennomføring, 2020). Det inngår også som en viktig del av risikostyringen at møtene som er satt på forhånd overholdes. Ved god kommunikasjon med underentreprenører i grunnarbeidene kan man lettere oppdage hindringer og også lettere endre på fremdriftsplanen slik at vi unngår venting for arbeidere (Morken, pers.med., 2020).

Datagrunnlaget som er brukt i case studiet er hentet fra HENT AS sine systemer for prosjektstyring. Data vi har fått tilgang til er fremgangsplaner/taktplaner, avviksoversikt for HMS og Kvalitet og S-kurver.

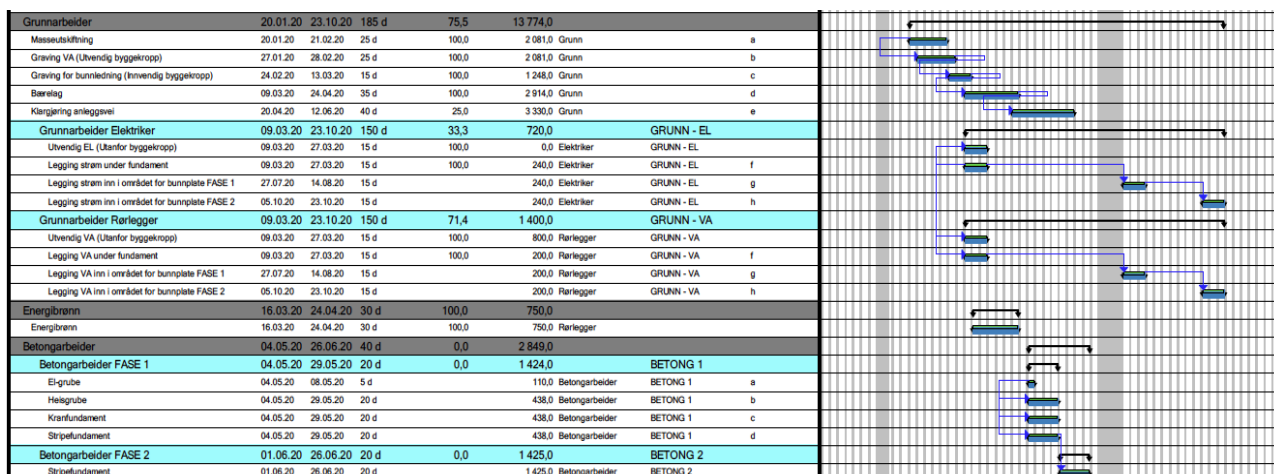
### 4.3.1 - Taktplan



Figur 19: Taktplan for Borgafjell Barneskule (hentet fra HENT Core, 2020).

Noe som er bemerkelsesverdig fra taktplanen avgrenset til grunnarbeidene, er at den er taktet på en annen måte enn de andre fasene som for eksempel betongarbeidene. Hvis vi tar en nærmere titt på betongarbeidene (figur 19), ser vi hvordan arbeidet er delt opp i faser. Under hver av disse fasene er det delt inn i mindre arbeidsoppgaver. I denne måten å planlegge på, finner vi samtlige Lean-prinsipper som er beskrevet i teorien. Inndelingen følger JIT-prinsippet og gjør at vi får de riktige arbeidene på riktig plass til riktig tid. Vi får en god flyteffektivitet, og den gode planleggingen minimerer rom for variasjoner som gir en høyere effektivitet ifølge effektivitetsmatrisen. “Jidoka”-prinsippet oppfylles ved visualiseringen på høyre side. Her kan alle som er involvert i prosjektet få en tydelig oversikt over fremdriften til prosjektet og lettere forstå hvor deres faggruppe og arbeid kommer inn.

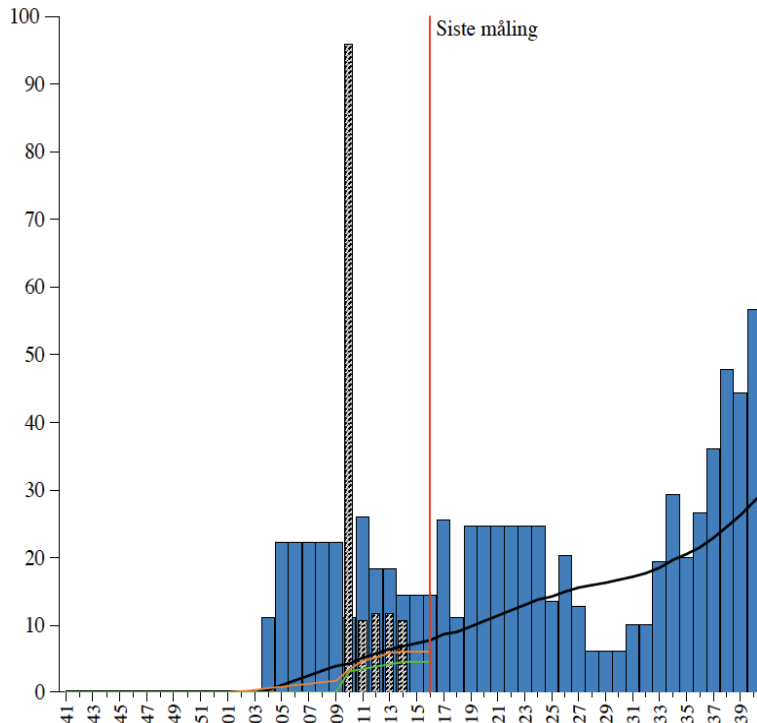
I grunnarbeidene ser vi derimot at fremdriftsplanen ikke går til samme detaljnivå. Her er fremdriftsplanen delt inn i større faser framfor arbeidsoppgaver. Årsaken til dette er hovedsakelig for å gi større rom for variasjoner uten at det skal gå utover neste takt i fremdriftsplanen. På Borgafjell gjorde dette at arbeidet ble vanskeligere å følge opp for prosjektleder, noe som også gjorde at forsinkelsene var vanskeligere å oppdage og gjorde mer utslag enn nødvendig (Morken, pers. med., 2020). Det ble derfor laget en ny revidert taktplan med et høyere detaljnivå.



Figur 20: Ny revidert taktplan for Borgafjell Barneskule (hentet fra HENT Core, 2020).

På den nye taktplanen (figur 20) ser vi hvordan den er delt inn med et høyere detaljnivå med egne faser for elektriker og rørlegger. Vi ser også at planen er delt inn med en ønsket rekkefølge på arbeidene med bokstavene på høyre side som gjør det lettere å observere rekkefølgen på arbeidene og eventuelt hvem som arbeider samtidig.

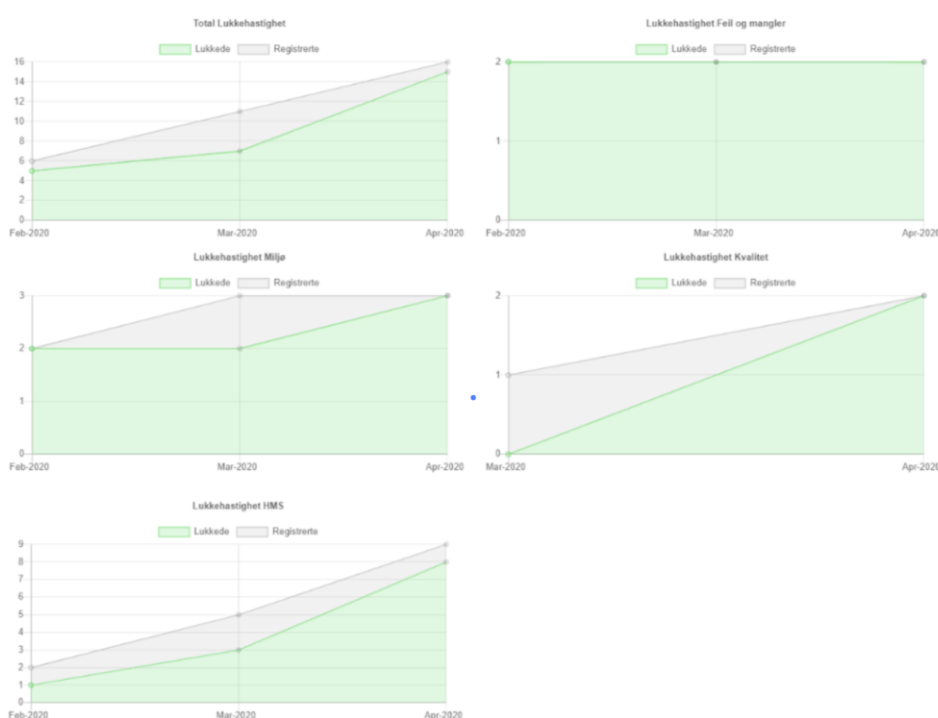
#### 4.3.2 - S-kurve



Figur 21: Histogram for Borgafjell Barneskule (hentet fra HENT Core, 2020).

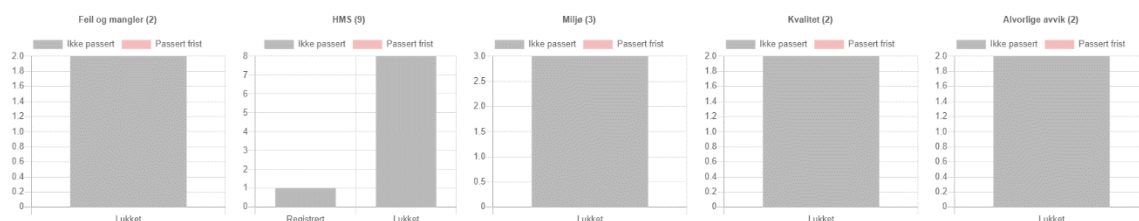
Hvis vi ser nærmere på S-kurven (figur 21) til Borgafjell ser vi et hopp i kurvene uke ti. Dette skyldes manglende timeføring hos underentreprenører over flere uker som blir registrert samtidig. Den forsinkede timeføringen skyldes i stor grad dårligere kommunikasjon mellom prosjektledelse og underentreprenør og er et resultat av den lavere detaljeringsgraden i fremdriftsplanen (Morken, pers. med., 2020). Sammenligner vi planlagte antall timer med faktiske timer i diagrammet ser vi hvordan de to grafene ligger på omtrent samme nivå i uke ti. Fra uke elleve ser vi hvordan effektiviteten økes samtidig som fremdriften overholdes.

### 4.3.3 - Avvik



Figur 22: Oversikt over lukkefastighet for avvik på Borgafjell (hentet fra HENT Core, 2020).

Siden prosjektet fortsatt er i en startfase er det enda ikke registrert særlig mange avvik. Totalt er det registrert 16 avvik hvor 15 av dem er lukket. De to kvalitetsavvikene som er registrert på prosjektet er feilført og skulle vært ført som HMS-avvik.



Figur 23: Oversikt over registrerte og lukkede avvik på Borgafjell (hentet fra HENT Core, 2020).

## 5 - Diskusjon

For å sørge for effektivitet på bygge- og anleggsplassen bør Lean være med som en viktig komponent, allerede i planleggingsfasen. Når bedrifter tar i bruk Lean Construction gjøres det ofte med ambisjon om å bidra til smartere og mer effektivt arbeid. Hvilke metoder innen Lean som finnes og som kan brukes i taktplanlegging i et bygg- og anleggsprosjekt danner grunnlaget for problemstillingen og diskusjonen i oppgaven vår. Gjennom diskusjonen av resultatene vil vi svare på vår problemstilling:

*Hvordan forbedre implementering av Lean i taktplanlegging?*

Casestudiene som er gjennomgått i denne oppgaven er viktig for å se hva som fungerer og ikke fungerer i hver fase. For å besvare problemstillingen vil vi sammenligne teori mot HENT sin praksis for å vurdere om det er mer som kan gjøres. Vi vil først se nærmere på fordeler og ulemper med de forskjellige Lean-metodene.

### 5.1 - utfordringer med implementering av Lean i taktplanlegging

Ved å se på resultatene av casene fra NHH og Borgafjell er det mulig å identifisere problemene med implementeringen av Lean i de ulike fasene. Fra taktplanene kan man se at detaljnivået varierer. I innredningsfasen (NHH) er hver enkelt aktivitet beskrevet og gitt en kort tidsperiode den skal gjøres innen (figur 24).

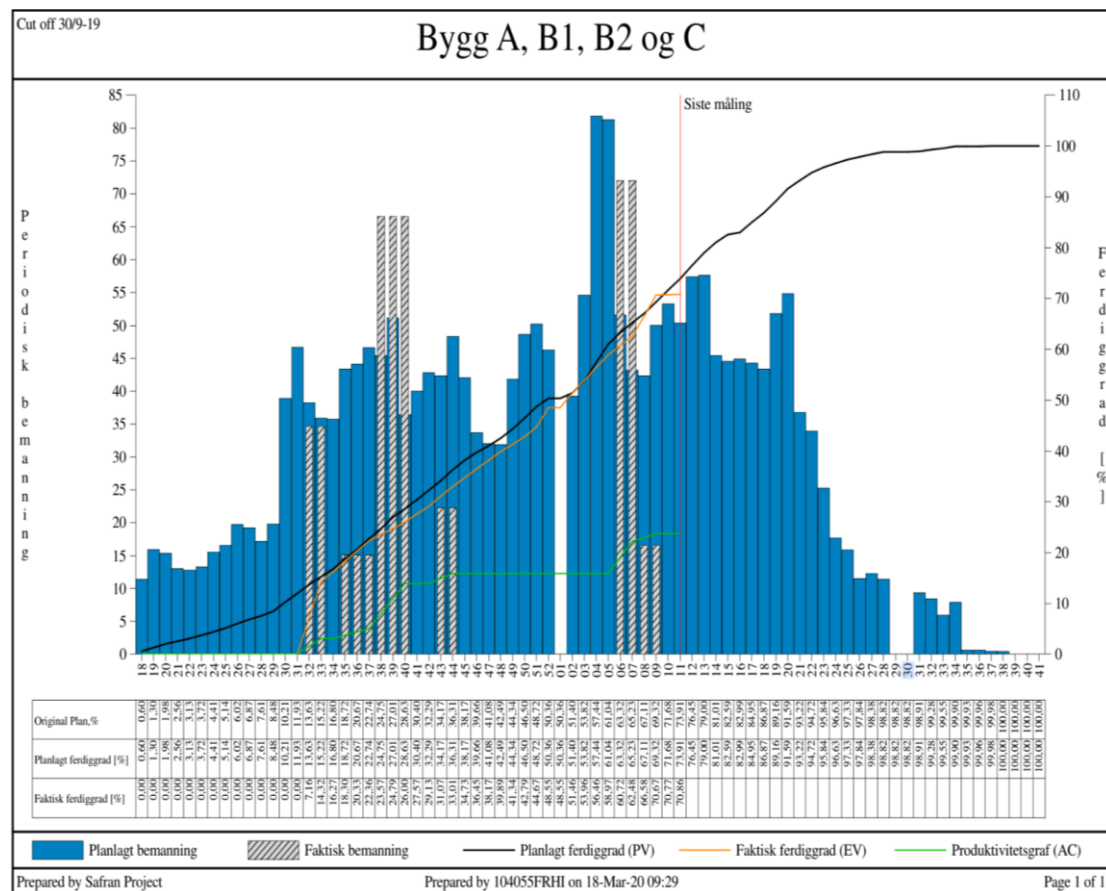
Innredning	27.Apr.2020	29.May.2020	25 d
Systeminnredning	27.Apr.2020	08.May.2020	10 d
Dørmontasje	27.Apr.2020	08.May.2020	10 d
Lås og beslag	27.Apr.2020	08.May.2020	10 d
Fast innredning	27.Apr.2020	08.May.2020	10 d
Listverk/fuging	27.Apr.2020	08.May.2020	10 d
Teknisk under himling / Sluttkomplettering	27.Apr.2020	15.May.2020	15 d
Egentester EL, RØR og Vent	18.May.2020	22.May.2020	5 d
Lukking av himling	25.May.2020	29.May.2020	5 d
Vask over himling	25.May.2020	29.May.2020	5 d
Vask under himling	25.May.2020	29.May.2020	5 d

Figur 24: Utklipp fra taktplanen for NHH (hentet fra HENT Core, 2019).

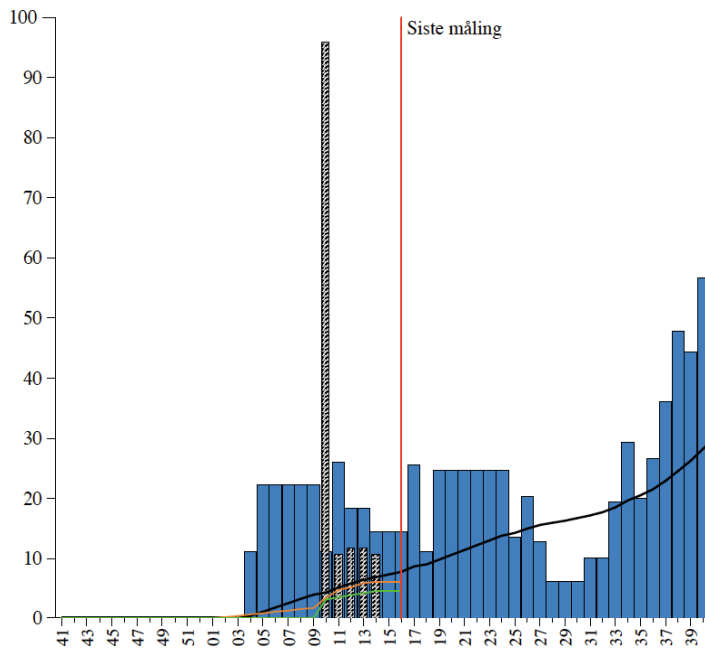
På prosjektet på Borgafjell er taktplanen laget for relativt store områder (figur 25). Grunnen til dette er at det er ofte færre arbeidsgrupper involvert i denne fasen. Dette gir et lavere detaljnivå, samt større tidsavbrekk mellom hver internkontroll. På NHH er det mellom 5 og 15 arbeidsdager (en til tre uker) i hver takt. Dette gir både HENT AS og underentreprenør mulighet til å kontrollere området underveis. På Borgafjell er det takter som varer opptil 40 arbeidsdager (åtte uker). Ved å ha så store takter i prosjektet, vil man måtte forholde seg til datoer som er langt frem i tid. Har man korte takter i prosjektet, vil dette gjøre det enklere for underentreprenør og holde kontroll på egen fremdrift.

GRUNN	Grunnarbeider	20.01.20	23.10.20	185 d	12 974,0	49,7
03580	Fase 1 Parkering	20.01.20	21.02.20	25 d	2 081,0	70,0
03570	Fase 2 Byggetomt	27.01.20	28.02.20	25 d	2 081,0	60,0
03560	Fase 3 Mot byggefelt	24.02.20	13.03.20	15 d	1 248,0	70,0
00110	Fase 4 Fotballbane	09.03.20	24.04.20	35 d	2 914,0	60,0
03550	Fase 5 Fylkesvei NB	20.04.20	12.06.20	40 d	3 330,0	45,0
09	Legging strøm under fundament FASE 1	09.03.20	27.03.20	15 d	240,0	
10010	Legging VA under fundament FASE 1	09.03.20	27.03.20	15 d	200,0	
10020	Legging VA inn i området for bunnplate FASE 2	27.07.20	14.08.20	15 d	200,0	
09610	Legging strøm inn i området for bunnplate FASE 2	27.07.20	14.08.20	15 d	240,0	
09600	Legging strøm inn i området for bunnplate FASE 3	05.10.20	23.10.20	15 d	240,0	
10030	Legging VA inn i området for bunnplate FASE 3	05.10.20	23.10.20	15 d	200,0	

Figur 25: Utklipp fra taktplanen fra Borgafjell (hentet fra HENT Core, 2020).



Fra S-kurvene fra prosjektene kan man se på faktisk utførelse opp mot planlagt utførelse. Figur 26 viser S-kurven fra NHH fra tidligere i oppgaven. Man kan se fra figuren at NHH har vært en periode med lite innmeldte timeverk mellom uke 44 og 6 ved årsskiftet. Dette er på grunn av manglende fokus fra ledelsen i prosjektet (Handegaard, pers. med., 2020).



Figur 27: Viser samme S-kurve fra Borgafjell som vist tidligere (hentet fra HENT Core, 2020).

Fra S-kurven fra Borgafjell (figur 27) ser vi et lignende fenomen. Fra oppstart av prosjektet til uke ni er det ingen innmelding av timer, før alt blir meldt inn i en bolk i uke ti. Dette er i oppstarts- og grunnfasen på prosjektet, og årsaken er manglende innmelding fra underentreprenør (Morken, pers. med., 2020). S-kurvene fra begge prosjektene viser at ansvaret for innmelding av timer ligger på både underentreprenør og prosjektledelse.

## 5.2 - Metoder for implementering av Lean

I denne delen av diskusjonen vil vi se nærmere på forskjellige Lean-metoder. Vi ser på teorien bak metodene og hvordan de blir benyttet i HENT AS og de to casene. Vi ser også på hvordan metodene blir benyttet i ulike faser og hvilke utfordringer som eventuelt er knyttet til metodene.

### 5.2.1 - Last Planner System

Bruk og implementering av LPS fører med seg flere fordeler. De to store fordelene er mindre sløsing og høyere fortjeneste. En stor del av LPS er at arbeidet blir mer og mer planlagt i detalj etter hvert som man nærmer seg dagen for utførelse (hovedplanlegging). Ved å planlegge med stadig høyere detaljnivå etter hvert som man nærmer seg utførelse, får man en bedre oversikt over tidsbruk og hvordan man best mulig kan utnytte den. Dette gjør at man blir mer flyteffektiv. Faseplanlegging gir en tidlig oversikt over hvilke arbeider som skal gjøres, mens den ukentlige arbeidsplanen gir utførende arbeidere lett tilgang til hva som skal gjøres.

Utkvikksplanlegging er et trinn i LPS som i stor grad samkjører både HENT AS sine tilnærming av taktplanlegging og taktplanlegging rent teoretisk. Man ser på forberedende arbeid og sørger for at dette er gjort. Ved å gjøre dette for hver takt får man utført en kontinuerlig kvalitetskontroll av prosjektet, samtidig som man sørger for god arbeidsflyt for arbeiderne.

PPU (prosent, planlagt, utført) er et målesystem fra LPS. Ut fra casestudiene kan man se at HENT AS allerede har tatt dette i bruk. S-kurvene viser faktisk fremgang mot planlagt fremgang, i tillegg til faktisk timeverk sett opp mot planlagt timeverk. Dette gir HENT AS en oversikt over hvor effektivt det blir jobbet. For at PPU skal være nøyaktig/pålitelig er det viktig med kontinuerlig statusoppdatering. Her har, som tidligere nevnt, HENT AS opplevd at spesielt grunnarbeid melder inn timeverk i store bolker istedenfor kontinuerlig underveis. Dette gjør det vanskelig å følge fremgang underveis.

Noen av de store utfordringene med implementering av LPS er mangel på trening, lederskap og menneskelige ressurser samt motstand til endring (Porwal et.al, 2010). Det er derfor veldig viktig med et sterkt engasjement fra ledelsen i bedriften. Utvikling av strategier for implementering og trening er avgjørende for at metoden skal være suksessfull.



### 5.2.2 - 5S

En oversiktlig og ryddig arbeidsplass er viktig for å kunne bevare en god flyt og god effektivitet på en byggeplass. 5S er en kjent metode for å implementere Lean på byggeplasser og danner et godt grunnlag for videre implementering av et Lean-produksjonssystem (Chapman, 2005).

Imai skriver i boken *Gemba Kaizen* "As a general rule of thumb, introducing good housekeeping reduces the failure rate by 50 percent, and standardization further reduces the failure rate by 50 percent of the new figure" (Imai, 1997, s.16). Ifølge Imai kan altså prosessfeil reduseres med rundt 50% ved hjelp av god organisering og ytterligere ved hjelp av standardisering. Ifølge 5S metodikken innebærer sortering å fjerne alt unødvendig og strukturere alt som skal benyttes. For prosjektet på NHH handler sortering i stor grad om å sortere ut hvilke materialer som skal benyttes og hvilke materialer som kan fjernes. På Borgafjell er situasjonen litt annerledes siden det ofte ikke er involvert så mye materialer i grunnarbeidsfasen. I dette tilfellet blir alle overflødige masser levert direkte til et nærliggende deponi (Morken, pers. med., 2020).

Systematisering henger godt sammen med å sortere. Et av tiltakene som er gjort på både NHH og Borgafjell er at det er satt ut verktøy-containerer som gjør at arbeiderne alltid har nødvendig verktøy tilgjengelig i nærheten. JIT-prinsippet er også en viktig del av systematiseringen. I HENT AS blir JIT benyttet ved at materialene får et tildelt område, og en får ikke sette inn materialer på byggeplassen før det faktisk skal benyttes. På NHH har de hatt god suksess med dette da mye av arbeidet foregår i ganger og smale områder med liten plass og trange passasjer. At ubrukte materialer ikke blir liggende i veien har derfor vært viktig for å sikre en god flyt. I grunnarbeidene er det sjeldent problemer med trange passasjer, men JIT vil likevel være et viktig prinsipp. I grunnarbeidene vil det typisk være flere maskiner som er avhengig av hverandre, eller kanskje en bunnledning som skal graves ned fortløpende mens den blir lagt. At prosessene har en god flyt og riktig oppgave blir gjort til riktig tid vil derfor likevel være viktig for å sikre en god fremdrift.

I BA-bransjen innebærer skinne å rengjøre og vedlikeholde redskaper og holde orden arbeidsplassen. På NHH gjennomføres det Rent tørt bygg-runder (RTB) for å overholde den standarden som er satt, samt vernerunder når det er nødvendig. RTB-rundene gjennomføres av en ansvarlig fra HENT AS sammen med byggherre og baser fra underentreprenørene som er inne på byggeplassen. I etterkant av runden sendes det ut en rapport som oppsummerer hva som er blitt gjennomgått og inneholder hvem som har ansvaret, et bilde av hva det gjelder og en kort beskrivelse (hvem, hva, hvorfor). Deretter må underentreprenør ta nytt bilde når saken er løst og sende til ansvarlig fra HENT AS. På Borgafjell blir ikke RTB-runder gjennomført, men det blir likevel utført vernerunder når det er nødvendig. Mindre runder vil føre til at det blir vanskeligere å holde oversikt.

Standardisering handler om å følge opp og utarbeide en strategi for de tre første punktene i metoden (Hiwale et.al., 2018). Målet er altså at de tre første S-ene skal følges, og for å oppnå dette benyttes det gjerne en strategi som består av rutiner og systemer. Ved hjelp av RTB-runder med underentreprenør oppnår HENT AS en felles forståelse for hvordan byggeplassen skal se ut, og så følges dette opp hver uke. Resultatene av dette er at arbeiderne forstår hva som forventes av dem, slik at de etter hvert får rutiner som oppfyller 5S sine kriterier. En viktig del av standardiseringen er også HENT Core. I dette systemet finner vi mange nyttige funksjoner som timeføring og avvikslogg som er viktige faktorer for god standardisering. På Borgafjell blir disse systemene brukt i en mindre grad, noe som er erfart på generell basis i grunnarbeidsfasen (Morken, pers. med., 2020). Det blir heller ikke gjennomført RTB-runder i nåværende fase av prosjektet som også gjør standardiseringen vanskeligere og fører til større variasjoner i prosjektet. Et forbedringspotensial her kunne vært at prosjektledelse hadde rutiner på å følge opp disse systemene og også hatt bedre gjennomganger med underentreprenør.

Sikringen innebærer å vedlikeholde og kontinuerlig forbedre rutiner og standarder som er satt og at alle 5S stegene utvikles slik at de slår dype røtter i hele organisasjonen (Chapman, 2005). Det er også viktig at rutinene tilpasses nye endringer i organisasjonen. Siden HENT Core er under kontinuerlig forbedring skjer det stadig nye endringer som de ansatte må forholde seg til. HENT AS har derfor egne arbeidere som tar seg av implementering og formidling av endringer. Når vi ser på de to prosjektene som er i forskjellige faser har vi imidlertid lagt merke til at HENT Core blir vesentlig mer brukt i fasene etter grunnarbeidene.

### 5.2.3 - Virtual Design and Construction

Variasjoner er en stor utfordring på byggeplassen og medfører vanskeligheter ved planlegging av arbeidet. HENT AS mener det er variasjonene og usikkerheten i grunnen som gjør det vanskelig å lage en god taktplan for arbeidet i denne fasen. Ettersom det er svært sjeldent med like grunnforhold på tvers av byggeplasser er det viktig å få kontroll og oversikt på dette tidlig i prosjektet. Gjøres ikke dette, kan det medføre store ekstra kostnader og i verste fall gjøre prosjektet til et tapsprosjekt.

VDC har som mål og hensikt å redusere usikkerhet og variasjoner, øke verdiskapningen til prosjekt og øke effektiviteten av arbeid. Kunz & Fischer har funnet at VDC kan hjelpe drastisk på effektivitet og oversiktighet under arbeid dersom det implementeres rett, men at det har sine begrensninger (Kunz & Fischer, 2012). En stor del av grunnlaget i VDC er standardisering og å finne løsninger man kan ta med seg fra prosjekt til prosjekt, samt modeller som går på tvers av faggrupper for utveksling av informasjon for å hindre konflikter. I et prosjekt som casestudiet vårt på NHH, som er i innredningsfasen, kan dette fungere bra da prefabrikkerte elementer sammen med visualiserings-modeller kan brukes og det er mindre variasjoner og ukjente elementer. På casestudiet på Borgafjell som er i grunnarbeidsfasen, er derimot ikke prefabrikkerte elementer like aktuelt da grunnforhold alltid har variasjoner. Det er her også vanskelig å bruke visualisering da grunnforhold ikke lar seg fremstille i visualiserings-modeller til samme grad som bygg og konstruksjoner.

Mye arbeid av ulike aktører skal skje på kort tid over stort areal under grunnarbeidsfasen. Dette fører med seg vanskeligheter for en effektiv utførelse av arbeid og gjør det vanskelig å lage en god detaljert taktplan grunnet de store områdene. Resultatet kan fort bli at fagfolk må vente lenge på å få slippe til. Selve utførelsen av arbeid må skje på en sekvensiell måte i grunnarbeidsfasen, gjerne uten mulighet for en parallell arbeidsutførelse. Ved å anvende deler av ICE-metodikken tror vi dette kan jobbes rundt, hovedsakelig da ved jevnlig bruk av tverrfaglige møter for å bedre kommunikasjon og koordinasjon. På den måten reduseres uoversiktligheten i grunnarbeidsfasen og en kan potensielt lage mer detaljerte taktplaner for områder på plassen basert på en bedret koordinering.

### 5.3 - Implementering av Lean i taktplanlegging

Siden HENT AS startet sin Lean-satsning i 2016, har konseptet forplantet seg dypt i organisasjonen og de har tatt i bruk flere av virkemidlene i Lean. Bedriften benytter seg av verktøy og metoder som følger JIT og Jidoka prinsippene. De har også systemer hvor LPS og 5S metodikk er implementert og de benytter seg av en rekke Lean baserte verktøy som ICE, VDC og taktplanlegging. Dette gjør at HENT AS på mange måter viser seg som en bedrift hvor Lean er godt implementert. Det betyr likevel ikke at alt fungerer optimalt, og at det ikke oppstår problemer som kunne vært unngått ved hjelp av en bedre planlegging og praktisering av Lean.

Ser vi på Borgafjell så har uforutsette hendelser ført til en forsinkelse på hele prosjektet med tre uker. Årsaken var oversvømmelse, ukjent betongrør i grunn og dårlig kommunikasjon mellom HENT AS og Bjørnafjorden kommune.

Før oppstarten av en fase gjennomføres det totalt seks forberedelsesmøter over en periode på ti uker. I disse møtene blir arbeidsoppgavene som skal utføres planlagt i detalj med involvering av underentreprenør allerede seks uker før oppstart. Én uke før oppstart er siste gjennomgang og utførende underentreprenør skal da være trygge på at alt ligger til rette for en god start med et godt arbeidsgrunnlag og at alt av materiell samt nødvendig produksjonsutstyr er på plass. Dette fører til at taktplanen kan følges med lite rom for variasjon.

Mulige utfordringer knyttet til grunnarbeidene er det derimot ikke alltid like avklart før oppstart. Manglende grunnundersøkelser vil for eksempel medføre større risiko for at en støter på uforutsette problemer i denne fasen. Hvis en på et tidligere tidspunkt hadde gått til anskaffelse av geoteknisk rådgivning og grunnundersøkelser, kunne denne risikoen vært redusert. Å utføre grunnundersøkelser vil øke kostnaden på grunnfasen, men vil kunne være både tids- og ressursbesparende på sikt (Rudlang, 2014).

Det følger av NS-8407 punkt 23.1 at "Byggherren har risiko for forhold ved grunnen dersom de avviker fra det totalentreprenøren hadde grunn til å regne med ved utarbeidelsen ved tilbudet". Det er altså ikke totalentreprenør som har risikoen for uforutsette hendelser som ikke er avklart før kontrakt. Siden totalentreprenør både har krav på tilleggsvederlag og tidsforlengelse for uforutsette hendelser er det altså lite motiverende å gjennomføre slike kostbare undersøkelser før oppstart. På Borgafjell var det også dette som var den direkte årsaken til at det ikke ble utført ytterligere undersøkelser fra HENT AS sin side. Selv om HENT AS har lagt gode rammer for god flyt og få variasjoner i taktplanen, kreves det altså at Lean tankegangen også er implementert hos byggherren for at vi skal kunne oppnå en god flyt i grunnarbeidene. En løsning kan derfor enten være at byggherren tar grundigere undersøkelser som inkluderes i tilbudsgrunnlaget, eller at kontrakten spesifiserer at ansvaret overføres til entreprenør.

En viktig faktor for at det skal være enkelt for både underentreprenør og entreprenør å følge og ha kontroll på fremdriften i en taktplan, er god visualisering. HENT AS benytter seg av S-kurver i sine prosjekter som visualiserer fremgangen på en god måte. Her får en oversikt over hvor langt underentreprenør er kommet i forhold til planlagt fremdrift og hvor mye tid som er brukt i forhold til planlagte arbeidstimer. På den måten blir Jidoka-prinsippet godt implementert. Vi ser også hvordan S-kurvene implementerer LPS ved hjelp av grafene basert på PPU.

Ut fra våre to case-studier ser vi at det alltid er en viss fare for at en ikke alltid får like gode resultater, for eksempel på grunn av manglende engasjement fra underentreprenør og prosjektledelse. I perioder hvor prosjektledelse ikke har fulgt opp at underentreprenør rapporterer timeverk i deres system, har timeføringen vært mangelfull og kurvene derfor ikke vist korrekte resultater. Større engasjement og bedre rutiner for rapportering vil derfor være et viktig kriterium for at S-kurvene skal vise gode resultater. S-kurvene er tett knyttet opp mot taktplanen, og bedre rutiner og et større fokus på rapportering av timer og fremdrift vil derfor være en viktig faktor for bedre implementering av Lean i taktplanen. Dette gjelder hele prosjektfasen, men spesielt i grunnarbeidene, hvor det ofte er mindre oppfølging og større ansvar på underentreprenør (Morken, pers. med., 2020). Dette samsvarer også med tidligere forskning på utfordringer knyttet til LPS slik Porwal et.al beskriver det (Porwal et.al, 2010). Et viktig kriterium for god implementering av Lean vil da være å ha fokus på godt engasjement fra hele organisasjonen, ikke bare enkeltpersoner.

## 6 - Konklusjon

Lean er et vidt begrep som blir behandlet på mange ulike måter. I denne oppgaven har vi sett på implementering av Lean ved hjelp av verdier, prinsipper, metoder og verktøy. Et viktig verktøy for implementering av Lean i BA-bransjens felles forståelse for Lean, Lean Construction, er taktplanlegging. Hvordan en organisasjon ønsker å legge opp taktene i utførelsesfasen til et prosjekt varierer i ulike prosjekter og ulike faser. Det som er felles for alle faser og prosjekter er at variasjoner og uforutsette hendelser skaper dårligere flyt og dermed også lavere effektivitet. En fase som er spesielt utsatt for slike hendelser er grunnarbeidsfasen og denne fasen blir derfor ofte planlagt i mindre detaljer enn øvrige faser. Siden Lean i stor grad handler om å fjerne sløsing, forbedre flyt og standardisere arbeidsprosesser har vi ønsket å se på mulighetene til å forbedre implementeringen av Lean i taktplanleggingen.

Implementeringen av Lean i taktplanlegging varierer mellom ulike faser av et byggeprosjekt. I noen faser er det enklere enn andre. Med dette følger også Lean-verktøy og prinsipper som hjelper med å skape en oversikt og struktur, samt redusere variasjoner på byggeplassen. Måten disse verktøyene og prinsippene blir tolket på varierer fra bedrift til bedrift og vil da også ha ulik effekt.

For å få en bedre oversikt over hvordan disse verktøyene og prinsippene blir brukt i praksis har vi sett på våre to caser ved NHH og Borgafjell. Disse casene viser at HENT AS har tatt i bruk flere viktige virkemidler innen Lean, men at det fortsatt er muligheter for forbedring. Ved å se på S-kurver opp mot taktplanene for prosjektene ser vi den planlagte fremgangen sammenlignet med faktisk fremgang. Det er likevel ikke alltid denne informasjonen har vært like godt presentert. Kurvene viser perioder med manglende innrapportering av timer, som gjør det vanskelig å holde et reelt overblikk over prosjektet. På Borgafjell skyldes dette manglende rapporteringer fra underentreprenør, mens det på NHH er manglende fokus fra prosjektledelsen som fører til dårligere oppfølging og rapportering.

For at implementeringen av Lean skal kunne bli forbedret i taktplanlegging mener vi at engasjementet for bruk av Lean må økes hos alle parter som er involvert i prosjektet. Det kreves også at alle parter er enige om hvordan prosjektet skal utføres. For at vi skal kunne minimere variasjoner må partene være enige i hvilke undersøkelser som er nødvendige slik at forsinkelser kan unngås. Med flere undersøkelser og bedre planlegging kan detaljnivået på taktplanene økes slik at prosjektene kan oppnå en høyere flyteffektivitet. Siden flyteffektivitet er en viktig del av Lean vil vi få en forbedret implementering av Lean i taktplanlegging med dette fokuset.

Viktige verktøy innen LC som kan forbedre implementeringen av Lean er LPS, 5S og VDC. Ved hjelp av god visualisering, standardisering og strukturering følger verktøyene de viktige Lean-prinsippene Jidoka og JIT. Ved bruk av disse verktøyene får man bedre kommunikasjon mellom aktører og enkeltpersoner, samt en bedre oversikt over prosjektet og de arbeid som ligger til grunn. I tillegg vil dette redusere sløsing og tidsbruk som igjen skaper mer verdi for kunde.

Fra samtaler, litteratur og casene hos HENT AS ser vi at disse verktøyene på mange måter allerede er godt implementert i organisasjonen. Vi mener likevel at et økt engasjement og samarbeid med andre involverte aktører ytterligere kan forbedre denne implementeringen. Et høyere engasjement fra alle aktører, gjennom hele utførelsen av et prosjekt, vil gi oss forbedrede taktplaner med bedre flyt og mindre variasjoner. Dette vil igjen gjøre det lettere å følge med på fremgang i prosjektet, som i sin tur gjør at man kan komme med forbedrende tiltak underveis.

Konklusjonen vår er da at det trengs sterkere fokus og høyere engasjement fra alle aktører i prosjektet, samt bedre rutiner for timerapportering. Lean bør være et konsept som er forstått av og tas i bruk av hele organisasjonen, ikke bare enkeltpersoner. En felles forståelse vil føre til at usikkerheter og variasjoner vil reduseres, slik at Lean blir bedre implementert i taktplanleggingen.



## 7 - Kildehenvisning

- Andersen, G. (2019, 31. januar). Valg av forskningsmetode. Hentet fra <https://ndla.no/nb/subjects/subject:19/topic:1:195989/topic:1:195829/resource:1:56937>
- Andreassen, A. & Sønslie, V. (2018). *Sammenhengen mellom Lean Construction og sikkerhet på norske byggeplasser*. (Mastergradsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet). Hentet fra <https://sikkerhetba.files.wordpress.com/2018/11/sammenhengen-mellom-lean-construction-og-sikkerhet-pacc8a-norske-byggeplasser-andreassen-sc3b8nslien-2018.pdf>
- Ballard, G. H. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. (Doktorgradsavhandling, The University of Birmingham, England). Hentet fra <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/1/Ballard00PhD.pdf>
- Bartolomei, R. T. (2019, 19. november). Digitale verktøy gjør byggebransjen mer bærekraftig: Gir også færre feil. Hentet fra <https://www.fremtidensbygg.no/digitale-verktoy-gjor-byggebransjen-mer-baerekraftig-gir-ogsaa-faerre-feil/>
- Byggeindustrien. (2018, 29. mai). HENT med stor LEAN-satsing. Hentet fra <http://www.bygg.no/article/1356054>
- Byggordboka. (2017, 24. november). Tiltak i eksisterende bygninger - begreper. Hentet fra <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/tiltak-i-eksisterende-bygninger-begreper>
- Chachere, J., Kunz, J. & Levitt, R. (2004). *Observation, Theory, and Simulation of Integrated Concurrent Engineering: Grounded Theoretical Factors that Enable Radical Project Acceleration* (CIFE Working Paper #WP087). Hentet fra <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.319.3117&rep=rep1&type=pdf>
- Chapman, C. D. (2005, juni). CLean House with Lean 5S. Hentet fra [https://www.ame.org/sites/default/files/qrl\\_docs/Clean%20House%20with%205S%20J%20Rubio\\_0.pdf](https://www.ame.org/sites/default/files/qrl_docs/Clean%20House%20with%205S%20J%20Rubio_0.pdf)
- Flatås, A. D. (2013). *Virtual Design and Construction: Fører dette til bedre produksjonsunderlag*. (Mastergradsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet). Hentet fra [https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2013\\_ntnu\\_andreas\\_dreyer\\_flatas.pdf](https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2013_ntnu_andreas_dreyer_flatas.pdf)
- Fullan, M. (2007). *The New Meaning of Educational Change* (4. utg.). London: Routledge.
- Golafshani, N. (2003, 4. desember). Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report*, 8(4), 597-606. Hentet fra <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol8/iss4/6/>
- Grindland, O. (2017). *Virtual Design and Construction: Implementering og effekter*. (Mastergradsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet). Hentet fra [https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2017\\_ntnu\\_trondheim\\_master\\_bygg\\_ola\\_grindland.pdf](https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2017_ntnu_trondheim_master_bygg_ola_grindland.pdf)
- Haeck, P. m.fl. (2019, 31. juni). Hva er en historisk kilde? Hentet fra <https://ndla.no/nb/subjects/subject:9/topic:1:182020/topic:1:186218/resource:1:132925>
- HENT AS. (2020, februar). Veileder: Trimmet gjennomføring. Upublisert.
- HENT AS. (2020). HENT Core. Upublisert.
- Hermundsgård, M. (u.å.). *Integrated Concurrent Engineering - Samtidig prosjektering for byggeprosjekter* - Veileder. Hentet fra [http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/635/artikler/veiledere/a5\\_veileder-ice.pdf](http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/635/artikler/veiledere/a5_veileder-ice.pdf)

- Hiwale, A., Wagh, A., Waghmare, V., Khairnar, D., Champanerkar, S., Mane, P. (2018). Effectiveness of 5s Implementation in Lean Construction (Commercial Building Construction Project). *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 6(6). Hentet fra <http://ijraset.com/files/serve.php?FID=17630>
- Høgskulen på Vestlandet. (u.å.). Validitet og reliabilitet i tekst. Hentet fra <https://hvl.instructure.com/courses/5102/pages/validitet-og-reliabilitet-i-tekst>
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense approach to a continuous Improvement strategy*. (2. Utg). Ukjent (McGraw-Hill). Hentet fra [https://www.academia.edu/35760416/Gemba\\_Kaizen\\_A\\_Commonsense\\_Approach\\_to\\_a\\_Continuous\\_Improvement\\_Strategy\\_2nd\\_Edition?email\\_work\\_card=interaction-paper](https://www.academia.edu/35760416/Gemba_Kaizen_A_Commonsense_Approach_to_a_Continuous_Improvement_Strategy_2nd_Edition?email_work_card=interaction-paper)
- Johansen, M. (2012, 28. oktober). HENT Magasinet nr. 3. Hentet fra [https://issuu.com/HENT/docs/HENTmagasinet\\_nr3.2012](https://issuu.com/HENT/docs/HENTmagasinet_nr3.2012)
- Kunz, J. & Fischer, M. (2012). *Virtual Design and Construction: Themes, Case studies Implementation Suggestions*. (CIFE Working Paper #097): Hentet fra [https://stacks.stanford.edu/file/druid:gg301vb3551/WP097\\_0.pdf](https://stacks.stanford.edu/file/druid:gg301vb3551/WP097_0.pdf)
- Mahzan, N. & Hassan, N. A. B. (2015). Internal Audit of Quality in 5s Environment: Perception on Critical Factors, Effectiveness and Impact on Organizational Performance. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 5(1), 92-102. Hentet fra <https://pdfs.semanticscholar.org/95d9/7bdc177ddf96b260c6f32843287693654546.pdf>
- Modig, N. & Åhlström, P. (2012). *Dette er Lean*. (1. utg). Stockholm: Rheologica Publishing.
- Murud, S. (2019, 12. desember). Restaurere, rehabiliter eller bare pusse opp? Hentet fra <https://www.byggogbevar.no/pusse-opp/huseier/artikler-viktig-aa-vite-for-huseier/restaurere-rehabiliter-eller-bare-pusse-opp>
- Persen, E. (2019, 26. november). HENT AS bygger "fremtidens skolebygg" på Os i Bjørnafjorden kommune. Hentet fra [https://www.ratos.se/globalassets/global/03\\_bolagen/HENT/191126\\_pm\\_HENT.pdf](https://www.ratos.se/globalassets/global/03_bolagen/HENT/191126_pm_HENT.pdf)
- Persvold, A. Z. (2018, 18. november). Implementere. Hentet fra <https://snl.no/implementere>
- Persvold, A. Z. (2018, 4. mai). Prosess. Hentet fra <https://snl.no/prosess>
- Porwal, V., Fernández-Solís, J, Lavy, S. & Rybkowski, Z. K. (2010). Last planner system implementation challenges, s. 548-556. Hentet fra [https://www.researchgate.net/publication/287715280\\_Last\\_planner\\_system\\_implementation\\_challenges/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/287715280_Last_planner_system_implementation_challenges/citation/download)
- ProjectPM. (2020, 24. februar). S Curves in Project Management. Hentet fra <https://project.pm/s-curve-project-management/>
- Riksantikvaren. (u.å.). Store rehabiliterings- og restaureringsprosjekter. Hentet fra <https://www.riksantikvaren.no/veileder/veileder-store-rehabiliterings-og-restaureringsprosjekter/>
- Roland, P. (u.å.). Ulike perspektiver på implementering. Hentet fra <https://laringsmiljosenteret.uis.no/getfile.php/13215550/L%C3%A6ringsmilj%C3%B8senteret/Pdf/Forskning%20og%20prosjekter/Implementering.pdf>

Rudlang, T. (2014). *Anskaffelse av grunnundersøkelser i bygg- og anleggsprosjekt: En kartlegging av dagens utfordringer og anskaffelsesstrategier*. (Mastergradsavhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet). Hentet fra [https://uis.brage.unit.no/uis-xmloi/bitstream/handle/11250/223405/Rudlang\\_Tore.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://uis.brage.unit.no/uis-xmloi/bitstream/handle/11250/223405/Rudlang_Tore.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Standard Norge. (2011). Alminnelige kontraktbestemmelser for totalentrepriser. Hentet fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=489899>

Statsbygg. (2016, 1. februar). Samspill-modell gir billigere og bedre bygg. Hentet fra <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2016/Samspill-modell-gir-billigere-og-bedre-bygg/>

Statsbygg. (2018, 21. november). Statsbygg-kontrakt for NHH til HENT. Hentet fra <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Statsbygg-kontrakt-for-NHH-til-HENT/>

Tjell, J. (2010). *Building Information Modeling (BIM) - in Design Detailing with Focus on Interior Wall Systems*. (Mastergradsavhandling, University of California, USA). Hentet fra [https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2010\\_ucb-dtu\\_janni\\_tjell.pdf](https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/2010_ucb-dtu_janni_tjell.pdf)

Todsén, S. (2018, 19. januar). Produktivitetsfall i bygg og anlegg. Hentet fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>

Toyota. (u.å.). Toyota Production System. Hentet fra <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>

Veidekke. (u.å.). Involverende planlegging - Lean construction. Hentet fra <http://veidekke.no/om-oss/kompetanse/article8308.ece>

## Personlige meddelelser

Håkon Handegaard Hansen, prosjektleder for HENT AS på Norges Handelshøyskole, informasjon kommer fra personlig kommunikasjon på mail, befarings og videomøter.

Erik Morken, prosjektleder for HENT AS på Borgafjell Barneskule, informasjon kommer fra personlig kommunikasjon på mail og videomøte.

Even Segbø, prosjektleder for Erstad & Lekven på BUS2 på Haukeland Universitetssjukehus, innleid foreleser i BYG117 - Entreprenør og byggeplassdrift, informasjon kommer fra forelesninger, mail og befarings.

Tomas Jonsson, konserndirektør innen teknologi og bærekraft hos HENT AS, informasjon kommer fra personlig kommunikasjon på mail.