



Norwegian University of
Science and Technology

Analyse og forbedring av Helgeland Betongs
produksjon av hulldekker ved bruk av Lean Six Sigma

Appliance of Lean Six Sigma for analysis and improvement of production
of hollow-core slabs at Helgeland Betong



Skrevet av: Helene Mjøs og Julie Øksnes Amland
20.05.2019



Institutt for maskinteknikk
og produksjon

BACHELOROPPGAVE VED MASKINTEKNIKK OG PRODUKSJON, TLOG3001

Tittel: Analyse og forbedring av Helgeland Betongs produksjon av hulldekker ved bruk av Lean Six Sigma. Appliance of Lean Six Sigma for analysis and improvement of production of hollow core slabs at Helgeland Betong.	Gruppenummer: 2019-004 Dato: 20.05.2019
Forfattere: Helene Mjøs og Julie Øksnes Amland	Gradering: Åpen
Studieretning: Logistikkingeniør	
Veileder internt: Alireza Ashrafian	
Oppdragsgiver: Helgeland Betong AS	
Oppdragsgivers kontaktperson: Gisle Bakken	

Sammendrag: Hensikten med denne oppgaven er å analysere og forbedre produksjonen av ett av Helgeland Betongs betongprodukter, hulldekker. Produksjonsforløpet lenge har vært preget av uventede stopp og variasjon i resultat og utførelse. Oppgaven er løst ved å benytte metoder og teori fra Lean Six Sigma. Resultatene fra analysen viser at de største problemene i produksjonen er maskinfeil og operatørfeil. Vi konkluderte med at Helgeland Betong AS bør innføre systemer for vedlikehold av maskiner, utførelse av arbeidsoppgaver og struktur på arbeidsområdet.	
Stikkord: Lean Six Sigma Hulldekker Standardisering Vedlikehold	Keywords: Lean Six Sigma Hollow-core slabs Standardization Maintenance

Forord

Denne bacheloroppgaven er gjennomført våren 2019 ved fakultetet for ingeniørvitenskap ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Den er den avsluttende oppgaven for den 3-årige bachelorutdanningen, Logistikingeniør, og teller 20 studiepoeng.


Bacheloroppgaven er skrevet i samarbeid med Helgeland Betong AS og omhandler deres produksjon av hulldekker. Betongproduksjon er et tema vi hadde lite kunnskap om fra før. Det har vært en spennende læringsprosess, hvor vi har anvendt kunnskap vi har opparbeidet gjennom studiet.

Vi vil takke vår interne veileder Alireza Ashrafian som har kommet med tilbakemeldinger og veiledning. Ellers vil vi takke Helgeland Betong AS, spesielt vår eksterne veileder Gisle Bakken og daglig leder Stian Bohlin som har kommet med gode innspill og støtte underveis i bachelorperioden.

Til slutt vil vi takke familie og venner som velvillig har lest gjennom rapporten og kommet med tilbakemeldinger!

Trondheim
20.05.2019


Helene Mjøs


Julie Øksnes Amland

Sammendrag

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Helgeland Betong AS som er en av Nord-Norges største betongprodusenter. Hensikten med oppgaven er å analysere og forbedre produksjonen av ett av deres betongprodukter, hulldekker. Dette fordi produksjonsforløpet lenge har vært preget av uventede stopp og variasjon i resultat og utførelse. Bedriften ønsker derfor å avdekke hva som fører til feil i produksjonen og å skape bedre oversikt over produksjonen.

Oppgaven er løst ved å benytte metoder og teori fra Lean Six Sigma. Teorien baseres hovedsakelig på temaene standardisert arbeid og Totalt Produktivt Vedlikehold. Den stegvise metoden DMAIC er brukt som fremgangsmåte i arbeidet, med forskjellige metoder og verktøy i de ulike stegene. For å kartlegge bedriften og produksjonen er det brukt intervju, datainnsamling og observasjoner. Denne kartleggingen og bedriftens avviksløgg ga grunnlaget for å kategorisere problemene bedriften opplever og hva de kan føre til. Videre ble det brukt paretoanalyse som metode for å finne ut hvilken kategori som hadde høyest frekvens og størst økonomisk konsekvens. Deretter ble rotårsaksanalyser brukt for å finne tilknyttede årsaker.

Resultatene fra analysen viser at ett av de største problemene i produksjonen skyldes hyppige maskinfeil. Det kommer fram at dette kan være en virkning av at det sjelden utføres forebyggende vedlikehold. Et annet resultat fra analysen viser at operatørfeil skjer oftere enn det burde. En viktig grunn til dette er at det ikke er avklart en arbeidsprosedyre og fordi arbeidsområdet ikke er standardisert. Vi har derfor konkludert med at Helgeland Betong AS bør innføre systemer for vedlikehold av maskiner, utførelse av arbeidsoppgaver og struktur på arbeidsområdet. Vi har foreslått tiltak og løsninger som baserte seg på prosedyrebeskrivelse, sjekklister og vedlikeholdsplaner. For vellykket innføring av disse løsningene må bedriften fokusere på holdninger og bedriftskultur.

Abstract

This thesis is written in collaboration with Helgeland Betong AS, which is one of Northern Norway's largest concrete manufacturers. The purpose of the thesis is to analyze and improve the production of one of their key concrete products, hollow-core slabs. This is because the production process long has been characterized by unexpected stops and variation in results and performance. The company therefore wants to uncover what leads to errors in production and to create a better overview of the production.

The task is solved by utilizing methods and theory from Lean Six Sigma. The theory is mainly based on the topics of standardized work and Total Productive Maintenance. The step-by-step method DMAIC is used as a method in the work, with different methods and tools in the various steps. To survey the company and production, interviews, data collection and observations have been used. This survey and the company's error log provided the basis for categorizing the problems the company is experiencing and what they can lead to. Furthermore, a pareto analysis was used as a method to identify which category had the highest frequency and greatest economic consequence. Then root cause analyzes were used to find associated causes.

The results of the analysis show that one of the biggest problems in production is due to frequent machine errors. It appears that this can be an effect of the seldom and random frequency of preventive maintenance. Another result of the analysis shows that operator errors occur more often than it should. An important reason for this is that a well-defined, best practice work procedure has not been established and because the work area is not standardized. We have therefore concluded that Helgeland Betong AS should introduce systems for the maintenance of machines, execution of work tasks and structure in the work area.

Innhold

1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Problembeskrivelse	1
1.3 Resultatmål	2
1.4 Effektmål.....	2
1.5 Avgrensninger	2
1.6 Oppgavens disposisjon	3
1.7 Begrepsavklaring	4
2. Teori	5
2.1 Lean Six Sigma.....	5
2.1.1 Kilder til sløsing – Muda.....	7
2.1.2 Kontinuerlig forbedring - Kaizen	8
2.2 Standardisert Arbeid	9
2.3 Vedlikehold og TPV – Totalt Produktivt Vedlikehold	10
2.4 5S.....	12
2.5 Implementering av Lean	14
3. Metode	15
3.1 DMAIC.....	15
3.2 Bedriftsbesøk	16
3.3 Intervju	16
3.4 Idedugnad	17
3.5 Litteraturstudium	17
3.6 Datainnsamling fra IT-systemet Landax	18
3.7 Metoder og verktøy i Lean Six Sigma	18
3.7.1 Paretoanalyse.....	18
3.7.2 Fiskebeinsdiagram	19
3.7.3 5xHvorfor	20
4. Kartlegging.....	21
4.1 Kartlegging av bedrift	21
4.1.1 Om Helgeland Betong AS.....	21
4.1.2 Bedriftens struktur	21
4.1.3 IT-systemet Landax.....	22

4.2 Produksjonsspesifikk informasjon.....	22
4.2.1 Hulldekke	22
4.2.2 Produksjonsområdet for hulldekke	24
4.2.3 Maskiner	25
4.3 Kartlegging av produksjonsforløpet	28
4.3.1 Planlegging av produksjonen	28
4.3.2 Gjennomføring av produksjonen	29
4.3.3 Sikkerhetstiltak.....	42
4.3.4 Oppsummering.....	42
5. Analyse	44
5.1 Problemer og konsekvenser	44
5.2 Analyse av produksjonen.....	47
5.2.1 Oppsummering.....	49
5.3 Analyse av problemer i produksjonen.....	50
5.3.1 Kategorisering	50
5.3.2 Målinger.....	51
5.3.3 Paretoanalyse.....	52
5.4 Rotårsaksanalyse.....	54
5.4.1 Fiskebeinsdiagram	54
5.4.2 5xHvorfor	57
6. Diskusjon og forslag til løsninger	60
6.1 Diskusjon.....	60
6.1.1 Operatørfeil.....	60
6.1.2 Maskinfeil.....	61
6.2 Forslag til tiltak og løsninger	62
6.2.1 Prosedyrer - Standardisert arbeid	62
6.2.2 Forslag til vedlikeholdsplan – TPV	64
6.2.3 5S	67
6.2.4 Innføring og oppfølging av løsninger.....	69
7. Konklusjon	71
7.1 Videre arbeid	72
Referanseliste.....	73
Vedlegg 1: Populærvitenskapelig artikkel	75

Vedlegg 2: Forslag til prosedyrebeskrivelse	77
Vedlegg 3: Forslag til sjekkliste for arbeidsoppgaver	81
Vedlegg 4: Spørsmål fra intervju	82

Tabelliste

Tabell 1 - Oppgavens disposisjon	3
Tabell 2 - Begrepsavklaring	4
Tabell 3 - 5S	12
Tabell 4 - Hulldekke - Høyde, Vekt, Lengde	23
Tabell 5 - Sagemaskin	25
Tabell 6 - Kostemaskin	25
Tabell 7 - Extruder	26
Tabell 8 - Betongtobbe	26
Tabell 9 - Boremaskin og sirkelsag	26
Tabell 10 - Oppspenningsjekk	27
Tabell 11 - Klargjøring av baner	29
Tabell 12 - Utstøping	34
Tabell 13 - Rengjøring av maskiner	37
Tabell 14 - Kapp og utløft.....	39
Tabell 15 - Oppsummering, analyse av produksjonen	49
Tabell 16 - Målinger fra avvikslogg.....	51
Tabell 17 - Anbefalt vedlikehold - Extruder	65
Tabell 18 - Anbefalt vedlikehold - Sagemaskin	65
Tabell 19 - Anbefalt vedlikehold	66

Figurliste

Figur 1 - Lean Six Sigma 1.....	6
Figur 2 - Lean Six Sigma 2.....	7
Figur 3 - DMAIC	15
Figur 4 - Fiskebeinsdiagram	19
Figur 5 - Bedriftsstruktur.....	21
Figur 6 - Produksjonsinndeling.....	22
Figur 7 - Hulldekkemål	23
Figur 8 - Plantegning	24
Figur 9 - Klargjøring av baner	29
Figur 10 - Oppspenning av vaier.....	31
Figur 11 - Utstøping	34
Figur 12 - Rengjøring av maskiner	37
Figur 13 - Kapp og utløft	39
Figur 14 - Produksjonsforløp.....	43
Figur 15 - Pareto - Frekvens	52
Figur 16 - Pareto - Økonomisk konsekvens	53
Figur 17 - Gjennomsnittlig kostnad per forekomst	53
Figur 18 - Fiskebeinsdiagram - Operatørfeil	55
Figur 19 - Fiskebeinsdiagram - Maskinfeil	56
Figur 20 - 5xHvorfor - Operatørfeil arbeidsoppgaver.....	57
Figur 21 - 5xHvorfor - Operatørfeil arbeidsområdet.....	58
Figur 22 - 5xHvorfor - Maskinfeil.....	59
Figur 23 - Hulldekkebaner - Løsning.....	67

Bildeliste

Bilde 1 – Sagemaskin 1	25
Bilde 2 – Sagemaskin 2	25
Bilde 3 - Kostemaskin 1	25
Bilde 4 - Kostemaskin 2	25
Bilde 5 - Extruder	26
Bilde 6 - Undervogn	26
Bilde 7 - Betongtobbe	26
Bilde 8 - Oppspenningsjekk	27
Bilde 9 - Renne	29
Bilde 10 - Kjøre kostemaskin	29
Bilde 11 - Oljebeholder	30
Bilde 12 - Blanderi	30
Bilde 13 - Form testkloss	30
Bilde 14 - Vaierbunt	31
Bilde 15 - Vaiertrekk	31
Bilde 16 - Føringer	31
Bilde 17 - Vaierlåser	32
Bilde 18 - Vaierender	32
Bilde 19 - Oppspenningsjekk	33
Bilde 20 - Bur	33
Bilde 21 - Sette sammen ekstruder	34
Bilde 22 - Betongtobbe	34
Bilde 23 - Legge betong	35
Bilde 24 - Lengder og utsparinger	35
Bilde 25 - Utsparinger	35
Bilde 26 - Testkloss	36
Bilde 27 - Varmeteppe	36
Bilde 28 - Undervogn	37
Bilde 29 - Blanderiet	37
Bilde 30 - Blanderiet	38
Bilde 31 - Vaierlåser	38
Bilde 32 - Avløpsrenne	38
Bilde 33 - Teste kloss	39
Bilde 34 - Vannbasseng	39
Bilde 35 - Klargjør sagemaskin	40
Bilde 36 - Sagblad	40
Bilde 37 - Kran	41
Bilde 38 - Vogn	41
Bilde 39 - Måleskjema	41

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Bedrifter bør alltid være på utkikk etter måter å forbedre økonomisk resultat. Dette gjelder i hvert fall bedrifter som blir påvirket av den konkurranseutsatte bygg - og anleggsbransjen. Den har hatt, ifølge SSB (2019), en økt omsetning på 5-6% hvert år, de siste fem årene. Det kommer stadig flere strategier og metoder for å forbedre det økonomiske resultatet, som virkelig har utviklet seg de siste tiårene (Snee, 2004). Ifølge Snee (2010) er Lean Six Sigma den neste generasjonen av forbedringsstrategier. Denne tar høyde for at kunders behov alltid er i endring og at forventningen til produkter er økende (Snee, 2010). På denne måten kan riktig bruk av Lean Six Sigma føre til et konkurransefortrinn i markedet.

Bygg - og anleggsbransjen har flere leverandører av materialer inkludert betongprodusenter. De kan levere alt fra betongelementer til flytende ferdigbetong direkte til byggeplass. Disse bedriftene er dermed direkte i kontakt med byggeprosjekter og påvirker det endelige bygget i stor grad. Norsk Betongforening har i dag over 140 bedriftsmedlemmer (NB, 2019), hvor over halvparten er betongprodusenter. Helgeland Betong AS er en av disse betongprodusentene og er forholdsvis liten i størrelse. Bedriften må derfor holde seg relevant og attraktiv for å overleve i et marked med mange større konkurrenter.

1.2 Problembeskrivelse

Betongprodusenten Helgeland Betong AS, videre referert til som HBAS, gjennomgikk en omstrukturering av bedriften fra midten av 2018 til starten av 2019. Endringene var nødvendig da ikke alle deler av bedriften lenger var lønnsom. Omstruktureringen førte til at produksjonen av hulldekker ble en større del av deres virksomhet enn tidligere. HBAS har lang erfaring med produksjon av hulldekker og betongen er av god kvalitet. I dag har HBAS god inntjening på produktet, men produksjonen preges av problemer som bedriften ønsker å ta tak i for at den skal fortsette å være lønnsom.

Produksjonen av hulldekker er i dag preget av uventede stopp og den har flest registrerte avvik blant betongproduktene HBAS produserer. Operatørene følger ikke en fast arbeidsprosedyre og er avhengig av en viss erfaring for å kunne utføre oppgavene knyttet til produksjonen. I tillegg er operatørene som jobber med hulldekkeproduksjon forholdsvis nye i den delen av produksjonen. Dette kan gjøre at de forskjellige operatørene utfører oppgavene forskjellig. Dermed blir det varierende tidsbruk og resultat ut fra hvem som jobber. Det oppleves stadig feil med maskinene uten at de vet årsaken. Maskinene har ikke en fast vedlikeholdsplan, men vaskes etter hvert bruk og det foretas korrigerende vedlikehold ved behov. Alt dette har resultert i at hulldekkeproduksjonen i dag preges av overtidstimer for operatørene og tapt inntekt. Problemene som er nevnt tilsvarer forskjellige kilder til sløsing i produksjonen.

Bedriften har et ønske om å skape bedre oversikt over produksjonen av hulldekker. De vil unngå uforutsigbarheter og ha kontroll over gjennomføringen av produksjonen. Det vil ikke være lønnsomt over lengre tid å fortsette slik som de gjør nå. Derfor vil denne oppgaven brukes til å undersøke hva som går galt og hvordan dette kan unngås.

1.3 Resultatmål

Resultatmålene beskriver det vi skal oppnå gjennom bacheloroppgaven. Noen av målene er knyttet til hverandre, men grad av måloppnåelse for hvert enkelt mål kan vurderes separat. Målene er knyttet til de ulike fasene av oppgaven. Enkelte kan nå allerede i kartleggingen, mens andre er mer relevante i analysen og diskusjonen.

Våre resultatmål:

- Kartlegge og visualisere produksjonsforløpet og aktivitetene i hulldekkeproduksjonen.
- Avklare hva som er verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter i produksjonen.
- Finne de største kildene til sløsing i produksjonen.
- Finne rotårsaker til de største kildene til sløsing i produksjonen.
- Komme med konkrete forslag til tiltak og løsninger for å redusere og fjerne kilder til sløsing i produksjonen.
- Utforme en detaljert og anvendbar prosedyrebeskrivelse av produksjonen.
- Avklare om det er behov for flere tiltak for å redusere sikkerhetsrisiko i produksjonen.

1.4 Effektmål

Effektmålene beskriver det bedriften skal oppnå basert på anbefalingene i denne bacheloroppgaven. Disse målene kan vurderes en viss tid etter ferdigstilt oppgave.

- Oppnå høy kvalitet for å øke kundetilfredsstillelsen.
- Bedriften skal redusere variasjon ved å ta i bruk prosedyrebeskrivelse generelt og i opplæring.
- Redusere antall uventende stopp i produksjonen av hulldekker for å redusere kostnader.
- Redusere produksjonstid og antall overtidstimer for de ansatte for å redusere kostnader.

1.5 Avgrensninger

Denne oppgaven er basert på HBAS sin hulldekkeproduksjon. Temaområdet er valgt på bakgrunn av bedriftens ønsker. I oppgaven tar vi for oss selve produksjonen, fra de får levert tegningene i produksjonshallen til produktet er ferdigstilt. Vi går noe inn på planleggingsfasen, men vi ser bort fra transport til byggeplass. Denne avgrensningen anser vi som nødvendig innenfor rammene til en bacheloroppgave.

Lean-teori knyttet til produksjon er svært omfattende. Derfor har vi valgt å begrense Lean-teorien i teorikapitlet til de prinsippene vi mener er mest relevante. Det som står mest sentralt er Lean Six Sigma, med standardisert arbeid og vedlikehold.

Denne bacheloroppgaven består av 20 studiepoeng og skrives fra Januar 2019 til 20. Mai 2019. Arbeidsmengden over perioden er ca. 450 timer per student, totalt 900 timer.

1.6 Oppgavens disposisjon

Tabell 1 - Oppgavens disposisjon

Kapittel	Innhold
Innledning	Her gir vi et oversiktsbilde av oppgaven og beskriver bakgrunn, og problemet i grove trekk med målsetninger og avgrensninger.
Teori	Her legger vi fram teorien som er brukt for å skape grunnlag for å besvare og underbygge oppgaven.
Metode	Her forklarer vi metoder vi har brukt for datainnsamling, analyse og knyttet til løsningene.
Kartlegging	I denne delen kartlegger vi bedriften og produksjonsforløpet til hulldekkeproduksjonen.
Analyse	I dette kapitlet analyserer vi produksjonen og problemene som oppstår. Til slutt gjennomfører vi en rotårsaksanalyse for å finne ut hvorfor problemene oppstår.
Diskusjon og løsninger	Her diskuterer vi funnene fra analysen og kommer med forslag til løsninger.
Konklusjon	Vi avrunder rapporten ved å oppsummere resultatene og konkludere med hva vi har kommet fram til i oppgaven.

1.7 Begrepsavklaring

Tabell 2 - Begrepsavklaring

Ord	Beskrivelse
DMAIC	Do, Measure, Analyse, Improve, Control. Fremgangsmåte innen Lean Six Sigma.
Innstøpning	Innstøpning er forskjellige metallprodukter som støpes inn i hulldekke for å forenkle montasje eller løft.
Kaizen	Kontinuerlig forbedring. Se 2.1.2 Kontinuerlig forbedring - kaizen
Lean Six Sigma	Forretningsstrategi og metodologi. Se 2.1 Lean Six Sigma
MTO	«Make to order». En produksjonsstrategi som går ut på å kun produsere etter bestillinger.
Operatør	En ansatt i bedriften som jobber direkte med produksjon.
Prosedyre	Kjøreskjema for en bestemt aktivitet.
Prosess	En samling aktiviteter på vei mot et bestemt produkt.
Rotårsak	Grunnleggende årsak til et problem
Skråplan	Rullebånd som frakter råvarer til betongblanding til blanderiet.
TPV	Totalt produktivt vedlikehold. Se mer i 2.3 Vedlikehold og TPV
Utsparing	Utsparing er en forberedt åpning i rom- eller etasjeskille som gir plass for kanal- eller rørgjennomføringer.
Vaierslipp	Vaier i hulldekke som trekkes inn i elementet. Kommer av at det er for lite friksjon mellom vaier og betong
Verdiskapende aktivitet	En aktivitet som direkte tilfører verdi til det endelige produktet.

2. Teori

Teorien danner grunnlaget for å besvare problemstillingen på best mulig måte, i tillegg til å forbedre forståelsen av oppgaven. I dette kapitlet presenterer vi derfor teori om Lean Six Sigma, Standardisert arbeid, Totalt Produktivt Vedlikehold, 5S og implementering av Lean. Dette brukes senere i oppgaven for å argumentere og diskutere for valg som blir gjort og løsninger som blir presentert.

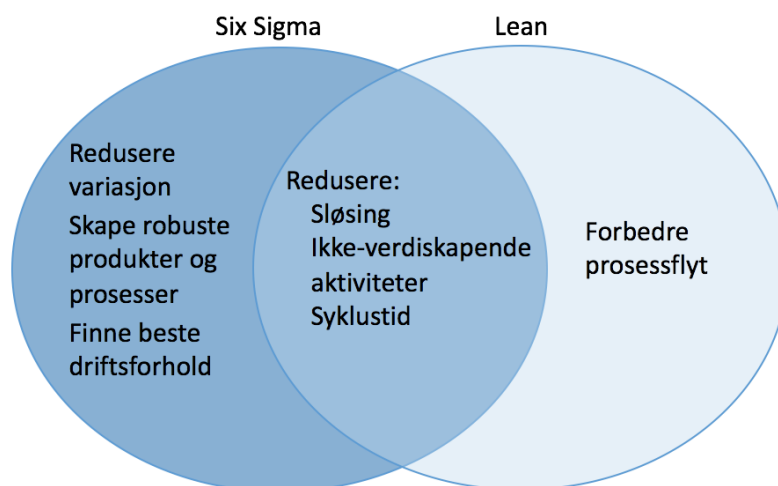
2.1 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma er en forretningsstrategi og metodologi som øker prestasjonen til en prosess, som igjen fører til høyere kundetilfredsstillelse og bedre økonomiske resultater (Snee, 2010). Gjennom denne oppgaven skal vi utnytte verktøy og metoder fra Lean Six Sigma. Det kan også være et mål å innføre denne tankegangen i bedriften. Ifølge Snee (2010) er Lean Six Sigma nødvendig fordi organisasjoner og mennesker trenger metoder for forbedring og problemløsning. I denne teoridelen presenteres både Lean og Six Sigma, og til slutt hva de til sammen utgjør, Lean Six Sigma.

Lean produksjon innebærer ledelse som fokuserer på kontinuerlig å identifisere og fjerne kilder til sløsing slik at prosessene blir kontinuerlig forbedret (Nicholas, 2011). Lean produksjon, i form av Toyota Production System har eksistert i flere tiår og har utviklet seg gradvis (George, 2002). Målet med Lean er å minimere gjennomløpstiden for hvert produkt. Dette gjøres blant annet ved å involvere de ansatte som gjør jobben, redusere omstillingstid, produsere i mindre parti, vedlikehold av utstyr og standardisering av arbeidsprosedyrer (Nicholas, 2011).

Six Sigma er et begrep som stammer fra bedriften Motorola og betyr at kvaliteten skal være 99.99966%, med andre ord kun 3.4 feil per million produserte enheter kan være defekte. Six Sigma omfatter en rekke metoder som gir en retning og prioritering av arbeidet med kvalitetsforbedring (Nicholas, 2011). Metodene legger vekt på kundefokus, reduksjon av variabilitet, ytelsen til produktene og servicen, inkludert det finansielle aspektet og evnen til å nå kvalitetskravene.

Tilsammen utgjør Lean Six Sigma en rekke mål, illustrert i venn-diagrammet. Når det er passende å redusere variasjon vil det være mest fornuftig å bruke Six Sigma. Når det er passende å forbedre flyt er det mest fornuftig å bruke Lean. Både Lean og Six Sigma kan brukes til å redusere sløsing, syklustid og ikke-verdiskapende aktiviteter (Snee, 2010).

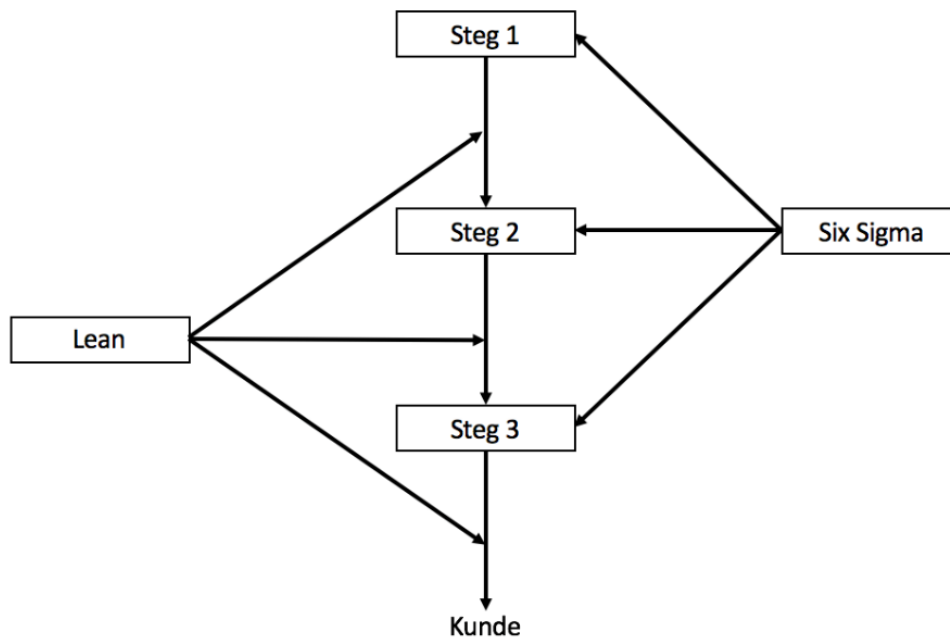


Figur 1 - Lean Six Sigma 1

Lean og Six Sigma ble integrert fra slutten av 1990-tallet til starten av 2000-tallet (George, 2002). Siden den gang har det vært en naturlig sammensetning, da både verktøy og hensikt ved dem overlapper og utfyller hverandre. Ifølge Snee (2000) fungerer Lean Six Sigma bedre enn tidligere tilnærminger fordi det kombinerer både menneskelige- og prosessaspekter i forbedringsprosessen. Erfaring har vist at bedrifter som har brukt Lean Six Sigma på en effektiv måte har fått gode økonomiske resultater. Store bedrifter får i snitt en økning i profitt på 1-2 %, og små og mellomstore bedrifter 3-4 % (Snee, 2004).

I typisk ledelsesstrategier blir man fortalt at kunden kan velge to av disse tre: Kvalitet, rask levering og lav pris. Hvis man velger kvalitet og rask levering blir det dyrt og hvis man velger rask levering og lav pris, blir kvaliteten dårlig. En av hovedtankene ved Lean Six Sigma er at hvis man bruker de riktige metodene og verktøyene vil alle tre være mulig (Vanzant-Stern, 2016). Dette fordi ved Lean kan man oppnå rask gjennomløpstid og lave produksjonskostnader, og ved Six Sigma kan man oppnå topp kvalitet. Lean prioriterer riktig lederskap, team-building og god kommunikasjon mellom de ansatte. Mens Six Sigma tilfører Lean-tiltak en bedre evne til å oppnå kundens forventinger, og mål for produkt- og serviceprestasjoner (Vanzant-Stern, 2016).

Figur 2 - *Lean Six Sigma 2* viser hvordan Lean og Six Sigma arbeider sammen. Lean har hovedfokus på det som skjer mellom prosessene. Dette er for eksempel omstilling, partistørrelse og operatørens rolle. Six Sigma har derimot fokus på det som skjer i prosessene for å skape høyest mulig kvalitet.



Figur 2 - *Lean Six Sigma 2*

2.1.1 Kilder til sløsing – Muda

Ett av målene ved Lean Six Sigma er å redusere kilder til sløsing, også kalt Muda på japansk. Disse kildene fører til nedetid, eller «downtime», i produksjonen. For å kategorisere og identifisere disse kildene kan man bruke akronymet DOWNTIME, hvor hver av bokstavene i ordet representerer en kilde til sløsing (Basu, 2009). Betydningene er følgende:

D Defects	Vrak, feilproduksjon
O Overproduction	Produsert for mye eller for tidlig
W Waiting	Driftsstans eller venting
N Non-value-added	Ikke-verdiskapende aktivitet, gjør mer enn nødvendig
T Transportation	Transport mellom stasjoner
I Inventory	Varer på lager, binder kapital
M Motion	Unødvendige bevegelser av operatør, leting
E Employees unused creativity	Ikke utnyttelse av potensiale til de ansatte

Alle bedrifter som har eller ønsker å ha en Lean Six Sigma filosofi vil konstant jobbe med å fjerne Muda. I denne oppgaven vil vi også oppmuntre HBAS til å fokusere på Muda.

2.1.2 Kontinuerlig forbedring - Kaizen

Kaizen er det japanske begrepet for kontinuerlig forbedring (Alukal & Manos, 2006). Kaizen er verken en enkelt ledelsesaktivitet eller en ledelsesteknikk, men en holdning og filosofi for å skape verdi og kvalitet for kunden. Målet er å forbedre kvaliteten på produktene og øke kostnadseffektiviteten og sikkerheten i produksjonsprosessene. Det er viktig at dette ikke skjer ved radikale endringer, men gjennom små endringer hele tiden (Haghirian, 2010). Kaizen skaper kultur for at de ansatte må bruke hodet og ikke bare hendene (Alukal & Manos, 2006).

Haghirian (2010) legger fram fem punkter for hvordan en Kaizen-orientert holdning kan implementeres i organisasjoner:

- Oppmuntre til en bedriftskultur hvor nye ideer blir belønnet og ansatte er interesserte i forbedring.
- Fremme et felles ansvar for alle ansatte, fra toppledelsen og helt ned til gulvarbeiderne, for å forbedre forretningsprosessene.
- Fokuser på at selv små prosesser kan forbedres.
- Husk at ved å starte med små tiltak senkes kravene til nye ideer og hjelper medarbeiderne til å tilpasse seg.
- Hold regelmessige refleksjonsmøter om fremgangen der forbedringer diskuteres og fremmes.

Essensen av Kaizen er at små forbedringer på sikt vil gi fremgang og bedre resultater. Dette er et viktig prinsipp for alle organisasjoner i alle sektorer. Kaizen er en viktig del av implementering av Lean. Dette går vi videre inn på i delkapittel 2.5 Implementering av Lean.

2.2 Standardisert Arbeid

Hulldekkeproduksjonen til HBAS har mange nye operatører. De utfører oppgavene som de tror at bør gjøres, men operatørene gjør oppgavene ulikt da det ikke er en fast arbeidsprosedyre. Det kan derfor være nyttig å standardisere arbeidsprosedyrene for å få lik kvalitet, spesielt ved ansettelse av nye operatører.

Standardisert arbeid er en filosofi i Lean som går ut på å ha en detaljert beskrivelse av hvordan arbeid skal gjennomføres. Målet er redusere variasjon i utførelsen av enkeltoppgaver og dermed forbedre den totale effektiviteten (Nicholas, 2011). Et viktig verktøy i standardisert arbeid er å kontinuerlig analysere arbeidsprosesser slik at man kan oppdage problemer og eliminere dem (Nicholas, 2011). Flere team-baserte bedrifter har implementert standardisert arbeid for å gi de ansatte system og retningslinjer for hvordan prosesser skal gjennomføres (Vogus & Welbourne, 2003). En viktig del av standardisert arbeid omhandler Poka-Yoke eller feilsikring, som betyr at systemer og produkter skal designes slik at det er fysisk umulig å gjøre feil (Rolfen, 2014). Det finnes ikke en operatør, maskin eller prosess som aldri opplever feil. Det er derfor viktig at man umiddelbart er oppmerksom på feilen og hindrer at feilen fortsetter videre i prosessen og ut til kunde (Nicholas, 2011). Kommer produktet ut til kunde vil dette sette spor på kundetilfredsstillelsen.

Fordelene med standardisert arbeid er blant annet: dokumentering av den nåværende prosessen, reduksjon i variasjon, lettere å lære opp ansatte, reduksjon av skader og et grunnlag for å forbedre aktiviteter. Standardisert arbeid tilfører disiplin til arbeidskulturen og motiverer til problemløsning blant de ansatte (Obara & Willburn, 2012). I en standardisert operasjonsprosedyre kan ifølge Nicholas (2011) følgende punkter være med:

1. Forventet resultat av arbeidsoperasjonen og hvordan det kan måles.
2. Tidsbehov fra marked og operasjonstider.
3. Standard Operation Routine – Prosessrekkefølge samt beskrivelse av oppgaver, og rollefordeling.
4. Varer i arbeid og lagerhold.
5. Kompetansekrav til de som skal utføre de ulike oppgavene.
6. Hvilke sikkerhetsrutiner man må gjennomføre, og hva slags sikkerhetsutstyr som skal benyttes.
7. Avvikshåndtering i form av hvem som har ansvar, og hva som skal gjøres.

2.3 Vedlikehold og TPV – Totalt Produktivt Vedlikehold

I produksjonen av hulldekker brukes det flere forskjellige maskiner og utstyr. Disse utfører viktige oppgaver for at produksjonen skal være vellykket. Alle maskinene opplever slitasje og må opprettholdes til en viss standard for å kunne gjøre de nødvendige oppgavene. Det kan derfor være nyttig å se på vedlikeholdet av disse maskinene. Både hvordan de vedlikeholdes, når de vedlikeholdes og form for vedlikehold påvirker produksjonen.

Vedlikehold er en kombinasjon av alle tekniske og administrative aktiviteter, som har til hensikt å opprettholde eller gjenvinne en tilstand der maskinen utfører en krevd funksjon (Bye, 2009). Vedlikehold kan klassifiseres i tre kategorier: Forebyggende vedlikehold, korrektivt vedlikehold og modifikasjonsbasert vedlikehold. Forebyggende og modifikasjonsbasert vedlikehold foretas før en eventuell feil med utstyret inntreffer. Forebyggende vedlikehold gjøres basert på tidspunkt eller tilstand, og utføres for å hindre svikt og skader på mennesker og miljø. Ved modifikasjonsbasert vedlikehold utfører man endringer ved maskinen eller utstyret for å redusere fremtidig behov for vedlikehold. Korrektivt vedlikehold utføres etter at en feil er oppdaget, og har som hensikt å bringe en enhet tilbake til en tilstand som gjør det mulig å utføre en krevd funksjon (Bye, 2009). Dette sees på som den tradisjonelle formen for vedlikehold hvor man reparerer noe som ødelagt eller erstatter deler (Ahuja & Khamba, 2008).

I Lean bruker man verktøyet Total Produktivt Vedlikehold, TPV. Dette har som hensikt å standardisere og systematisere daglig vedlikehold (Rolfsen, 2014). TPV legger vekt på at vedlikeholdet skal være preventivt, med andre ord forebyggende. Dette betyr at vedlikeholdet skal være planlagt slik at feil ikke skal oppstå. Ifølge Bhadury (2000) eliminerer TPV sammenbrudd og øker effektiviteten til maskiner og utstyr. Noe annet som TPV legger vekt på, er at de ansatte som arbeider med maskinene skal ha ansvar for de daglige vedlikeholdsoppgavene (Rolfsen, 2014). Dette kan være med på å øke forståelsen for hvordan maskinene fungerer og dermed øke motivasjonen til de ansatte.

Implementering av TPV kan ifølge Hartmann (1992) gjøres ved bruk av tre faser. Den første fasen går ut på å forbedre maskinen til det høyeste mulige nivået av både utførelse og tilgjengelighet. Den inneholder følgende punkter:

- Avgjør den nåværende utførelsen og tilgjengeligheten til maskinen.
- Avgjør tilstanden til maskinen.
- Avgjør dagens vedlikehold som utføres på maskinen.
- Analyser tap med maskin som årsak.
- Bestem hva som må forbedres og ranger etter hva som er viktigst.
- Utfør forbedringene.
- Sjekk resultater og fortsett med forbedringer.

Den neste fasen går ut på å vedlikeholde maskinen slik at den holder seg på nivået som er bestemt i første fase. Den andre fasen inneholder følgende punkter:

- Avgjør krevd planlagt vedlikehold, rengjøring og smøring for hver maskin.
- Utvikle prosedyrer for planlagt vedlikehold, rengjøring og smøring for hver maskin.
- Utvikle inspeksjonsprosedyrer for hver maskin.
- Utvikle systemer, sjekklister og kontroll for planlagt vedlikehold, smøring og rengjøring.
- Utvikle instruksjonsmanualer for vedlikehold.
- Utfør planlagt vedlikehold, rengjøring og smøring som planlagt.
- Sjekk resultater og gjør endringer ved systemet om nødvendig.

Siste fase handler om å skape prosedyrer for innkjøp av nye maskiner og å utvikle prosesser med bedre prestasjoner og lavere kostnader. Den tredje fasen inneholder følgende punkter:

- Utvikle prosjekteringsmål.
- Få tilbakemeldinger fra operatører om erfaringer med maskinene.
- Få tilbakemeldinger fra vedlikeholdspersonell om erfaringer med maskinene.
- Fjern tidlige problemer i nye maskiner som skal kjøpes og prosesser som skal utvikles.
- Begynn opplæring på de nye maskinene tidlig, før man bytter.
- Begynn kun å bruke de nye maskinene og prosessene hvis de oppnår målene som ble satt.

De tre fasene er tilsammen en langsiktig plan eller strategi for hvordan man skal behandle maskiner. I denne oppgaven strekker tiden til for å kunne benytte alle fasene. Derfor vil de to første fasene bli viktigst og den siste fasen vil det kun bli tatt hensyn til.

2.4 5S

5S ble først tatt i bruk i Japan på 1980-tallet og er i dag ett av de viktigste verktøyene for å opprette og opprettholde kontinuerlig forbedring (Anvari, et al., 2011). Ifølge Rolfsen (2014) er 5S ofte et viktig startpunkt for mange organisasjoner som ønsker å innføre Lean og kontinuerlig forbedring. Tabell 3 - 5S gir en forklaring på alle de fem S-ene, som refererer til fem japanske utstykk for organisering på arbeidsplassen. Tabellen er utarbeidet med utgangspunkt i Rolfsen (2014) og Haghirian (2010) sine bøker.

Tabell 3 - 5S

Japansk	Norsk	Forklaring
Serie	Sortere	Gjennomgå alt av verktøy, materiell og utstyr på arbeidsplassen. Sorter og behold kun det som er nødvendig. Alt annet kastes eller lagres et annet sted.
Seiton	Systematisere	Organiser verktøy, materiell og utstyr på en slik måte at arbeidsflyten blir mest mulig effektiv. Plasser alt utstyr hensiktsmessig i forhold til der det trengs, og den tildelte plassen skal merkes.
Seiso	Skinne	Rengjør verktøy, utstyr og selve arbeidsplassen. Dette skal være en del av de daglige rutinene, slik at alt til enhver tid er rent, i orden og klart til bruk.
Seiketsu	Standardisere	Standardiser arbeidsoppgaver og rutiner slik at enhver vet hva eget ansvarsområde er, og hvordan ulike arbeidsoppgaver skal gjennomføres. For å sikre at arbeidsoppgavene blir gjort likt hver gang og pålitelighet i kvalitet og resultat.
Shitsuke	Sikre	De første fire S'ene er nye måter å drive produksjonsprosessen på. Denne siste fasen handler om å vedlikeholde og forbedre standarder og rutiner som er innført. Dette for å støtte oppunder Kaizen. En tydelig ansvarsfordeling for å følge opp og videreutvikle 5S arbeid er viktig.

Suksessfull utarbeiding og implementering av 5S kan gi mange fordeler. Den største fordelene er at det kan tydeliggjøre skjulte problemer ved produksjonen, slik at man deretter kan gjøre forbedringer (Nicholas, 2011). I tillegg kan man forbedre arbeidernes sikkerhet og redusere risiko. Det kan også bli lettere å oppdage feil på maskiner og produkter, og lettere å finne utstyr og lettere å transportere produkter (Nicholas, 2011). En bedrift vil ikke fungere utelukkende fordi den har gjennomført 5S. Det er ved kontinuerlig innsats for forbedring bedriften får et konkurransefortrinn (Nicholas, 2011).

Sikkerhet - Den sjette S'en

Enkelte mener at det burde være en sjette S, sikkerhet. Sikkerheten til de ansatte bør prioriteres i enhver bedrift, men det er spesielt viktig innenfor bygg og anleggsbransjen. Dette fordi det finnes mange farekilder, men også fordi sannsynligheten og konsekvensene er større enn mange andre sektorer. Derfor har vi valgt å ta med sikkerhet i denne oppgavens 5S.

Ved vellykket implementering av de 5 første S'ene vil arbeidsplassen bli mer standardisert, systematisk og regulert. Disse punktene kan også forventes å føre til bedre sikkerhet som en bivirkning (Kobayashi, 1990):

- Det er mindre materialer på arbeidsområdet.
- Arbeidsplassen er ordentlig og ren.
- Arbeidsflyten er mer systematisk så det er færre misforståelser og forstyrrelser.

Herfra kan man ta sikkerhetsperspektivet ett skritt videre til at risikostyring står mer sentralt. Der er målsetningen å identifisere, analysere og vurdere mulige risikoforhold i et system eller en virksomhet. For å deretter kunne iverksette tiltak som reduserer risikoen for at en ulykke inntreffer (Rausand & Utne, 2011).

Det er viktig med et trygt arbeidsmiljø i enhver bedrift. En tryggere arbeidsplass vil gi en mindre stressende atmosfære og dette kan påvirke produktiviteten og kvaliteten positivt. Det har blitt påvist at 6S vil gi grunnlaget for mange viktige forbedringsfaktorer som avfallsreduksjon, renere og tryggere arbeidsmiljø, mer visuelle arbeidsplasser, reduksjon i tidssløsing og mer effektivt arbeid (Anvari, et al., 2011).

2.5 Implementering av Lean

Implementering betyr ifølge Rolfsen (2014) å iverksette en ide; prosessen der man går fra å prate til å handle. Lean er enkelt, men å implementere Lean er vanskelig (Alukal & Manos, 2006). Implementering krever endring i tradisjonelle holdninger til forretningsforhold, arbeidsstyring og arbeidsoppgaver. I tillegg krever det langsiktige forpliktelser i forhold til kvalitet og reduksjon i sløsing (Rolfsen, 2014). Implementering av Lean er tett tilknyttet Kaizen eller kontinuerlig forbedring.

Ifølge Nicholas (2011) er det tre sentrale barrierer ved implementering av Lean: Holdninger, tidsforpliktelser og kvalitetsforpliktelser. Holdninger omhandler at Lean er en gruppeorientert filosofi, hvor alle må være involvert og dedikert for en vellykket implementering. Det er der viktig at ansvar fordeles bort fra veiledere og ledere, og mer over på gulvarbeiderne. Det må skapes en kultur for å få fram problemene, i stedet for å skjule dem. Neste barriere er tidsforpliktelser. Dette handler om at det kan ta tid å faktisk se forbedringer som resultat av en Lean-implementering, spesielt økonomiske besparelser. Den siste barrieren er kvalitetsforpliktelser. Dette krever en strategisk endring rundt innkjøp, produksjon, produktdesign, problemløsning og forhold til leverandører for å oppnå optimal kvalitet hver gang (Nicholas, 2011).

Når det kommer til selve implementeringen, legger Basu (2009) fram tre tips til hvordan en man velger riktige verktøy og teknikker å starte med:

- Ha en komplett verktøykasse tilgjengelig.
- Forstå at selv om man har en komplett verktøykasse tilgjengelig vil man ikke være sikret suksess i implementeringen. Suksessfull implementering kommer av opplæring og trening, for alle fra toppledelsen til gulvarbeiderne, i verktøy og teknikker.
- Det lønner seg å starte med de enkle verktøyene først. Basu referer til at 80% av organisasjonene som har hatt suksess ved implementering av Six Sigma, brukte grunnleggende verktøy.

3. Metode

Dette kapittelet består av metodene og verktøyene som er brukt i arbeidet med oppgaven. Noen av metodene er brukt til å skape ideer og strukturere arbeidsmåten gjennom bacheloroppgaveperioden. Andre har som mål å samle inn data og informasjon, mens noen er brukt til å analysere og tolke data.

3.1 DMAIC

I arbeidet med en bacheloroppgave kan det være nyttig å strukturere arbeidsmåten. Vi har derfor valgt å bruke en fremgangsmåte fra Lean Six Sigma, kalt DMAIC. Denne metoden vil brukes både i selve arbeidet og oppgaven vil delvis være strukturert etter denne.

DMAIC er en metodologi innenfor Six Sigma-filosofien som er utviklet av General Electric. Den går ut på å bruke en strategisk fremgangsmåte for å forbedre kvalitet og redusere sløsing (Nicholas, 2011). DMAIC fokuserer på analyse og forståelse av problemet før man skal komme med forbedringstiltak. Dette gjøres for å sikre at den foreslåtte løsningen faktisk løser problemet. Metoden består av de 5 følgende stegene: Define, Measure, Analyze, Improve, Control, eller på norsk Definere, Måle, Analysere, Forbedre og Kontrollere.



Figur 3 - DMAIC

Det første man gjør er å definere problemet man står overfor og finne ut hvilke kriterier som er viktigst for kunden (Vanzant-Stern, 2016). Man må også definere meningen og målet ved å gjennomføre prosjektet (Basu, 2009). Det andre steget går ut på å identifisere prosessene som påvirker den endelige kvaliteten (Vanzant-Stern, 2016). I denne delen av fremgangsmåten definerer man hvordan dagens situasjon er. Man finner også ut hvordan man ønsker å måle prestasjonen til prosessene. Dette kan være kategorisering, tidtaking eller telling av antall (Basu, 2009). Neste steg handler om å finne ut hva som skaper problemene eller dårlig prestasjon i prosessene. Man skal også finne ut hva som skaper varierende resultat i prosessene og finne rotårsaker til problemene (Vanzant-Stern, 2016). Det fjerde steget i metoden går ut på å måle og bestemme maksimal variasjon i prosessene, og viktigst å finne og teste løsninger som kan oppnå dette (Vanzant-Stern, 2016). I det siste steget skal man innføre metoder for å kontrollere at løsningene fungerer i praksis og at kvaliteten opprettholdes (Vanzant-Stern, 2016). I denne fasen er det også vanlig å dokumentere hva som fungerer (Basu, 2009).

3.2 Bedriftsbesøk

Vi har gjennomført to bedriftsbesøk til HBAS sine lokaler i Mo i Rana. Dette er en metode som kalles Genchi Genbutsu på Japansk, som betyr å gå og se. Metoden er ett av hovedprinsippene i Toyota Production System og handler om å gå til det virkelige stedet og se hva som faktisk skjer (Haghirian, 2010). Denne metoden gjorde at vi fikk et innblikk i bedriften og produksjonsforløpet. Bedriftsbesøkene ble også et naturlig tidspunkt for intervju av de ansatte og innføring i IT-systemet HBAS bruker.

Det første besøket var på et tidlig tidspunkt i arbeidet med oppgaven og ble gjennomført over to arbeidsdager. Målet ved besøket var å sette seg inn i produksjonsforløpet og forstå de ulike faktorene som påvirker det. Store deler av tiden ble brukt på å gjennomføre «gemba walk» i produksjonslokalene. Ved å være tett på produksjonen fikk vi et godt bilde av hvordan produksjonsforløpet gjennomføres. Underveis ble det også mulig å stille spørsmål og diskutere med operatørene. Dette gjorde at man kunne få fram detaljer ved å vise utstyr, maskiner og fremgangsmåter i praksis.

Det andre og siste besøket ble gjennomført på et senere tidspunkt i arbeidet med oppgaven. Under dette bedriftsbesøket var hovedfokuset å avklare problemer ved produksjonsforløpet og diskutere mulige løsninger. Besøket varte også denne gangen to dager og store deler av tiden ble brukt til intervju og samtaler med operatører. Det ble denne gangen et større fokus på utstyr og maskiner, og detaljene ved disse.

Bedriftsbesøk som metode er nødvendig for denne type oppgave, men det finnes også usikkerheter og svakheter ved metoden vi må ta hensyn til. For det første har vi ingen garanti for at beskrivelsene gitt av de ansatte er helt nøyaktige. De ansatte sier det de selv oppfatter og det kan derfor være antagelser i utsagnene. I tillegg kan en svakhet være at vi ikke har vært på flere bedriftsbesøk, for å kunne underbygge våre resonnement.

3.3 Intervju

Intervju er denne oppgavens primærdata. Intervjuene ble gjennomført ved bedriftsbesøkene og foregikk som åpne individuelle intervjuer. Denne type intervju ble brukt fordi det egner seg best når man har lite felt som skal undersøkes og ønsker en dyp og grundig beskrivelse av situasjonen (Jacobsen, 2005). I tillegg gir det fleksibilitet, slik at man kan få en diskusjon istedenfor faste svaralternativer.

For å få mest mulig informasjon fra intervjuobjektet må det gjøres forarbeid. Både selve spørsmålene og rekkefølgen de stilles i bør være gjennomtenkt. Ifølge Jacobsen (2005) finnes det nøkkelpunkter for en god gjennomføring og vi tok utgangspunktet i flere av disse:

- Spørsmålene må utformes med tanke på de som skal besvare dem.
- Formuler spørsmålene i et «hverdagsspråk».
- Unngå akademiske eller tekniske begreper.
- Be om begrunnelse ved bruk av ja-eller-nei-spørsmål.
- Start med enkle og generelle spørsmål.
- Avslutt med å be om en sluttkommentar.

Under de første intervjuene hadde vi lite forkunnskap om hulldekkeproduksjon. Dette gjorde at det var vanskelig å forberede konkrete og detaljerte spørsmål. Likevel kan dette ha vært en styrke fordi vi ble tvunget til å stille de «dumme» spørsmålene, som kanskje resulterte i at vi fikk fram flere detaljer. Under intervjuene brukte vi lydopptak som vi tok notater av i etterkant. Dette gjorde vi for å sikre at vi fikk med all informasjon, samt at vi hadde en bedre tilstedeværelse og kunne stille oppfølgingsspørsmål. Vi gjennomførte kun respondentintervju, som er intervju med personer som selv har erfaring innenfor temaet (Jacobsen, 2005). I vår oppgave er dette operatørene som jobber ved produksjonslinjen for hulldekke.

Metodens svakhet er at vi ikke har garanti for validiteten på svarene. Ved å kun intervju et fåtall, vil man bare få noens synspunkter. Dette kan resultere i at vi ikke ser alle muligheter. I tillegg er dette en metode hvor man er avhengig av intervjuobjektets villighet til å dele informasjon for et godt resultat.

3.4 Idedugnad

Idedugnad, også kalt brainstorming er en individuell eller gruppemetode for å generere ideer, øke kreativitet og finne løsninger på problemer (Wilson, 2013). Ifølge Forsth (2004) er det fire viktige regler i brainstorming:

1. Ingen kritikk eller vurdering.
2. Slipp deg løs og bruk fantasien.
3. Finn flest mulig ideer.
4. Bygg på tidligere ideer.

Idedugnad ble brukt i flere faser av arbeidet oppgaven. I defineringsfasen brukte vi metoden for å avgrense problemstillingen. Derfra brukte vi idedugnad for å finne ut hvilken vinkling vi syntes virket interessant og som ville gi en oppgave med passende omfang. Videre i analyseringsfasen brukte vi idedugnad for å bestemme oss for hvilke verktøy fra Lean Six Sigma det var nyttig å ta i bruk. Deretter brukte vi metoden til å identifisere grunner til sløsing i produksjonen. Da tok vi utgangspunkt i Forsth (2004) sin regel nr. 3, for ikke å låse oss fast ved en løsning. Svakheten ved denne metoden er at vi er kun to personer ved gjennomføring. En større gruppe med mer tverrfaglig bakgrunn kunne gitt flere ideer.

3.5 Litteraturstudium

Litteraturstudium er brukt for å finne relevant informasjon om oppgavens tema. Store deler av litteraturen som er funnet er oppsummert i teori-kapittelet og benyttes videre i oppgaven. I vår litteraturstudium har vi brukt bøker, fagartikler, leksikon og internett. Av disse er fagbøker om Lean mest brukt. Disse inkluderer John Nicholas' «Lean production for competitive advantage», Monica Rolfsens «Lean blir Norsk» og Ron Basus «Implementing Six Sigma and Lean». Litteraturen har blitt brukt for å forstå problemene i en større sammenheng og for å underbygge resultater og løsninger. Alle kilder som er brukt finner man i referanselisten.

3.6 Datainnsamling fra IT-systemet Landax

HBAS bruker IT-systemet Landax for å lagre og dele informasjon blant de ansatte. I denne oppgaven er det hentet og brukt informasjon fra denne plattformen. Datainnsamlingen herfra har hovedsakelig vært knyttet til bedriftens loggføring av avvik, men også for å få et inntrykk av bedriften som helhet. Da det kun er gjennomført to bedriftsbesøk har dette blitt en kilde til målinger og statistikk over lengre tid. Styrken på statistikken vil derfor ha et høyere nivå enn om det kun ble basert på tiden vi har tilbrakt i bedriften. Likevel kan man ikke kun bruke denne informasjonskilden. Alt som finnes på plattformen er tilført av ansatte i HBAS og kan derfor ha en subjektiv vinkling. Dataene som er samlet inn fra denne kilden er derfor etterprøvd av andre former for datainnsamling som intervju og observasjoner.

3.7 Metoder og verktøy i Lean Six Sigma

Lean Six Sigma fokuserer på kontinuerlig forbedring. Dette er pågående aktiviteter for å øke produktiviteten eller verdien av kvalitet eller tilstand (Arnold, et al., 2011). I vår oppgave er det primært kontinuerlig prosessforbedring vi skal anvende. Det består av et logisk sett med trinn og teknikker som brukes til å analysere prosesser og forbedre dem (Arnold, et al., 2011). I dette delkapittelet skal vi se på ulike verktøy fra Lean Six Sigma som brukes i denne oppgaven.

3.7.1 Paretoanalyse

Paretoanalyse er et verktøy for å identifisere og separere de «vitale få» fra de «trivielle mange» problemene. Altså hvilket problem har høy frekvens eller størst økonomisk konsekvens. Verktøyet brukes som oftest i analyseringsfasen for å kunne bestemme hvilket problem man burde håndtere, blant problemene (Nicholas, 2011). En annen stor fordel er at du får kategorisert problemene i bedriften, som for eksempel feil, mangler, forsinkelser og kundeklager (Bonacorsi, 2011). Det er også mulig å vise resultatene grafisk ved et Pareto-diagram. Dette er et histogram hvor stolpene er organisert i synkende rekkefølge fra venstre mot høyre (Nicholas, 2011).

Dette prinsippet startet med at økonomen Wilfredo Pareto observerte at 20% av befolkningen eide 80% av landet (Pareto & Livingston, 1935). Pareto fant ut at dette var tilfelle på flere områder. Eksempelvis er dette at 20% av mulighetene for å gjøre feil i produksjonen er ansvarlig for 80% av produktets defekter eller at 20% av problemene står for 80% av kostnadene eller tapene (Ultsch, 2002). Denne ideen ga opphav til Pareto's 80/20 regel.

Ron Basu (2009) angir fem forberedende steg for gjennomføring av en Paretoanalyse:

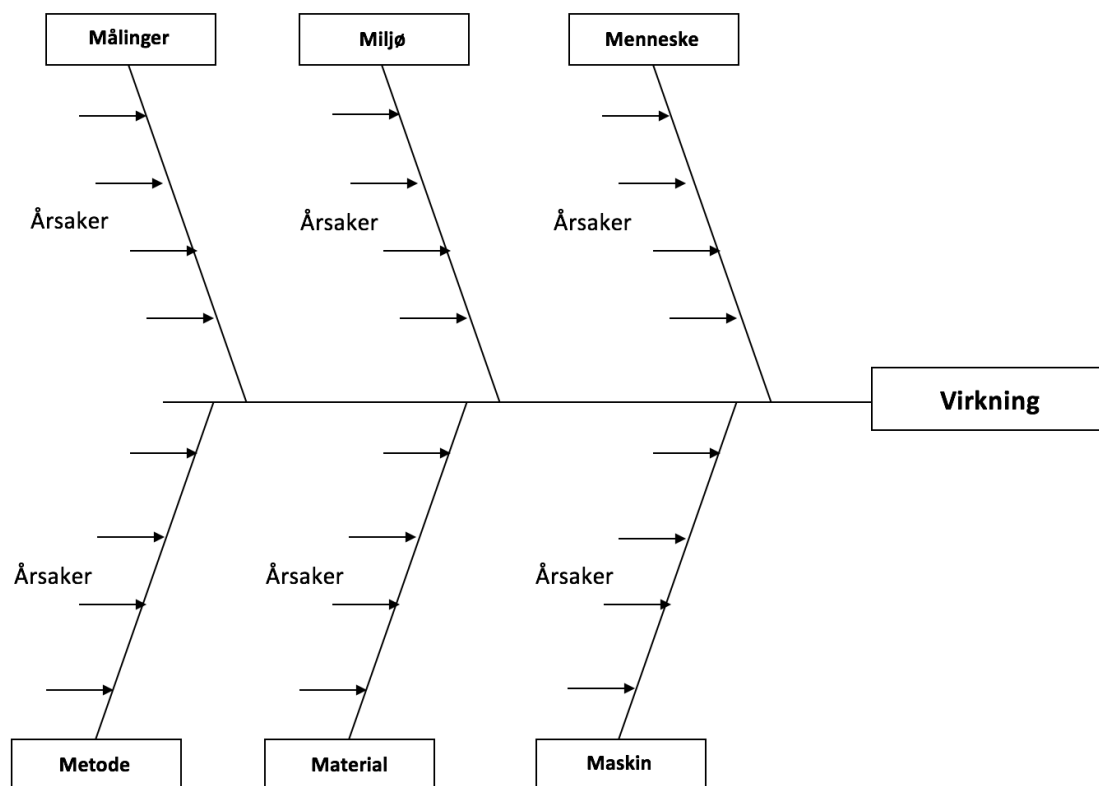
1. Identifiser det generelle problemet og årsakene.
2. Velg en standard målenhet (for eksempel antall defekte enheter eller penger tapt).
3. Samle inn data for hver årsak i forhold til valgt målenhet.
4. Plott Pareto-diagrammet med årsak langs x-aksen og antallet av målenheten langs y-aksen.
5. Analyser grafen og bestem hvilken årsak som skal prioriteres.

En vellykket gjennomføring av disse fem trinnene vil ikke gi en direkte løsning på problemet, men vil kunne gi et godt grunnlag for videre arbeid. Det brukes ofte ytterligere verktøy fra Lean Six Sigma for å kunne iverksette tiltak.

3.7.2 Fiskebeinsdiagram

Fiskebeinsdiagram, også kalt årsak-virkning-diagram, er et verktøy for å identifisere rotårsaken til et problem. Dette gjøres ved å liste opp og sortere potensielle årsaker til problemet (Rolfsen, 2014). Fiskebeinsdiagrammet har fått navnet sitt etter måten den er satt opp på. Virkningen eller problemet skal forestille hodet på fisken, mens de mulige årsakene former skjelettet på fisken.

Fiskebeinsdiagram kan brukes både i analyse- og målingsfasen av DMAIC og er et mye brukt verktøy for kontinuerlig forbedring (Basu, 2009). Dette er fordi det kan brukes innenfor alle sektorer og gjøres på utallige måter. Det er vanlig i organisasjoner å utarbeide fiskebeinsdiagram på tvers av avdelinger og stillinger for å få fram så mange årsaker som mulig (Nicholas, 2011). Siden dette er en form for idedugnad er det viktig at alle ideene blir vurdert og terskelen for å komme med ideer er lav. Samtidig er det viktig å holde diagrammet organisert ved bruk av kategorier (Nicholas, 2011). Kategoriene kan variere, men må henge sammen med sine underpunkter. 6M er den mest vanlige måten å kategorisere på, hvor hvert bein representerer en M (Basu, 2009).



Figur 4 - Fiskebeinsdiagram

3.7.3 5xHvorfor

5xHvorfor er et Lean-verktøy som er vanlig å anvende i analyseringsfasen. Målet ved metoden er i likhet med fiskebeinsdiagram å finne rotårsaken til et problem, ikke bare de overfladiske symptomene (Nicholas, 2011). Fjerner man rotårsaken kan problemet fjernes helt. Metoden starter med å spørre hvorfor et problem oppstår. Deretter brukes svaret til å spørre igjen, i alt fem ganger (Rolfen, 2014). Dette vil tvinge fram flere refleksjoner og andre aspekter enn man har tenkt i utgangspunktet. Ved gjennomføring av 5xHvorfor er det viktig at hvert svar er gjennomtenkt fordi det er ofte flere grunner til et problem.

4. Kartlegging

I dette kapitlet kartlegger vi bedriften og informasjon som er spesifikk for produksjon av hulldekker. Videre legger vi fram i detalj hvordan HBAS gjennomfører produksjonen. Dette kapitlet er hovedsakelig basert på «gemba walk», intervjuer og diskusjoner med operatørene i HBAS under bedriftsbesøk.

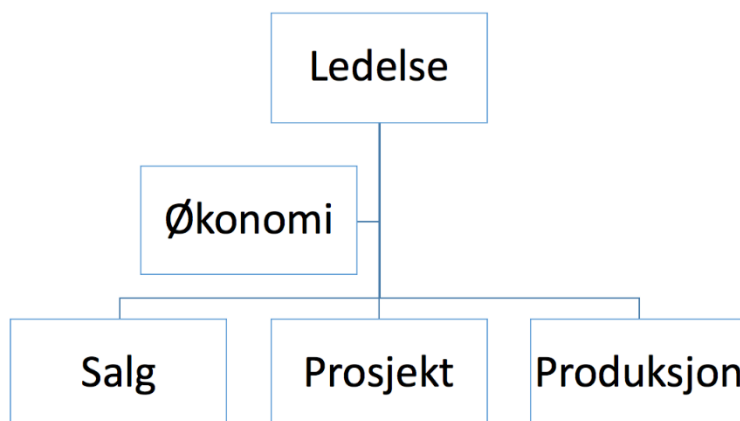
4.1 Kartlegging av bedrift

4.1.1 Om Helgeland Betong AS

Helgeland Betong AS er en virksomhet som ble startet i 1952 av kremmeren Johan Smith-Nilsen. De produserer, selger og leverer betongprodukter som element, hulldekke og ferdigbetong til næringsbygg, industrilokaler og leilighetsbygg. Bedriften har hovedsakelig sine markedsområder i de tre nordligste fylkene, men leverer også så langt som til Spania i sør. Dette gjør at Helgeland Betong AS i dag er regionens største leverandør av ferdigbetong og en av Nord-Norges største betongprodusenter (HB, 2019). Helgeland Betong har en visjon om å skape et mer bærekraftig samfunn. Dette gjør de ved å «skape robuste bygg og anlegg og levere miljøvennlige og kostnadseffektive løsninger til prosjekter».

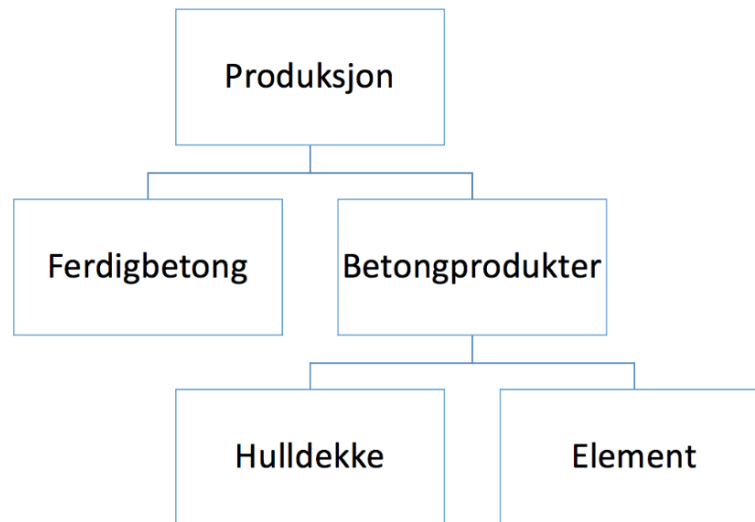
4.1.2 Bedriftens struktur

Bedriften består av tre avdelinger og administrasjon. Administrasjonen er daglig leder og økonomi. De tre avdelingene er salg, prosjekt og produksjon. Salgsavdelingen har ansvar for å skaffe nye prosjekter til bedriften, prosjektavdelingen har ansvar for utførelse av bedriftens prosjekter og produksjonsavdelingen produserer betongprodukter.



Figur 5 - Bedriftsstruktur

Produksjonen av betong er delt inn i flytende ferdigbetong og faste betongprodukter. Betongproduktene består av hulldekker og forskjellige betongelementer. I denne oppgaven er det produksjon av hulldekker som er i fokus.



Figur 6 - Produksjonsinndeling

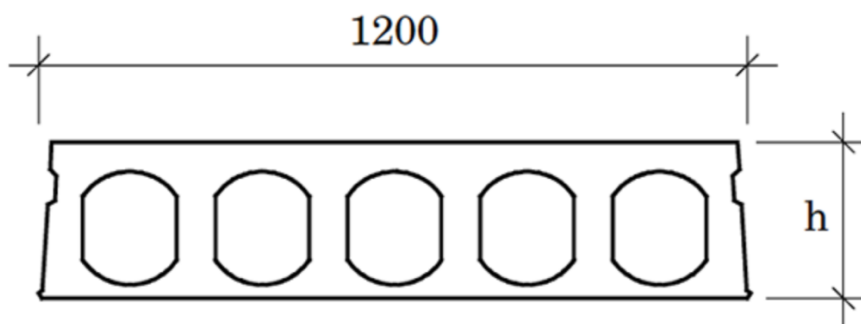
4.1.3 IT-systemet Landax

Landax er IT-systemet HBAS bruker. Denne består av en database for lagring og forskjellige funksjoner som kan brukes til bedriftsstyring. Landax inneholder en rekke moduler, både administrative og rent produksjonsrelatert. HBAS bruker Landax til blant annet informasjonsstyring, kompetansestyring, HMS og avvikshåndtering. Modulene de bruker er knyttet til avvik, oppgaver, sjekklister, prosesser, risiko og utstyr. Landax gjør informasjon tilgjengelig for alle ansatte i bedriften og ved riktig bruk forenkler det arbeidshverdagen. Denne plattformen tilfører også en oversikt som er vanskelig å oppnå uten et IT-system.

4.2 Produksjonsspesifikk informasjon

4.2.1 Hulldekke

Hulldekke, også kalt hulldekkeelement, er et betongelement for etasjeskiller og tak. De vanligste bruksområdene er i kontor- og forretningsbygg, boligbygg, skoler, landbruksbygg og industribygg. Hulldekkene skal lydisolere godt, være brannsikre, ha god varmeøkonomi og ha høy bæreevne. I tillegg gir hulldekkene stor valgfrihet når det kommer til lengde. Karakteristisk for hulldekke er at det vil være ovale hullutskjæringer som går gjennom hele elementets lengde. Størrelsen på hullene varierer utfra størrelsen på elementet. Disse utskjæringene kan brukes som fordelingskanaler for ventilasjonsanlegg, men desto viktigere er at de reduserer vekten. Hulldekkene inneholder alltid et sett med forspente vaiere som er støpt inn på undersiden av elementet. Dette gjøres for at bygget kan tåle stor belastning over lengere tid. Hos HBAS produseres det hulldekker med bredde på 1200 mm og høyde som kan variere. Lengden på det ferdige produktet gis etter kundens behov, men lengden er maksimalt 17 meter.



Figur 7 - Hulldekkemål

Høyde, vekt og maksimal lengde på hulldekkene er vist i tabell 4 – *Hulldekke – Høyde, Vekt, Lengde..*

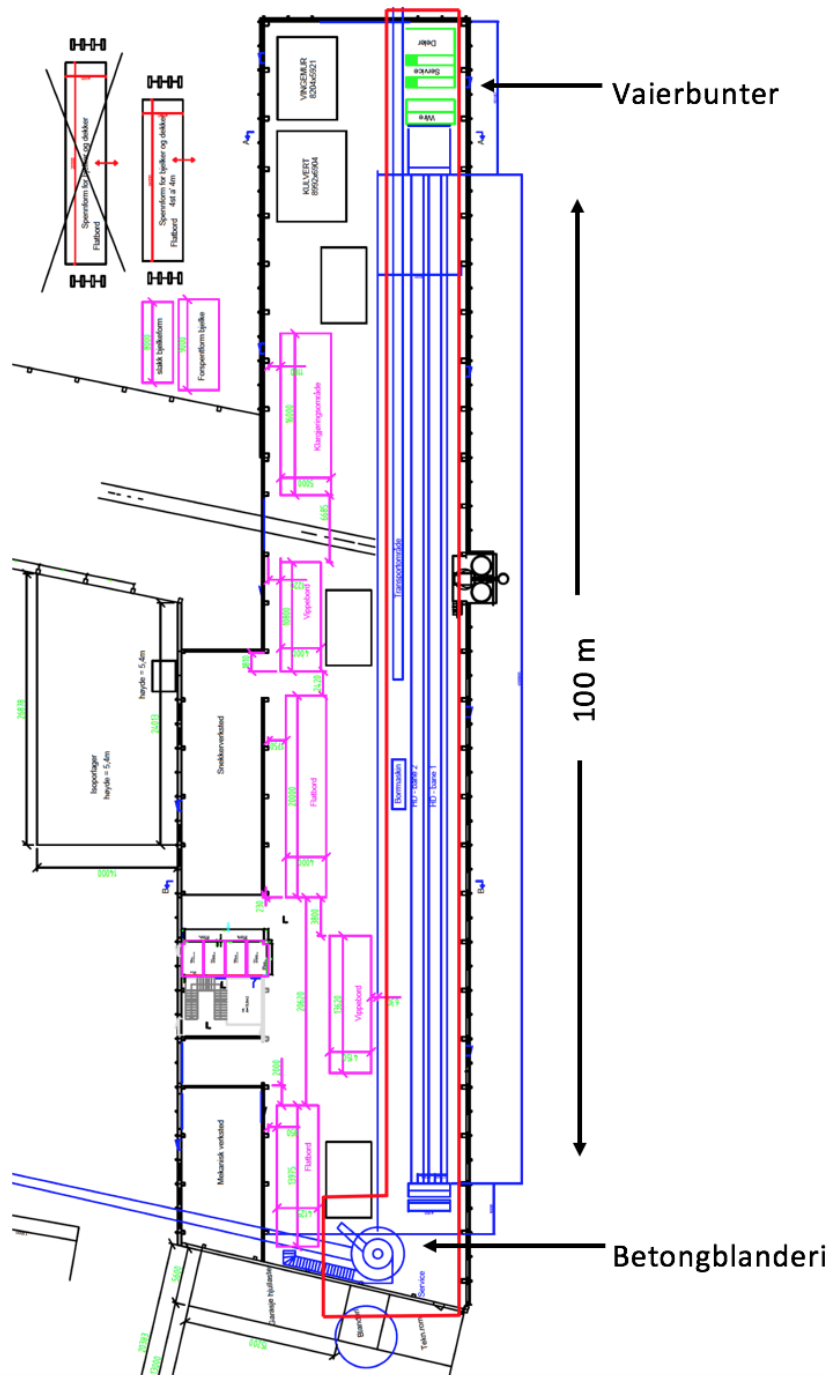
Tabell 4 - Hulldekke - Høyde, Vekt, Lengde

Høyde (mm)	Vekt (kg/m ²)	Maks lengde (m)
200	2,5	10
265	3,6	12
290	4,5	13
320	4,0	15
400	5,0	17

HBAS får inn flest bestillinger av hulldekke med høyde på 265 mm og deretter 320 mm. I tillegg til høyde vil det det være mulig for kunden å spesifisere utsparinger og innstøpninger for hvert element. Hvert hulldekkeelement inneholder alt fra 4 til 13 vaier. Det mest vanlige hos HBAS er 4, 6, 10 eller 12 vaier.

4.2.2 Produksjonsområdet for hulldekke

Produksjonen tar sted i HBAS sine lokaler i Mo i Rana. Hele bedriften er samlet under samme tak, fra ledelsen til produksjonsavdelingen. Siden bedriften ikke kun produserer hulldekker er det store deler av lokalet vi ikke trenger å ta hensyn til i denne oppgaven. Figur 8 - *Plantegning* viser HBAS sine produksjonslokaler med produksjonsområde for hulldekker markert i rødt.



Figur 8 - Plantegning

I produksjonsområdet er det to baner på 100 meter til produksjon av hulldekke, men maksimal lengde på ferdig produkt er 96 meter per bane. På den ene enden av banen ligger betongblanderiet. På den andre enden av banene ligger vaierne i bunter. Alt annet er mulig å flytte med kran og vil som oftest være plassert på en av endene.

4.2.3 Maskiner

Ved produksjon av hulldekker hos HBAS er det seks maskiner som blir tatt i bruk:

Tabell 5 - Sagemaskin

Sagemaskin	
Det er denne som kapper hulldekkene. Den er i stand til å kutte i forskjellige vinkler og kan bevegges på sporene langs banen. Ved hjelp av en laser vil det være lettere å kutte på det markerte området. For å unngå overoppheting brukes vannavkjøling.	
	
Bilde 1 – Sagemaskin 1	Bilde 2 – Sagemaskin 2

Tabell 6 - Kostemaskin

Kostemaskin	
Denne brukes for å koste bort overflødig vann som kommer fra sagemaskinen under kutting. Den brukes også til å legge ut vaiere og beveger seg med hjul langs banen.	
	
Bilde 3 - Kostemaskin 1	Bilde 4 - Kostemaskin 2

Tabell 7 - Extruder

Extruder	
<p>Dette er maskinen som legger ut betong på banene. Den får levert betong på oversiden og presser betongen ut etter formen på undervognen. I HBAS har de fem forskjellige undervogner for ulike tykkelser på hulldekke.</p>	
	
<p>Bilde 5 - Extruder</p>	<p>Bilde 6 - Undervogn</p>

Tabell 8 - Betongtobbe

Betongtobbe
<p>Denne brukes til å frakte betong fra blanderiet til Extruderen.</p>

<p>Bilde 7 - Betongtobbe</p>

Tabell 9 - Boremaskin og sirkelsag

Boremaskin og sirkelsag
<p>Dette er to mindre maskiner som brukes sjeldnere i produksjonen. Boremaskinen brukes til å lage hull i hulldekkeelementene for at vann kan renne ut. Sirkelsagen brukes til å kappe vaier.</p>

Oppspenningsjekk

Er maskinen som brukes for å spenne opp vaierne som er inni hulldekke.



Bilde 8 - Oppspenningsjekk

4.3 Kartlegging av produksjonsforløpet

I dette delkapittelet kartlegger vi det eksisterende produksjonsforløpet for hulldekkeproduksjonen. Først beskrives planleggingsfasen som skjer før produksjonen starter og deretter forklares den faktiske produksjonen. Videre gir vi et lite innblikk i hvilke sikkerhetstiltak bedriften har.

4.3.1 Planlegging av produksjonen

Hele produksjonsforløpet starter med at en selger eller prosjektleder mottar en bestilling. Hver bestilling er spesialdesignet til et bestemt byggeprosjekt og baserer seg på MTO. Bestillingen består av et varierende antall av HBAS sine produkter. Produksjonssjefen legger den inn i HBAS sin langtidsplan, med nøkkelinformasjon som mengde og høyde. Neste steg blir å få et prosjekteringsunderlag, plantegninger over etasjene og tegninger over hvert enkelt element. Denne delen blir som oftest outsourcet, som vil si at det leies inn en kontraktør.

Når HBAS har mottatt et komplett prosjekteringsunderlag vil produksjonssjefen gjøre en mottakskontroll med fire hovedpunkter:

1. Forsikre seg om at alle elementnumre samsvarer med plantegningene.
2. At det er rett antall vaier i forhold til hulldekkedimensjonen.
3. At målsettinger er på plass og korrekt.
4. Forsikre seg om at de har alt innstøpningsmateriale som trengs på lager, hvis ikke må det bestilles.

Dersom tegningene godkjennes vil produksjonssjefen begynne å planlegge selve produksjonen. Det første som må tas hensyn til er hvor mange hulldekker som skal produseres på hver bane. Her er målet å ha så høy utfyllingsgrad som mulig, slik at man ikke kaster overflødig vaier. Derfor må produksjonssjefen også ha oversikt over andre prosjekter i fremtiden. Hvis det er hulldekker med samme spesifikasjoner i et senere prosjekt er det mulig å kombinere produksjonene. Produksjonssjefen må også planlegge produksjonsrekkefølgen for å sikre at leveringsrekkefølgen blir riktig i forhold til montasje. Alt dette gjøres i dag manuelt.

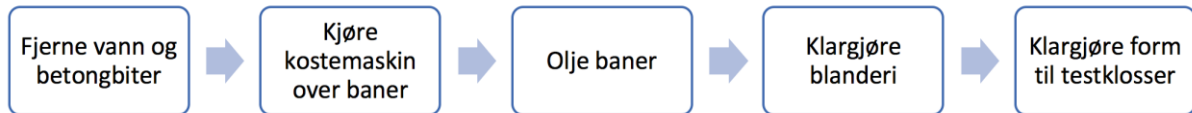
Ledetiden på et helt prosjekt er på ca. 84 dager fra HBAS mottar det komplette prosjekteringsunderlaget til montasjestart. Dette vil variere en del i forhold til størrelse på prosjektet. Siden produksjonen er basert på MTO vil produktene bli levert så fort det er ferdig produsert og byggeplass er klar for mottagelse. Dette vil si at HBAS utgangspunktet ikke skal ha et ferdigvarelager.

Produksjonssjefen setter opp en plan for uka, hvor alle operatørene har blitt tildelt arbeidstider. Det er i utgangspunktet planlagt å ha fire operatører ved hulldekkeproduksjonen i løpet av en dag. Disse planene blir lagt fram på et fast fredagsmøte med alle involverte parter. I tillegg er dette møtet åpent for eventuelle spørsmål og innvendinger til produksjonen.

4.3.2 Gjennomføring av produksjonen



Produksjonen av hulldekker har vi valgt å dele opp i de seks følgende prosessene: Klargjøring av baner, Oppspenning av vaiere, Utstøping, Rengjøring av maskiner, Herding, Kapp og utløft.

1. Klargjøring av baner



Figur 9 - Klargjøring av baner

Tabell 11 - Klargjøring av baner

Bilde	Forklaring
 <p data-bbox="427 1391 571 1413">Bilde 9 - Renne</p>	<p data-bbox="826 875 1193 909">Fjerne vann og betongbiter</p> <p data-bbox="826 913 1385 1178">Den første delen av klargjøringen er å fjerne betongbiter som ligger igjen fra tidligere produksjon. Det fjernes også vann som har kommet fra sagemaskinen. Operatørene gjør dette ved å dytte vannet med koster mot et sluk som ligger i enden av banene.</p>
 <p data-bbox="363 1944 639 1966">Bilde 10 - Kjøre kostemaskin</p>	<p data-bbox="826 1487 1230 1520">Kjøre kostemaskin over baner</p> <p data-bbox="826 1525 1385 1677">Når vann og betongbiter er fjernet henter en operatør kostemaskinen og kjører den over banene for å gjøre den siste grundige rengjøringen.</p>



Bilde 11 - Oljebeholder

Olje baner

Deretter blir banene oljet. Dette gjøres for å unngå at betongen setter seg fast. Oljingen gjennomføres manuelt ved at en operatør spruter olje fra en beholder mens han står på kostemaskinen som kjører over banene.



Bilde 12 - Blanderi

Klargjøre blanderi

Deretter klargjør en operatør blanderiet til bruk ved å olje det og lukke alle sluser.



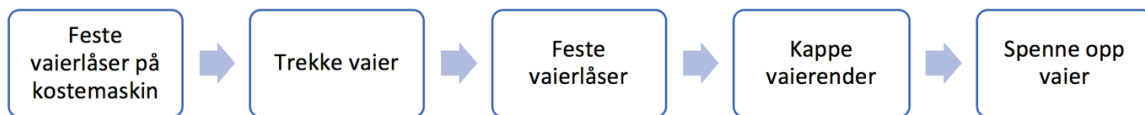
Bilde 13 - Form testkloss

Klargjøre form til testklosser

Til slutt klargjøres formen til testklossen som skal støpes på et senere tidspunkt. Formen skal rengjøres og settes sammen.

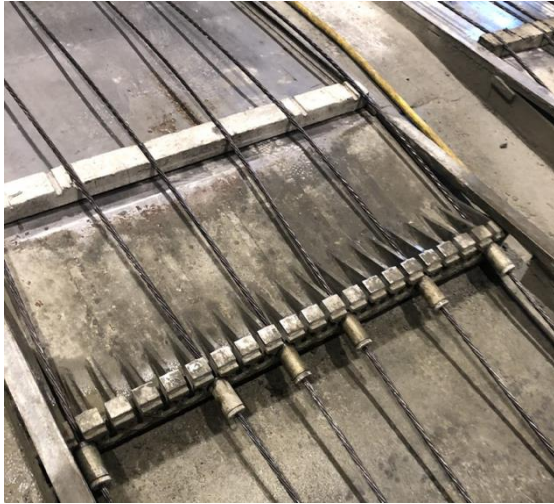
Testklossen brukes på slutten av produksjonsforløpet for å teste at betongen er herdet nok.

2. Oppspenning av vaier



Figur 10 - Oppspenning av vaier

Bilde	Forklaring
 <p data-bbox="400 931 600 958">Bilde 14 - Vaierbunt</p>	<p data-bbox="821 521 1252 555">Feste vaierlåser på kostemaskin</p> <p data-bbox="821 560 1380 786">Når banene er klargjort hentes det antall vaier som hulldekket skal inneholde fra store bunter i den ene enden av banen. Deretter fester en operatør vaierne i riktig posisjon på kostemaskinen ved bruk av vaierlåser.</p>
 <p data-bbox="400 1462 600 1489">Bilde 15 - Vaiertrekk</p>  <p data-bbox="400 1977 600 2004">Bilde 16 - Føringer</p>	<p data-bbox="821 1032 991 1066">Trekke vaier</p> <p data-bbox="821 1070 1358 1140">Deretter trekkes vaierne over banen ved bruk av kostemaskinen.</p> <p data-bbox="821 1576 1358 1727">For å sikre at alle vaierne blir liggende på riktig plass brukes føringer i tre, som har utskjæringer etter hvordan vaierne skal ligge.</p>



Bilde 17 - Vaierlåser

Feste vaierlåser

Når vaierne er trukket over hele banen festes vaierlåsene på endene av banen.



Bilde 18 - Vaierender

Kappe vaierender

Endene kappes ca. en halv meter fra låsene med en sirkelsag før de er klar for oppspenning.



Bilde 19 - Oppspenningsjekk

Spenne opp vaier

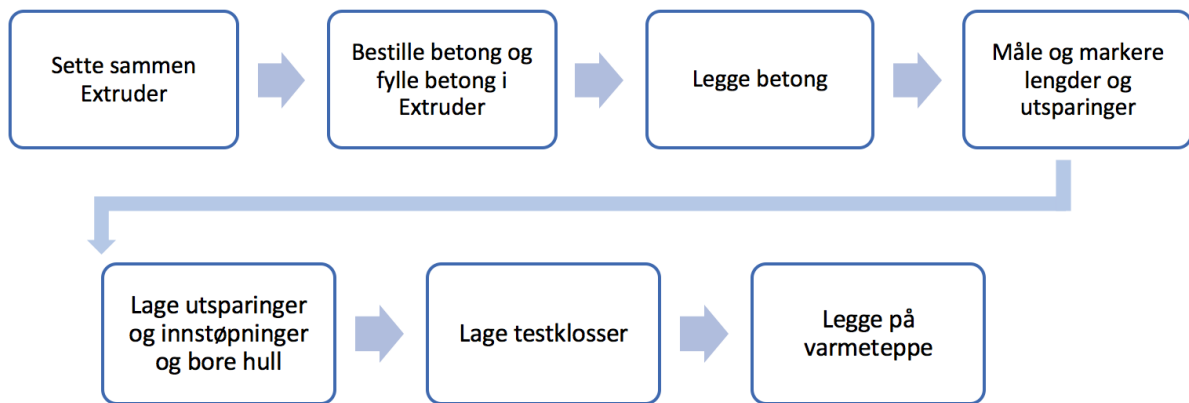
Det siste trinnet er å spenne opp vainerne etter kilonewton angitt i bestillingen. Dette kan være arbeid med stor risiko og det settes derfor på en alarm for å signalisere at de som ikke spenner opp vaineren må forlate arbeidsområdet.



Bilde 20 - Bur

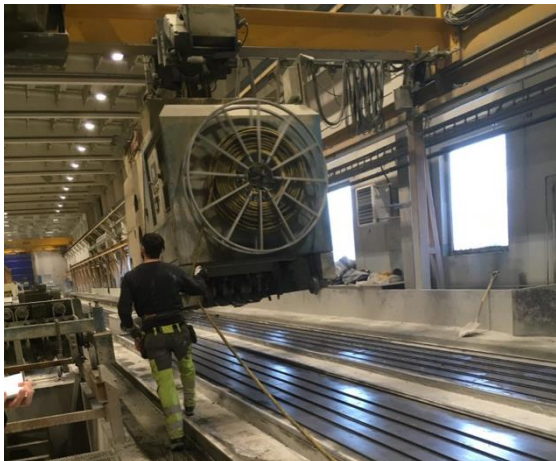

Operatøren som spenner opp vainerne står bak et bur for beskyttelse fordi oppspenningene kan ligge på mellom 85-110 kN.

3. Utstøping



Figur 11 - Utstøping

Tabell 12 - Utstøping

Bilde	Forklaring
 <p data-bbox="352 1364 683 1391"><i>Bilde 21 - Sette sammen extruder</i></p>	<p data-bbox="858 909 1174 943">Sette sammen Extruder</p> <p data-bbox="858 949 1390 1178">Denne prosessen starter ved at en operatør setter sammen Extruderen. Da brukes kranen til å løfte selve Extruderen opp på den undervognen som skal tas i bruk. Undervognen skal sjekkes om den uten betongrester.</p>
 <p data-bbox="403 1823 632 1850"><i>Bilde 22 - Betongtobbe</i></p>	<p data-bbox="858 1469 1283 1541">Bestille betong og fyller betong i Extruder</p> <p data-bbox="858 1547 1342 1776">Deretter bestilles betongblandingen. Betongen hentes fra blanderiet ved bruk av betongtobben og blir fraktet med kranen bort til Extruderen. Extruderen skal da være plassert i enden av banen det skal støpes.</p>



Bilde 23 - Legge betong

Legge betong

Betongen legges ved bruk av Extruderen. Den får levert betong fra oversiden og denne skyver maskinen fremover.



Bilde 24 - Lengder og utsparinger

Måle og markere lengder og utsparinger

Operatørene jobber rundt Extruderen og gjør forskjellige oppgaver. Én følger maskinen tett og markerer utsparinger, innstøpinger og lengder på betongen. Dette gjøres utfra produksjonstegningene som er festet på Extruderen. Til slutt merkes elementet med elementnummer for å identifisere det under montasje.



Bilde 25 - Utsparinger

Lage utsparinger og innstøpninger og bore hull

De resterende operatørene lager utsparingene og innstøpningene som er markert, ved bruk av hakker og spader. Hvis det er vaiere i utsparingene må disse kuttes. Til slutt lages det små hull med en boremaskin for å la vann renne ut av hulldekkeelementene.



Bilde 26 - Testkloss

Lage testklosser

Når begge banene er ferdig støpt lages det to testklosser av betongen som legges i en form oppå hulldekkene.

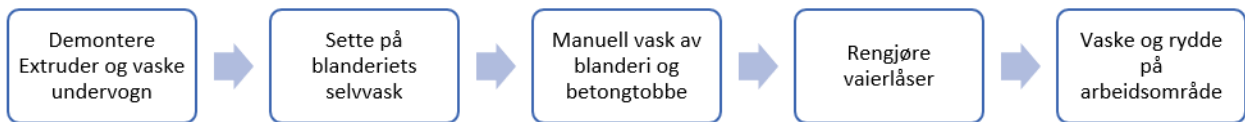


Bilde 27 - Varmeteppe

Legge på varmeteppe



Helt til slutt legges det et varmeteppe oppå hver av banene for å redusere herdingstiden til betongen.

4. Rengjøring av maskiner



Figur 12 - Rengjøring av maskiner

Tabell 13 - Rengjøring av maskiner

Bilde	Forklaring
 <p data-bbox="395 992 608 1019">Bilde 28 - Undervogn</p>	<p data-bbox="826 618 1382 651">Demontere Extruder og vaske undervogn</p> <p data-bbox="826 656 1382 958">Etter utstøping må maskiner og annet utstyr rengjøres. Dette gjøres for å unngå at betongrester blir liggende, for det er verre å fjerne dette på et senere tidspunkt. De viktigste oppgavene i denne prosessen er å demontere Extruderen og vaske undervognen som har vært i direkte kontakt med betongen.</p>
 <p data-bbox="400 1704 603 1731">Bilde 29 - Blanderiet</p>	<p data-bbox="826 1128 1219 1162">Sette på blanderiets selvask</p> <p data-bbox="826 1167 1378 1245">Blanderiet må også rengjøres. Dette gjøres ved å sette på blanderiets selvask.</p>



Bilde 30 - Blanderiet

Manuell vask av blanderiet og betongtobbe

Deretter åpnes lukene og Blanderiet rengjøres manuelt.

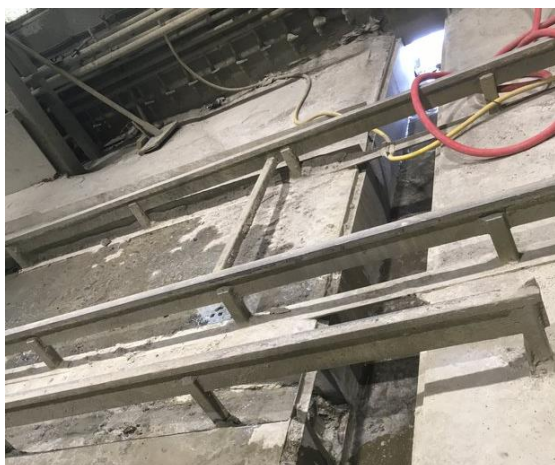
Betongtobben vaskes i blanderiområdet ved å spyle med vann.



Bilde 31 - Vaierlåser

Rengjøre vaierlåser

Låsene skal rengjøres daglig. Først tar man låsene fra hverandre. Deretter rengjøres koblingshuset ved å bruke en boremaskin med et rengjøringsstykke. Så gjør operatøren en visuell sjekk og kaster låsene med deformasjon og sprekker.



Bilde 32 - Avløpsrenne

Vaske og rydde på arbeidsområde

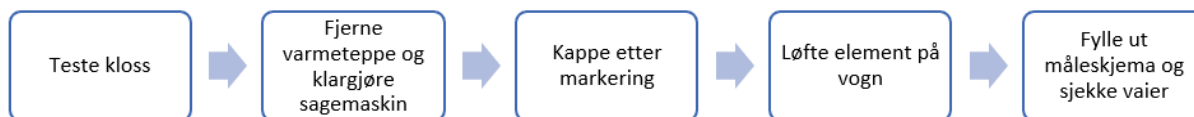
Det samler seg en del vann og betongrester rundt banene etter produksjon. Spesielt er det mye vann der maskinene vaskes. Det overflødig vannet fjernes ved at det føres ned i en renne som vist på bilde 32. I tillegg bør arbeidsområdet generelt ryddes og klargjøres for ny produksjon.

5. Herding

Etter at varmeteppeene er lagt på banene er hulldekkene klare for herdingsprosessen. Under normale omstendigheter vil herdingsprosessen skje over natten og ta ca. 12 timer.

Herdingen er derfor en prosess som ikke krever arbeidskraft.

6. Kapp og utløft



Figur 13 - Kapp og utløft

Tabell 14 - Kapp og utløft

Bilde	Forklaring
 <p data-bbox="411 1279 619 1305">Bilde 33 - Teste kloss</p>	<p data-bbox="858 842 1007 869">Teste kloss</p> <p data-bbox="858 882 1422 1189">Det første som gjøres i denne prosessen er å teste betongens styrke. En operatør tar med seg de to testklossene til et laboratorium. En kloss legges i en maskin som tester trykkstyrken og styrken noteres i en bok i produksjonshallen. Om klossen tåler godkjent mengde trykk kan man begynne arbeidet med kapping.</p>
 <p data-bbox="400 1767 630 1794">Bilde 34 - Vannbasseng</p>	<p data-bbox="858 1391 1394 1536">Den andre testklossen testes ikke på produksjonsdagen og lagres i et vannbasseng i 28 dager før den testes av en ekstern bedrift.</p>



Bilde 35 - Klargjør sagemaskin

Fjerne varmeteppe og klargjøre sagemaskin

Den andre operatøren tar i mellomtiden bort varmeteppe og klargjør sagemaskinen.



Bilde 36 - Sagblad

Kappe etter markering

En operatør styrer sagemaskinen som kapper hulldekkene. Maskinen viser med laserlys hvor det kappes og operatøren justerer maskinens posisjon.



Bilde 37 - Kran

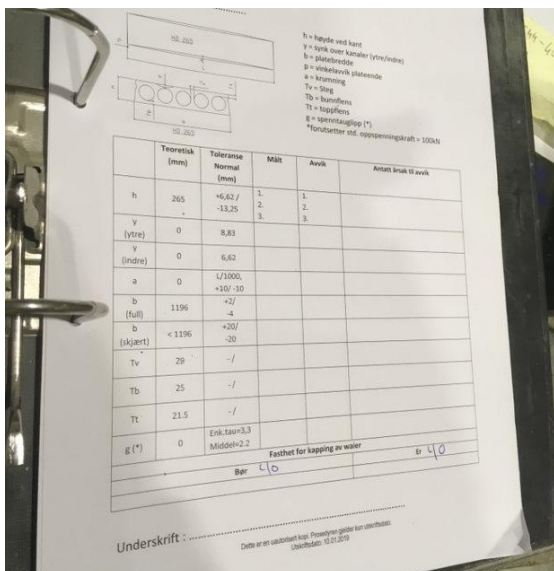
Løfte elementer på vogn

Hulldekker som er ferdigkappet løftes med kranen som styres av en operatør.



Bilde 38 - Vogn

Hulldekkene plasseres på vogner som går på skinner. Disse fraktes senere ut av en som jobber med ferdigstilling av last.



Bilde 39 - Måleskjema

Fylle ut måleskjema og sjekke vaier

Etter hulldekkene er løftet på vogn skal de sjekkes i henhold til et måleskjema. Her vil det primært bli sjekket at forskjellige tykkelser på betongen er innenfor kravene. I tillegg sjekkes vaiernes posisjon og vaierslipp.

4.3.3 Sikkerhetstiltak

I en produksjonsbedrift som HBAS er sikkerheten til operatørene av høy prioritet. I produksjonen av hulldekke håndteres forspente vaiere, tungt utstyr og materiale. Derfor er det fastsatt sikkerhetsrutiner slik at det ikke oppstår ulykker. Oppstår det en sikkerhetsbrist kan omfanget av konsekvensene variere veldig, fra minimale konsekvenser og til tap av menneskeliv.

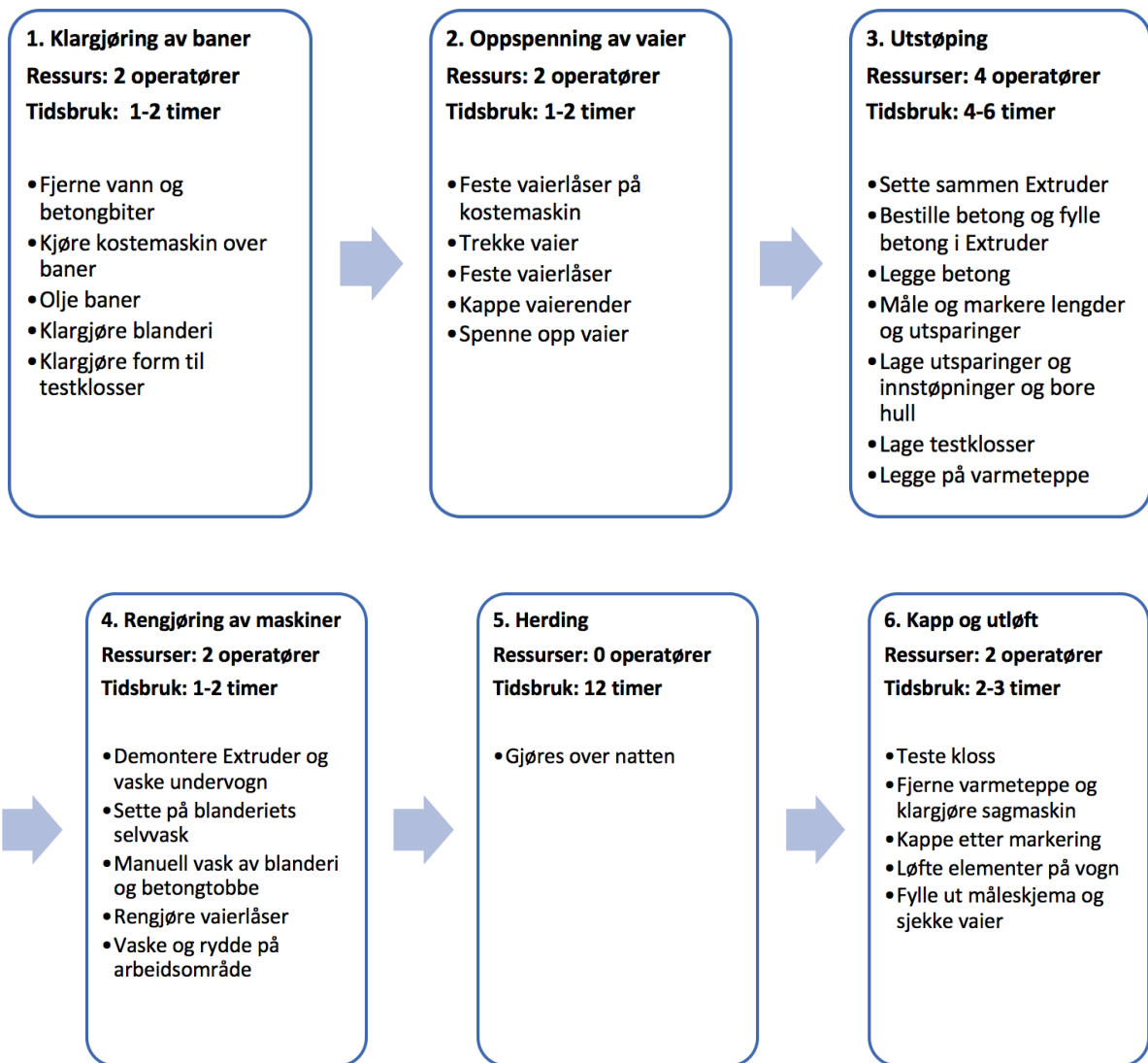
Operatørene bruker diverse verneutstyr til forskjellige arbeidsoppgaver. Det er alltid påbudt for de som jobber med produksjonen å ha på seg arbeidstøy og vernesko. Hørselsvern er ikke påbudt, men noe de fleste bruker selv om det kun er nødvendig ved noen maskinhåndtering. Ved bruk av sirkelsagen skal det brukes vernebriller og hansker. Ellers er det under oppspenning av vaier sikkerheten er strengest.

4.3.4 Oppsummering

Selv om de fleste av arbeidsoppgavene skal gjøres likt hver gang er produksjonen basert på produksjonsstrategien MTO. Dette betyr at produksjonstiden vil variere ut fra hva som er bestilt. I hulldekkeproduksjonen er det fem faktorer som varierer ut ifra kundens behov:

- Høyden
- Antall vaiere
- Spenn på vaieren
- Utsparinger og innstøpninger
- Lengde

I de foregående delkapitlene har vi delt produksjonsforløpet inn i seks, med underliggende arbeidsoppgaver. For å få en bedre oversikt over produksjonsforløpet har vi laget en oversikt over de seks prosessene og deres deloppgaver. Fordi produksjonstiden varierer med lengder, utsparinger og innstøpninger har vi valgt å ikke kartlegge det konkrete tidsforbruket for ett produksjonsforløp. Det er heller kartlagt tidsintervallet for hver prosess.



Figur 14 - Produksjonsforløp

5. Analyse

I dette kapitlet definerer vi først problemene bedriften står overfor ved dagens hulldekkeproduksjon og de tilknyttede konsekvensene. Videre gjør vi en analyse av produksjonen og går nærmere inn på hver prosess. Deretter kategoriserer og identifiserer vi problemene ut ifra målinger i form av avvik ved produksjonen som er registrert av bedriften. Til slutt brukes rotårsaksanalyse for å skape grunnlaget for løsninger. Når vi gjør våre analyser i dette kapitlet tar vi utgangspunkt i at de har kontinuerlig produksjon.

5.1 Problemer og konsekvenser

Hulldekkeproduksjonen er i dag preget av variasjon og uventede stopp. Dette kan skyldes forskjellige feil under gjennomførelsen. Når feilene skjer er det oftest en etterfølgende konsekvens. I dette delkapitlet legger vi fram konsekvensene av produksjonsproblemer og de vanligste årsakene eller feilene som fører til disse. Dette utgjør defineringsfasen i henhold til DMAIC.

Vrake baner

HBAS har en inntekt på omkring 50 000 kr på en ferdigstilt bane. Hvis HBAS må vrake en ferdigstilt bane kan denne inntekten være et godt estimat på hva bedriften vil tape. I tillegg vil tiden operatørene har lagt inn og materialene som har blitt brukt også gå tapt. Noen problemer som fører til at baner må vrakes er:

- Feil ved tykkelsen på banen.
- Feil ved blandingsforholdet til betongen.
- Svekket styrke på hulldekket på grunn av vaierslipp.
- Større feil på maskiner som gir feilproduksjon.

Vrake elementer

En bane består av 6-12 hulldekkeelementer. Det kan oppstå feil med kun ett eller et par elementer på en hel bane. Man vil da slippe å vrake alt, men kun deler av banen. Noen problemer som fører til at elementer må vrakes er:

- Elementer har feil lengde eller feile utsparinger.
- Feil på maskiner som gir utslag bare på noen elementer før feilen rettes opp.
- Produsert for mye av et element.
- Svekket styrke på element på grunn av vaierslipp.

Manglende produksjon

Produksjonen av en bane må fullføres i løpet av dagen. Derfor er HBAS avhengig av å ferdigstille banen som allerede er påbegynt. Ved forsinkelser i produksjonen må HBAS velge om de skal produsere begge banene eller ikke starte med ny produksjon den dagen. Uten produksjon vil man tape inntekter som nevnt over, men man vil unngå kostnadene for materialer. Noen problemer som fører til manglende produksjon er:

- Maskiner er håndtert feil eller fungerer ikke. Det gjør at det må iverksettes korrigerende tiltak som hindrer videre produksjon.
- Problemer med blanderiet, for eksempel feil blandingsforhold.
- Underbemanning grunnet sykdom eller dårlig planlegging.

Tidssløsing

Tidssløsing er når operatørene bruker tid på aktiviteter som ikke gir verdi for kunden. Tidssløsing kan føre til forsinkelser i produksjonen, som igjen kan føre til overtid eller manglende produksjon. Dette kan være sløsing av ett par minutter til flere timer. Noen problemer som fører til tidssløsing er:

- Informasjon som må klareres mellom operatører.
- Leting etter utstyr.
- Rette opp i feil på maskindeler eller elementer.

Kvalitetsfeil på levert produkt

Konsekvensene kan være store hvis produkter med kvalitetsfeil ikke blir oppdaget hos HBAS og blir levert til kunde. Hvis hulldekker med kvalitetsfeil monteres, ferdigstilles og tas i bruk vil verst tenkelig utfall være at bygget raser og kan ta menneskeliv. Et mer sannsynlig scenario er at arbeiderne på byggeplassen oppdager feilen og tar kontakt med HBAS. Da vil enten produktet kunne bli reparert på byggeplass eller så må HBAS produsere nytt. Oftest vil byggeplass fikse opp i feilen selv og HBAS må ta kostnadene for etterarbeidet. Dette kan være forholdsvis store summer fordi alle arbeiderne på byggeplassen må betales for den tiden som blir brukt i forbindelse med feilen. Ifølge Bergström (2018) vil dette koste omlag ti ganger mer enn å gjøre endringene før det leveres til kunde. Ved å produsere nytt vil man få forsinkelse i eksisterende produksjon i tillegg til kostnaden for produksjon av det nye hulldekke. Noen problemer som fører til kvalitetsfeil er:

- Hulldekke har feil lengde, tykkelse eller utsparinger.
- Feil i betongblandingen.

Overtidsarbeid

Hvis det oppstår problemer under produksjonen er det ofte at operatørene jobber overtid. Dette er fordi det koster bedriften mindre å la noen operatører jobbe overtid enn å ikke få produsert. Oftest har operatørene mulighet og ønske om å jobbe overtid, men for mye overtid kan ha negative konsekvenser. Overtid er ikke noe operatørene tvinges til, men det kan føles som et underliggende press at det forventes. En annen viktig, men i mange tilfeller skjult konsekvens av dette kan være flere feil, flere ulykker og en økende grad av sykemeldinger. Noen problemer som fører til overtidarbeid er:

- Underbemanning grunnet sykdom.
- Dårlig planlegging.
- Problemer under produksjonen som fører til forsinkelser.

Større lagerbeholdning

Siden HBAS sin produksjon er basert på MTO så er det ikke nødvendig med et stort lagerhold, da alt som produseres skal raskt til kunde. Til tross for dette kan HBAS oppleve at lagerholdet blir større enn ønsket. Et varelager vil binde kapital, kan skjule mulige kilder til sløsing og kan skape plassmangel på produksjonsområdet. Noen problemer som fører til større varelager er:

- Produsert for mange elementer og ønsker å kunne bruke det i en senere bestilling.
- Produsert mange elementer som ikke skal leveres på en stund.

Erstatning av maskiner eller maskindeler

Ved produksjonen tar HBAS i bruk flere spesiallagde maskiner. Det vil si at hvis maskinene eller maskindeler blir ødelagt, vil det være dyrt å erstatte disse. Det kan også være tidskrevende å få tak i enkelte deler, som kan gi forsinkelser i produksjonen. Noen problemer som fører til erstatning av maskiner eller maskindeler er:

- Maskiner er håndtert feil av operatør.
- Manglende eller dårlig vedlikehold av maskiner.
- Slitasje på maskiner.

Reparasjon av maskiner

I flere tilfeller kan HBAS gjennomføre reparasjoner ved bruk av egne ansatte, men ved større maskinfeil må de bruke en ekstern reparatør. Lønnskostnader for reparatøren vil være avhengig av på omfanget av skaden. Noen problemer som fører til reparasjoner av maskiner er:

- Maskiner er håndtert feil av operatør.
- Manglende eller dårlig vedlikehold av maskiner.
- Slitasje på maskiner.

Alle disse konsekvensene påvirker bedriften på forskjellige måter. Noen av dem, som for eksempel overtid, erstatning og reparasjon av maskiner, vil gi direkte og tydelige økonomiske konsekvenser. Andre kan skade omdømmet til bedriften, mens noen vil føre til skjulte kostnader og tidstyver. De fleste kan knyttes til Muda, kilder til sløsing, fra Lean Six Sigma. Om vi ser på akronymet DOWNTIME kan vi blant annet knytte vraking og kvalitetsfeil til D'en, Defects. Manglende produksjon kan knyttes til W, Waiting, og større lagerbeholdning kan høre sammen med I, Inventory. Tidssløsing kan henge sammen med for mye bevegelser M, Motion, og kanskje til E, Employees unused creativity. Med andre ord kan man se at HBAS har flere mulige kilder til sløsing som kan påvirke bedriften både økonomisk og på omdømmet.

5.2 Analyse av produksjonen

Ett av resultatmålene i denne oppgaven handlet om å avklare hva som er verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter i produksjonen. Derfor har vi i dette delkapittelet analysert prosessene, som er beskrevet i delkapittel 4.3.2 - *Gjennomføring av produksjonen*. Vi har diskutert hvilke faktorer som kan medføre feil i forbindelse med produksjonen og forhold som påvirker kvalitet, ressursbruk og endelig resultat. I tillegg har vi lagt fram våre egne observasjoner ved gjennomføringen av produksjonen under bedriftsbesøkene.

1. Klargjøring av baner

Klargjøring av baner er en prosess som må gjøres for å sørge for at hulldekkeelementene ikke henger fast i banene og for at produksjonsområdet holdes ryddig. Likevel er dette en prosess som ikke direkte tilfører verdi til det endelige produktet. Derfor kan dette sees på som en ikke-verdiskapende aktivitet som er nødvendig. I denne prosessen brukes kostemaskinen både til å rengjøre og for å kunne spre oljen. Man er derfor avhengig av at denne er i en tilstand der den kan utføre den krevde funksjonen. I tillegg til de store arbeidsoppgavene som å rengjøre banene er det i denne prosessen flere småoppgaver. Dette er for eksempel å klargjøre testkloss og blanderi. Dette er oppgaver som ikke er like tydelige og bedriften er derfor avhengig av operatører som ser hva som må gjøres.

2. Oppspenning av vaier

Prosesen med å spenne opp vaier utføres for å styrke den endelige kvaliteten til hulldekkeelementene. Vaierne er en del av det endelige produktet som leveres til kunden og denne prosessen kan derfor sees på som en verdiskapende aktivitet. Maskinen som brukes mest i tilknytting til de ulike oppgavene er kostemaskinen, men også en håndholdt sirkelsag brukes for å kappe vaierne. Kostemaskinen brukes for å dra vaierne over banen. Dette kunne også blitt gjort manuelt, men da ville det vært mer tidskrevende. Sirkelsagen brukes kun for å kappe vaierne mellom bunt og banen som betyr at presisjon er lite viktig. Man er derfor i denne prosessen avhengig av maskinene, men om de ikke fungerer utelukker dette ikke at prosessen kan bli gjennomført. Man er derimot avhengig av oppspenningsjekken som brukes til selve oppspenningen. Det er forholdsvis farlige oppgaver som utføres i denne prosessen. Tidligere har det skjedd at en vaier har røket under oppspenning og en operatør fikk den gjennom foten. Det er store krefter i gang som kan føre til skade på mennesker og det er derfor innført sikkerhetstiltak.

3. Utstøping

Utstøping er kanskje den prosessen som har størst innvirkning på hvordan det endelige produktet blir. Det er under utstøping man sørger for at betongen som brukes har riktig kvalitet i form av blandingsforhold. Det er også her man støper betongen i dimensjonene som er bestilt og lager utsparinger etter produksjonstegninger. Denne prosessen er derfor verdiskapende og det som skjer påvirker kvaliteten på hulldekkeelementene. Prosessen er også tidskrevende og er den som tar lengst tid med unntak av herdingen. For å utføre oppgavene i prosessen brukes Extruderen. Denne er en stor del av utstøpingen og må derfor være i en tilstand hvor den utfører de nødvendige funksjonene uten feil. Blanderiet har også en stor påvirkning på utførelsen av denne prosessen. Om blanderiet ikke klarer å lage betong som har høy nok kvalitet kan heller ikke selve utstøpingen begynne. Produksjonstegningene kan også påvirke det som skjer under utstøpingen. Boremaskinen brukes også i denne prosessen. Utstøping er derfor den delen av produksjonsforløpet som krever mest maskinbruk og arbeid av operatørene. Det er mange arbeidsoppgaver og de må utføres korrekt etter produksjonstegningene for å oppnå resultatet som er krevd.

4. Rengjøring av maskiner

Rengjøring av maskiner, blanderi og vaierlåser er en prosess som gjøres for å unngå at betongrester sitter fast. Denne prosessen er ikke direkte verdiskapende for det endelige produktet, men den er nødvendig for å opprettholde maskinene. På samme måte som klargjøring av baner er dette en prosess som avhenger av innsatsen til operatørene. Hvis rengjøring av maskiner ikke blir gjort ordentlig må operatører hogge ut betongrestene senere. Dette er ifølge operatørene mer tids- og ressurskrevende enn å rengjøre med en gang.

5. Herding

Herding er en prosess som ikke krever operatører, arbeidsoppgaver eller maskiner. Det kreves kun varme for at denne prosessen skal være vellykket. Den kan likevel sees på som verdiskapende. Hulldekkeelementene må gjennom herdingsprosessen for å kunne leveres til kunde.

6. Kapp og utløft

Kapp og utløft er den siste prosessen som avgjør hvordan det ferdigstilte produktet blir. Her deles banen med betong opp i lengder. Dette er dermed en verdiskapende aktivitet. I denne prosessen brukes sagemaskinen til å kappe hulldekkeelementene og kranen for å flytte elementene over på vogn. Sagemaskinen er viktig for å få gjennomført prosessen. Om denne ikke fungerer som den skal kan heller ikke hulldekkeelementene flyttes videre med kranen. Prosessen er også avhengig av at kranen kan utføre sin funksjon. Det er også i denne prosessen det er mulig å sikre kvaliteten. Denne sikringen består av å fylle ut måleskjema og sjekker vaiere.

Observasjoner under bedriftsbesøk

Under det første bedriftsbesøket fikk vi oppleve at blanderiet har en stor påvirkning på produksjonen. På grunn av kulde hadde det dannet seg isklumper i sanden. Dette gjorde at blandingsforholdet ble feil når isen smeltet. Betongblandingen ble dermed altfor fuktig og det ble ikke mulig å utføre utstøping denne dagen. Vi opplevde også hvordan menneskelige faktorer kan påvirke produksjonsforløpet. Noen hadde glemt nøkkelen til laboratoriet hvor betongen testes. Operatøren som skulle sjekke styrken til testklossen kunne dermed ikke gjøre dette før en annen ansatt kom hjemmefra med nøkkel. Dette utsatte kapp og utløft fordi dette ikke kan gjøres før man vet om betongen har den krevde styrken.

5.2.1 Oppsummering

Totalt sett kan man si at bedriften er helt avhengig av maskinene for å kunne gjennomføre produksjonen. Spesielt i utstøping, og kapp og utløft har maskinene stor betydning. Kvaliteten på produktene blir i størst grad påvirket av blanderiet og Extruderen, men menneskelige faktorer spiller også inn. Operatørene må være spesielt fokusert i utstøping og det krever innsats og rett holdning i de to rengjøringsprosessene. Herdingen er lite avhengig av faktorer operatørene kan påvirke, men er likevel en viktig del av produksjonen. Etter å ha analysert prosessene og avklart hva som er verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter har vi konkludert med at ikke alle er direkte verdiskapende. Likevel er alle nødvendig for å sikre en vellykket produksjon. I tabell 15 – *Oppsummering, analyse av produksjon* oppsummeres noen av resultatene fra analysen. Vi har avklart om aktivitetene er verdiskapende eller ikke, og hvilke maskiner og utstyr som trengs for å utføre de.

Tabell 15 - Oppsummering, analyse av produksjonen

Prosess	Verdiskapende eller ikke	Maskiner og utstyr
Klargjøring av baner	Ikke-verdiskapende, men nødvendig	<ul style="list-style-type: none">• Kostemaskin• Oljebeholder• Koster
Oppspenning av vaier	Verdiskapende	<ul style="list-style-type: none">• Kostemaskin• Sirkelsag• Oppspenningsjekk• Førings• Vaierlåser
Utsøping	Verdiskapende	<ul style="list-style-type: none">• Extruder• Blander• Bor• Betongtobbe• Hakke
Rengjøring av maskiner	Ikke-verdiskapende, men nødvendig	<ul style="list-style-type: none">• Høytrykkspyler
Herding	Verdiskapende	<ul style="list-style-type: none">• Varmeteppe
Kapping og utløft	Verdiskapende	<ul style="list-style-type: none">• Sagemaskin• Kran• Løfteutstyr

5.3 Analyse av problemer i produksjonen

Produksjonen av hulldekker består av mange forskjellige arbeidsoppgaver. Ved de fleste arbeidsoppgavene er det rom for at feil kan oppstå. Noen av de ansatte i HBAS fører avvik i en felles avvikslogg i IT-systemet Landax. Avvik føres hver gang det oppstår problemer i produksjonen. Blant HBAS sine produkter er hulldekket den som har høyest antall avvik. Først har vi kategorisert problemene ut fra de registrerte avvikene. Deretter har vi bestemt at problemene måles i kostnader og antall. Dette representerer målefasen i DMAIC. Disse dataene analyseres videre ved bruk av paretoanalyse, basert på kategoriene. Herfra og videre til rotårsaksanalysene gir analyseringsfasen i henhold til DMAIC.

5.3.1 Kategorisering

Vi har valgt å kategorisere avvikene i fire kategorier: operatørfeil, feil med blanderi, maskinfeil og feil ved planlegging. Vi kategoriserer de for å skille de forskjellige feilene bedriften har opplevd. På denne måten kan vi senere analysere avvikene i kategorier.

1. Operatørfeil

Operatørene er de ansatte som jobber i produksjonen. Gjennom produksjonsforløpet vil alle arbeidsoppgavene ha innblandet minst én operatør. Normalt skal hulldekkene ha blitt håndtert av fire forskjellige operatører i løpet av et produksjonsforløp. Ved en produksjon med så mange håndteringer vil det kunne oppstå menneskelige feil. I tillegg har operatørene et stort ansvar for håndtering av maskinene. Eksempler på avvik som går under denne kategorien er:

- Operatør har markert feil lengde, tykkelse eller utsparing på element.
- Operatør har ikke hakket ut utsparing.
- Operatør har ikke merket element med navn.
- Operatør har ikke kuttet vaier i utsparing.
- Operatør har håndtert maskin feil.

2. Feil med blanderi

Blanderiet er der betongblandingen produseres. Vi har valgt å skille blanderiet fra de andre maskinene da denne delvis styres av en annen avdeling. Innenfor blanderiet har vi også valgt å inkludere avvikene knyttet til oppbevaring av råvarer og skråplanet som frakter råvarene til blanderiet. Eksempler på avvik som går under denne kategorien er:

- Skråplanet stopper på grunn av kulde.
- Sand blir fryst og det blir feil blandingsforhold.
- Vaierslipp på grunn av feil ved betongblandingen.

3. Maskinfeil

Det er umulig å gjennomføre produksjonsforløpet uten å bruke maskiner. Dermed kan det også her oppstå feil som kan ha store konsekvenser for produksjonen. Eksempler på avvik som går under denne kategorien er:

- Feil på maskindeler til Extruder.
- Betongen blir ujevn fordi Extruderen ikke fungerer som den skal.
- Sagemaskinen kutter skjevt.
- Sagemaskinen har feil på sagbladet eller andre deler.
- Avvik på resterende maskiner: betongtobben, kostemaskinen, boremaskinen, vaiertrekkeren eller sirkelsagen.

4. Feil ved planlegging

Planlegging handler om alt rundt selve produksjonen. Dette inkluderer planlegging av hvilke elementer som skal produseres, hvem og hvor mange som skal arbeide i produksjonen, videreføring av informasjon fra kunde og montasjerekkefølge. Det meste av dette skjer i planleggingsfasen som beskrevet tidligere. Dersom det har skjedd feil i planleggingsfasen kan konsekvensene først vise seg under produksjon eller når det er levert til kunde. Eksempler på avvik som går under denne kategorien er:

- Produsert i feil rekkefølge i forhold til montasje.
- Feil antall hulldekke er produsert.
- Overfylt lager på grunn av dårlig kapasitetsberegning.

5.3.2 Målinger

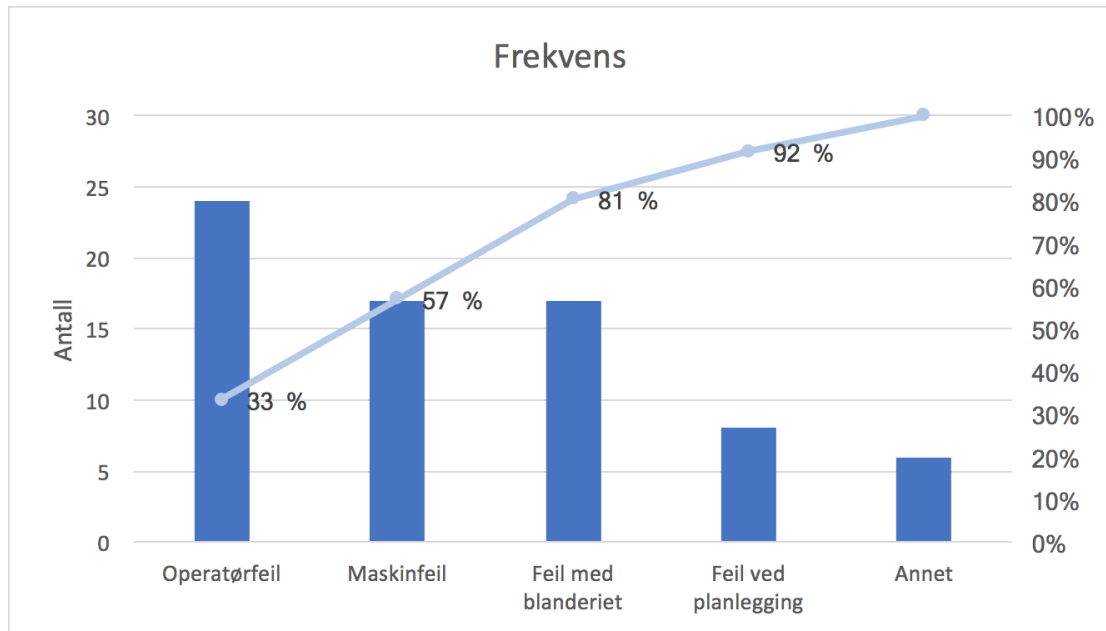
Vi har benyttet bedriftens loggføring av avvik som målinger. Denne vil være mer representativ enn våre egne målinger fra bedriftsbesøk, da dette er tall fra fem måneder fra 01.11.18 – 01.04.19. Hendelsene er tatt direkte fra bedriften, men det er brukt estimater for kostnader. Dette fordi det ofte har manglet konkrete tall og vi har gjort anslag basert på lignende hendelser. Derfor er den økonomiske konsekvensen et ikke bedriftens faktiske tapkostnader. Alle hendelsene er hentet fra avviksloggen i Landax og frekvensen er derfor kun basert på det. Vi forutsetter at disse tallene er representative og bruker disse videre i oppgaven for å underbygge våre påstander. Målingene fra avviksloggen i Landax er vist i tabell 16 - *Målinger fra avvikslogg*

Tabell 16 - Målinger fra avvikslogg

Kategori	Antall	Kostnad	Kostnad per forekomst
Operatørfeil	19	kr 240 738	kr 7 326
Maskinfeil	14	kr 175 830	kr 14 161
Feil med blanderiet	17	kr 163 438	kr 9 614
Feil ved planlegging	8	kr 104 250	kr 13 031
Annet	14	kr 47 368	kr 7 895
Totalt	72	kr 731 622	

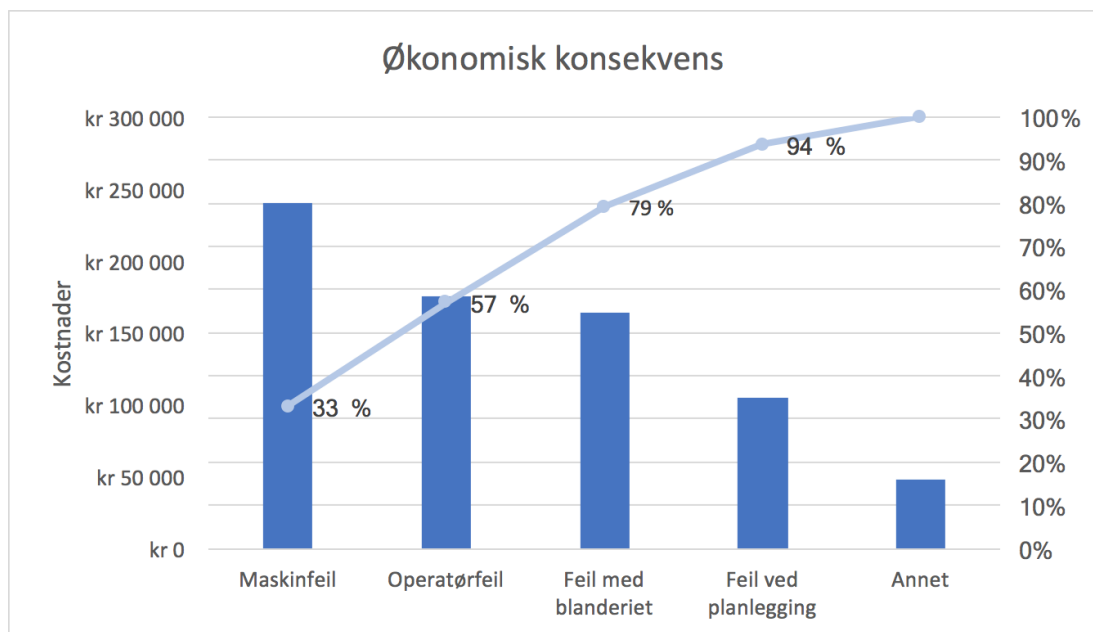
5.3.3 Paretoanalyse

Vi har nå trukket fram feilene bedriften opplever og hva de fører til. Vi har også presentert målinger gjort i bedriften. I denne delen analyserer vi disse ved bruk av paretoanalyse for å finne kategorien som har høyest frekvens og som fører til de største økonomiske konsekvensene. Figur 15, 16 og 17 er basert på tallene i tabell 16 – *Målinger fra avvikslogg*.



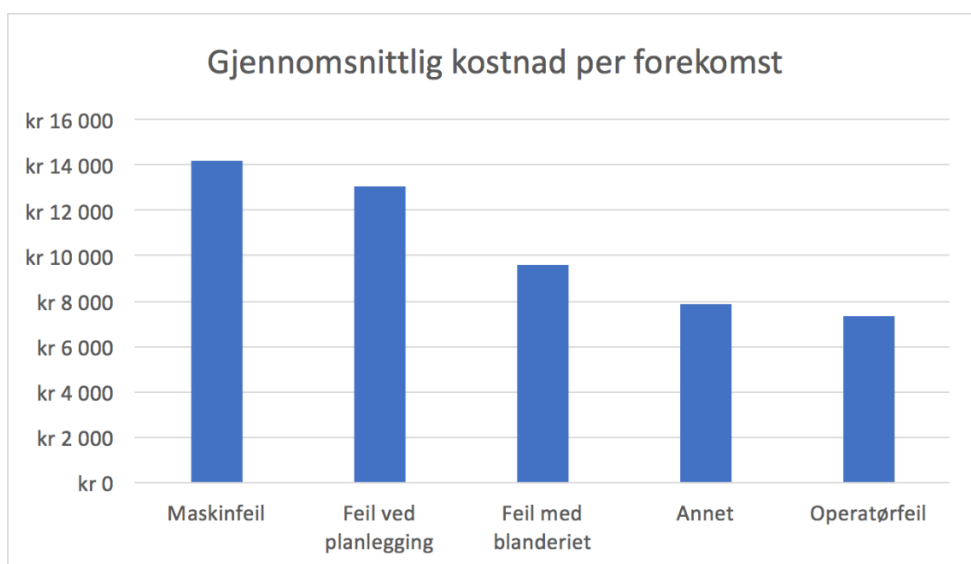
Figur 15 - Pareto - Frekvens

Ifølge avviksloggen er operatørfeil den type avvik som oppstår oftest av kategoriene. Denne kategorien står for en tredjedel av alle avvikene. Disse feilene kan som nevnt i *5.1 Problemer og konsekvenser* variere fra hendelser med store konsekvenser til mindre feil som kan fikses raskt. Avvikene som forekommer nest mest er knyttet til maskinene eller blanderiet. Disse to kategoriene står for omtrent en fjerdedel hver. Avvikene som skjer med maskinene fører ofte til lengre stopp og vil vanligvis ha større konsekvenser enn operatørfeil. Innenfor maskinfeil kan de fleste avvikene relateres til Extruderen og sagemaskinen. Ni avvik knyttes til sagemaskinen og fem til Extruderen. Avvikene knyttet til blanderiet kan føre til større og mindre konsekvenser. De to gjenværende kategoriene, planlegging og annet, står tilsammen for færre av avvikene enn hver av de andre kategoriene.



Figur 16 - Pareto - Økonomisk konsekvens

Kategorien som har størst økonomisk konsekvens totalt er maskinfeil. Maskinfeil har også den høyeste gjennomsnittlige kostnaden per forekomst. Kategorien som fører til nest mest kostnader eller økonomiske konsekvenser er operatørfeil. Selv om operatørfeilene totalt har stor økonomisk konsekvens, er den gjennomsnittlige kostnaden per forekomst minst av alle kategoriene. Videre kan man se at planlegging har stor økonomisk påvirkning i forhold til antall avvik. Hvert avvik som skjer innenfor denne kategorien koster bedriften nesten like mye som hvert avvik med maskinene.



Figur 17 - Gjennomsnittlig kostnad per forekomst

Fra denne paretoanalysen kan man se at maskinfeil og operatørfeil har størst negativ konsekvens for bedriften. Blanderiet har også forholdsvis stor påvirkning. Feil ved planlegging skjer sjelden, men har ofte stor negativ økonomisk konsekvens om det inntreffer. Det skjer sjelden feil eller avvik som ikke er knyttet til de fire hovedkategoriene. Funnene i paretoanalysen gjør at vi videre fokuserer på problemer knyttet til maskinfeil og operatørfeil.

5.4 Rotårsaksanalyse

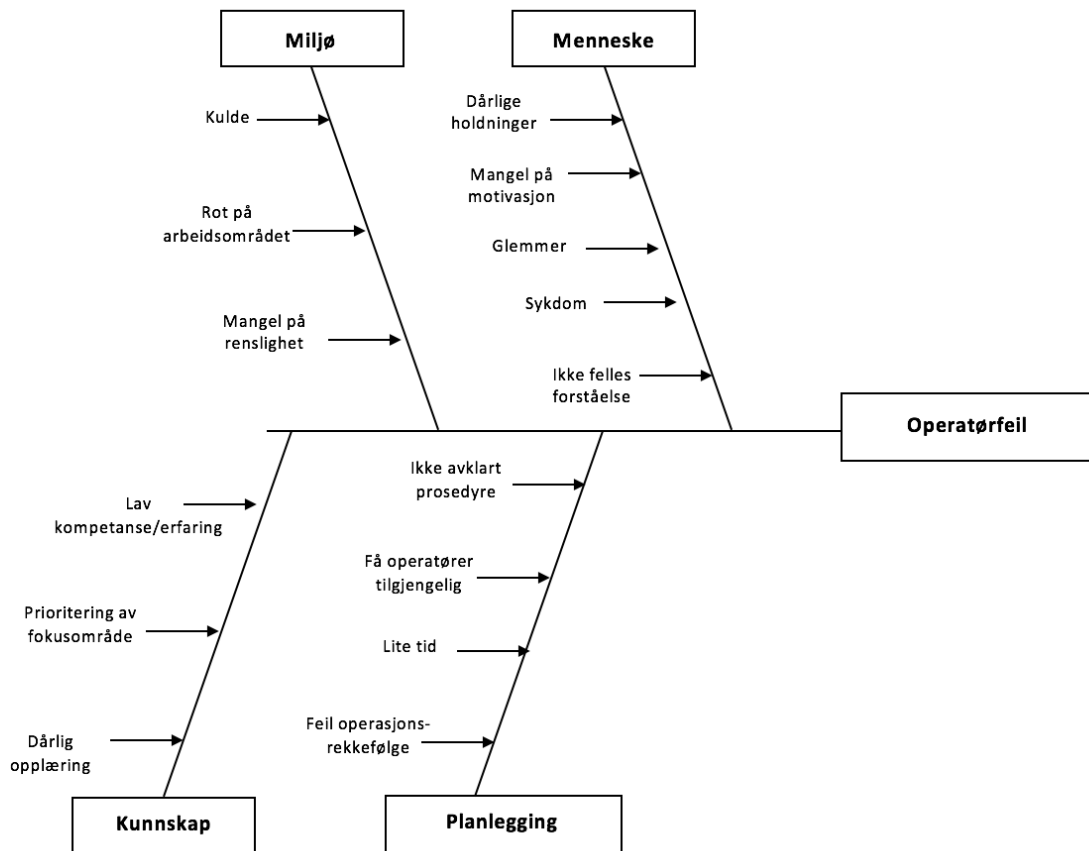
I denne delen av analysen er målet å finne ut hva som skaper et varierende resultat og å finne årsakene til problemene HBAS opplever ved hulldekkeproduksjon. I DMAIC vil dette representere analyseringsfasen. Vi begynner med et årsak-virkningsdiagram, også kalt fiskebeinsdiagram. Her finner vi alle mulige årsaker til feilene de opplever med maskiner og operatører. Videre bruker vi 5xHvorfor, refleksjoner fra de ansatte og våre observasjoner for å finne rotårsakene. Disse kan vi videre bruke for å finne de optimale løsningene.

5.4.1 Fiskebeinsdiagram

Det er nå tydelig at avvik innenfor kategoriene operatørfeil og maskinfeil har høyest frekvens og størst økonomisk konsekvens. Vi velger derfor å videre analysere mulige årsaker til disse avvikene. Analysen er utført og visualisert ved hjelp av fiskebeinsdiagram fra Lean produksjons verktøykasse. Denne analysen er basert på avviksloggen i Landax, men også på intervju og egne observasjoner ved bedriftsbesøk. Vi bruker fiskebeinsdiagram for å generere ideer og komme fram til eventuelle årsaker som ikke er ført opp i avviksloggen.

Operatørfeil

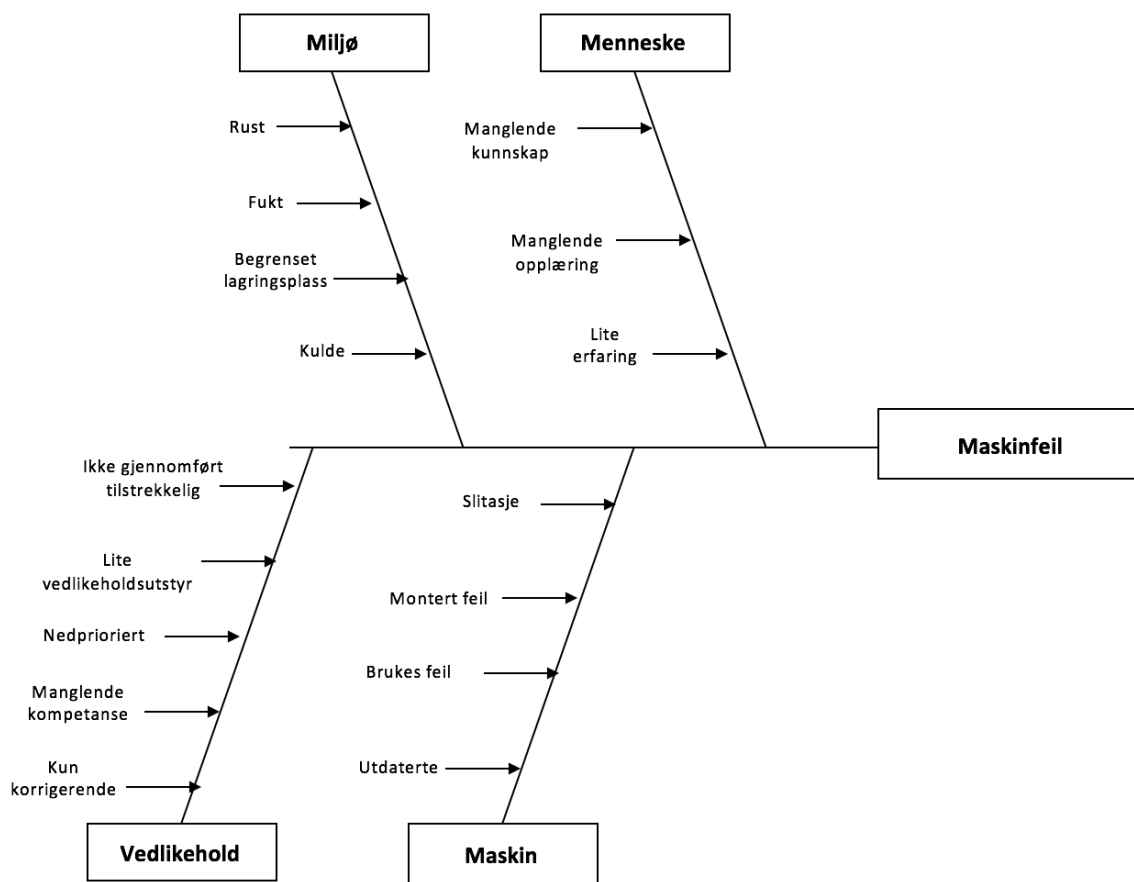
Ved operatørfeil er det flere faktorer man må ta hensyn til. En viktig faktor er at mennesker kan glemme eller gjøre ubeviste feil. Man er avhengig av at operatørene har felles forståelse og at motivasjonen deres er høy. Innenfor miljø kan man finne skjulte tidstyver. Under intervjuer under fortalte flere operatører at de brukte tid hver dag på å lete etter utstyr og materialer. Dette blir ikke ført opp i avvikslaggen og vil derfor ikke vises i statistikken. Operatørens eventuelle mangel på kunnskap kan også føre til feil. Operatørene må få god nok opplæring og er i dag avhengig av lengre erfaring for å unngå feil. Om de ikke husker noe må de spørre en annen ansatt eller prøve seg frem. En siste grunn til at operatørene gjør feil kan ha med planleggingen av produksjonen. HBAS har nylig kuttet kraftig ned i antall ansatte og det er dermed færre tilgjengelig for å jobbe på hulldekkeproduksjonen. Det har også vært mange operatører med sykemelding den siste tiden. Prosessen er avhengig av at den gjennomføres i riktig rekkefølge. Ifølge en operatør kan de bruke opptil en time lengre tid bare på å gjøre noe i feil rekkefølge. Produksjonen må også fullføres i løpet av den dagen den startes. Dette kan legge et tidspress på operatørene og føre til kvalitetsfeil.



Figur 18 - Fiskebeinsdiagram - Operatørfeil

Maskinfeil

Maskinfeil kan ha flere årsaker. Ingen av maskinene er selvstyrt og er derfor avhengig av at operatørene håndterer dem riktig. Operatørene må ha opplæring og en viss kunnskap om maskinene for å ikke påføre dem skade eller unødvendig slitasje ved bruk. Ifølge avviksløkken i Landax er det sagemaskinen og Extruderen som har hatt flest stopp de siste månedene. De andre maskinene har få eller ingen stopp. Miljø påvirker også maskinene. Rust, fukt og kulde kan føre til jevn slitasje på maskinene. Det er begrenset plass i produksjonshallen og det er derfor ikke sikkert at alle maskinene har den optimale plasseringen for lagring. Noen av operatørene har også uttrykt at det er mer tidskrevende å utføre vedlikehold når det er plassmangel. Vedlikeholdet av maskinene er svært dårlig, det består kun av generell vasking ved bruk og smøring en gang iblant. Ellers repareres maskinene når noe ikke fungerer som det skal. De fleste maskinene er noe utdaterte og det er derfor naturlig at de er slitt. Maskinene er komplekse og ifølge operatørene kan det være vanskelig å vite akkurat hva som er galt når de stopper.



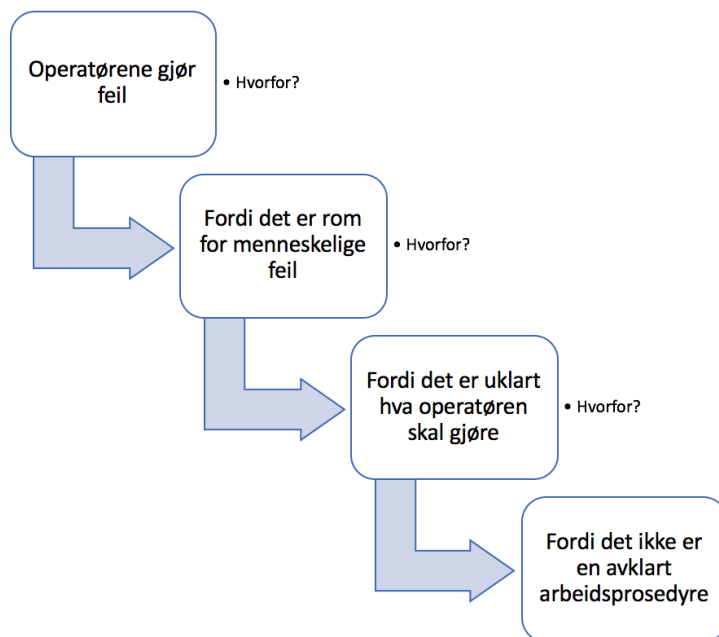
Figur 19 - Fiskebeinsdiagram - Maskinfeil

5.4.2 5xHvorfor

Vi har nå funnet ut hva som kan føre til at feil oppstår blant operatører og maskiner. Men hva er hovedårsakene til problemene bedriften opplever? I denne delen undersøker vi nærmere hva som er rotårsakene til operatørfeil og maskinfeil. Vi har utført 5xHvorfor to ganger for operatørfeil og en gang for maskinfeil. Svarene som er brukt er basert på intervju med operatører, observasjoner og egne resonnement.

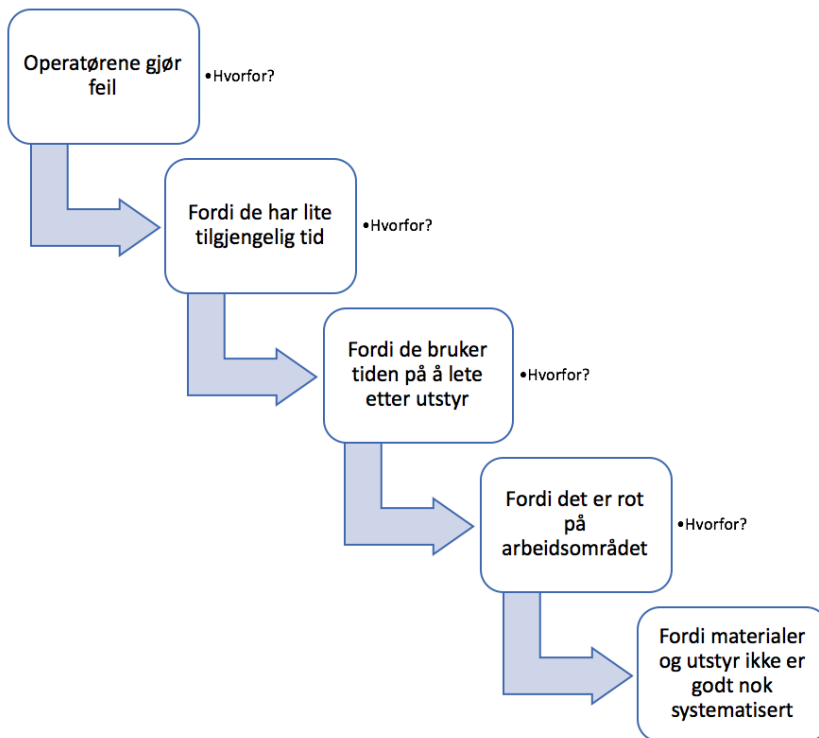
Operatørfeil

Ifølge avviksløkken skjer det endel feil fordi noe ikke er gjort, enten fordi operatørene har glemt det eller ikke vet at dette skal utføres. Dette er typisk feil som manglende utsparinger og feil lengde på hulldekkene. Disse oppgavene kan lett glemmes, spesielt når det ikke har blitt avklart i form av en arbeidsprosedyre eller på en annen måte. De siste månedene har det blitt lært opp mange nye som skal jobbe med hulldekkeproduksjon. I denne prosessen har flere operatører sett et behov for å avklare hva som skal gjøres og i hvilken rekkefølge det skal gjøres. Noen av operatørene har derfor gått sammen for å lage et felles flytskjema for hvordan et produksjonsforløp skal foregå. Likevel benyttes ikke dette under produksjonen. Det er ingen rutine for å sikre at alt blir gjort og at utsparinger og innstøpninger er laget. I dag blir det kun sjekket at høydene på hulldekkeelementene er riktig før det går videre til ferdigvarelageret. De andre spesifikasjonene som lengde og utsparinger sjekkes først når det klargjøres for transport, og i noen tilfeller sjekkes det aldri.



Figur 20 - 5xHvorfor - Operatørfeil arbeidsoppgaver

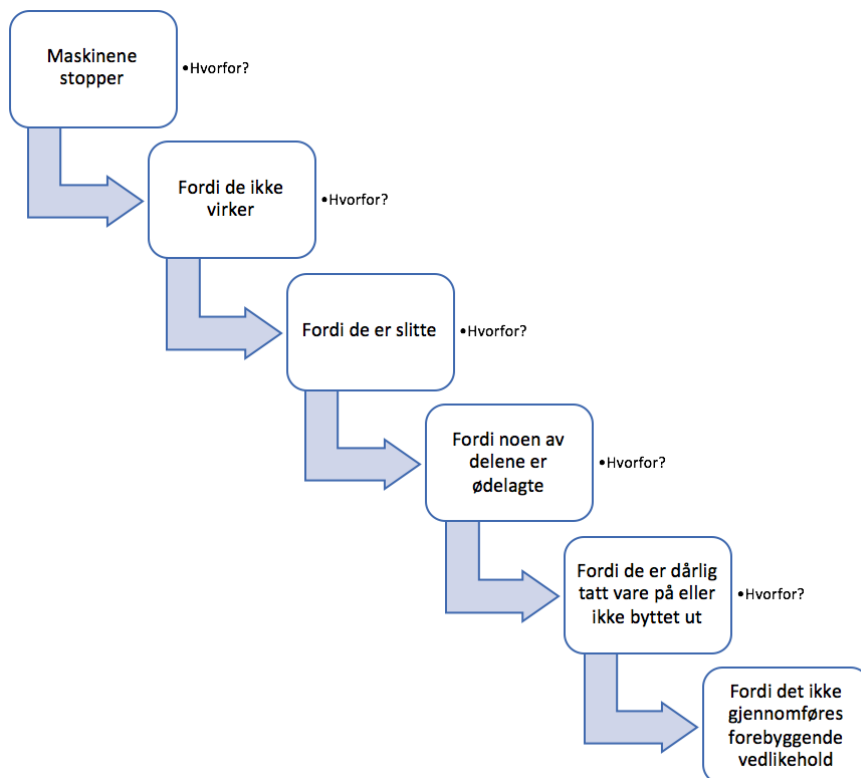
Arbeidsområdet er i dag lite systematisert. Utstyr og materialer har ikke en fast plass og plasseres derfor på forskjellige steder ut fra hvem som er på jobb. Under et intervju uttrykker en av operatøren at: «Vi skulle gjerne hatt litt bedre system på hvor ting ligger, så vi slipper å gå og lete under produksjonstiden.» Dette blir også underbygget av flere operatører. Dette bruker de bare noen minutter på hver gang og det føres derfor ikke i avviksløgen. En ansatt forteller at dette er gjeldende for hele produksjonen på HBAS, ikke bare hulldekke.



Figur 21 - 5xHvorfor - Operatørfeil arbeidsområdet

Maskinfeil

Det er tydelig at HBAS har hatt flere problemer med maskinene sine. Problemene som har oppstått gjelder ikke kun én maskin og kan derfor være et større problem for bedriften. Under intervjuer kom det fram at vedlikeholdet som ble utført kun var korrigerende. Unntaket var at operatørene prøvde å smøre maskinene en gang i måneden og byttet ut låsene som brukes ved vaiertrekk en gang iblant. Disse aktivitetene var likevel ikke satt i system og det var ingen som kontrollerte at det ble gjennomført. Det har også vært store endringer i bedriften det siste halvåret og det er mange nye operatører i hulldekkeproduksjonen. Dette kan også ha ført til flere feil på maskiner fordi de ikke har lært hvordan man behandler maskinene. Maskinene krever grundig renhold etter hvert bruk for å unngå at betongrester setter seg fast.



Figur 22 - 5xHvorfor - Maskinfeil

6. Diskusjon og forslag til løsninger

I de foregående kapitlene har vi analysert oss fram til at våre hovedfunn er knyttet til kategoriene operatørfeil og maskinfeil. Vi velger derfor å ikke gå nærmere inn på kategoriene feil med blanderi, feil ved planlegging eller annet. I dette kapitlet har vi derfor diskutert disse hovedfunnene og vurdert det mot teorien. På grunnlag av diskusjonen legger vi til slutt fram våre forslag til tiltak og løsninger.

6.1 Diskusjon

6.1.1 Operatørfeil

Vårt første hovedfunn i analysen er at operatørfeil står for en tredjedel av de loggførte avvikene. I fiskebeinsdiagrammet ble det dratt fram flere årsaker som hadde større og mindre påvirkning på operatørene. I 5xHvorfor ble rotårsakene til operatørfeil manglende felles forståelse av arbeidsoppgaver og mangel på orden i materialer og utstyr. Hva kan disse feilene føre til, hvorfor skjer de og hvordan kan feilene fjernes?

Hver gang operatørene gjør feil øker sannsynligheten for at produktet blir levert til kunde med lav kvalitet. Muligheten for vrakproduksjon blir også større. Fordi operatørene ikke har tydelige beskrivelser av hvordan oppgaver skal gjøres blir kvaliteten ulik. Bedriften kan derfor mangle oversikt over hva som blir levert til kundene. Teorien i Six Sigma fokuserer på å redusere variasjon (Snee, 2010). Dette er ikke kun for å forbedre kvaliteten, men også for å ha kontroll over produkter og for å ha et utgangspunkt for forbedring. Feilene som gjøres kan også påvirke utstyr og maskiner. Om operatører ikke behandler disse riktig kan maskinfeil forverres eller antallet økes. En del av TPV fra Lean fokuserer på at operatørene skal være de som kjenner og forstår maskinene best (Rolfsen, 2014). Dette for at de skal unngå å gjøre feil og at operatøren skal stoppe i tide når maskinen ikke oppfører seg normalt. Alle disse virkningene av operatørfeil tyder på at noe må endres.

Fellestrekket for funnene i rotårsaksanalysen er at systemet ikke utelukker menneskelige feil. Det er ikke konsistent utføring av arbeidsoppgavene og rot i arbeidsområdet som fører til tidssløsing. Det er derfor forståelig at operatørene gjør feil. Som beskrevet i standardisert arbeid bør systemer designes slik at det blir fysisk umulig å gjøre feil (Rolfsen, 2014). Dette fordi at om det gjøres feil kan det påvirke den endelige kundetilfredsstillelsen. I dag har HBAS prosedyrebeskrivelse på enkelte oppgaver. Likevel virker det ikke som at det er tydelig hvordan oppgavene skal gjøres. Dette kan være fordi nye operatører ikke har fått god nok opplæring. Under et intervju med en ny operatør i produksjonen kom det fram at han ble satt i arbeid alene etter kun en opplæringsvakt. Han fortalte at han syntes at opplæringen ikke hadde en klar plan.

Feilene i produksjonen skjer ofte fordi den ikke er standardisert. Faste arbeidsprosedyrer kan derfor være en viktig del av løsningen på problemet. Dette vil ifølge Nicholas (2011) minimere variasjonen i utførelsen av enkeltoppgaver og forbedre den totale effektiviteten. Likevel vet vi at HBAS allerede har noen arbeidsprosedyrer som ikke blir benyttet. Under intervju med operatører kom det fram at flere er klar over at prosedyrene eksisterer, men ikke bruker de. En av grunnene til at disse ikke er benyttet kan være at operatørene ikke føler eierskap eller forstår hvorfor oppgaver skal gjøres på den måten prosedyren beskriver. En operatør forteller at de ønsker å skape felles forståelse av hvordan produksjonsforløpet skal gjennomføres. Motivasjonen bak dette er at han har opplevd at riktig rekkefølge på prosesser reduserer den totale produksjonstiden. Derfor har operatørene begynt å utvikle et flytskjema for produksjonen av hulldekker. I Lean er en av metodene for en vellykket implementering å involvere de ansatte (Rolfen, 2014). Dette kan dermed være forskjellen som trengs for at prosedyrene faktisk utnyttes. I noen tilfeller kan det også være fornuftig å innføre insentiver for å øke motivasjonen.

Noen feil kan kanskje ikke fjernes ved å standardisere prosedyrer. Menneskelige feil er fortsatt mulig selv med utviklede prosedyrebeskrivelser. Daglig leder i HBAS forteller at flere sjekklister kan være et godt tiltak for å sikre at hulldekker med feil ikke blir levert til kunde. De fleste operatørfeilene er at utsparinger eller sveiseplater er glemt. Dette er feil som kan rettes opp på kort tid hvis det oppdages før det leveres til kunde. Som tidligere nevnt kan feil som rettes på byggeplass koste HBAS ti ganger så mye som å fikse det før levering. Derfor kan raske kontroller, gjerne med signering av sjekklister som også går til kunden, sikre at bedriften unngår av store kostnader. Sjekklister kan også være med å tydeliggjøre arbeidsoppgaver og forbedre opplæringen av nye operatører.

6.1.2 Maskinfeil

Vårt andre hovedfunn i analysen er at maskinene som blir brukt under produksjonen har størst økonomisk konsekvens av de avvikene i Landax. Derfor kan det være hensiktsmessig at HBAS gjør en endring i holdningene til maskinene.

Etter observasjoner, intervjuer og analyse konkluderer vi med at HBAS i dag oftest utfører korrekt vedlikehold. En av operatørene uttrykker at: «*Vi bør gjøre noe før det ryker. Trenden nå er at vi har kjørt maskinene helt til det sier stopp*». 5xHvorfor analysen viser også at en grunn til at maskinene stopper er fordi det ikke gjennomføres forebyggende vedlikehold. Som vi vet fra TPV er den anbefalte formen for vedlikehold forebyggende. Dette fordi man kan unngå uventede stopp og dermed øke effektiviteten til maskinene. Det kan gi store besparelser å skifte ut slitte maskindeler før de går i stykker fordi man forhindrer produksjonstans og vraking av baner. Analysen viser at det er produksjonstans som medfører de største kostnadene for bedriften. TPV kan også gjøre at bedriften unngår større reparasjonskostnader fordi man kan oppdage maskinfeilene tidligere.

Fordi ingen av maskinene er selvstyrte er man avhengig av at operatørene har tilstrekkelig opplæring og kunnskap om maskinene. Faste rutiner for vedlikeholdsarbeidet vil redusere variasjonen i kvalitet på arbeidet. Rutinene burde også være dokumentert slik at operatøren kan benytte den om han ikke vet hvordan noe gjøres. I dagens produksjonsforløp finnes det allerede noen faste rutiner for vedlikehold av maskiner. Dette er smøring av maskiner og vaske undervognen til Extruderen etter bruk. Det oppstår utfordringer når disse ikke blir gjennomført tilstrekkelig. Derfor er det ikke bare viktig å iverksette nye tiltak for forebyggende vedlikehold. Man må også ta hensyn til de rutinene som allerede eksisterer og hvordan disse kan standardiseres og systematiseres og ikke minst tas i bruk. Rolfsen (2014) mener TPV er et godt utgangspunkt for akkurat dette. Det handler om å få inn tydeligere rutiner for vedlikehold, men også innføre faste kontroller og inspeksjoner. I tillegg legger TPV vekt på at operatørene skal ha ansvar for de daglige vedlikeholdsoppgavene. Dette kan øke forståelsen for maskinene og dermed øke motivasjon hos operatørene.

TPV kan tilføre mye godt til produksjonen, selv om det er essensstelt hvor og hvordan det blir innført. Først bør fokuset legges på maskinene som har ført til størst negative konsekvenser som ifølge analysen er sagemaskinen og Extruderen. For å forbedre denne tendensen vil det være nødvendig å legge inn planlagt forebyggende vedlikehold, med utgangspunkt i TPV. Når disse rutinene er fastsatt må det gjennomføres opplæring og oppfølging. Vedlikehold er tidskrevende, men på lang sikt vil det redusere tidssløsing og ha en positiv økonomisk virkning.

6.2 Forslag til tiltak og løsninger

Ett av resultatmålene i denne oppgaven er å komme med konkrete forslag til hvordan kilder til sløsing i produksjonen kan fjernes og hvordan bedriften kan unngå feilproduksjon. I dette delkapitlet legger vi fram forslag til tiltak og løsninger. Forslagene har en teoretisk tilnærming og baseres på standardisert arbeid, TPV og 5S. Vårt forslag for å redusere operatørfeil er å standardisere arbeidet ved bruk av prosedyrebeskrivelse og sjekklister. Vi foreslår at maskinfeil kan reduseres ved å bruke TPV. 5S knytter løsningene sammen og oppsummerer viktige fokusområder.

6.2.1 Prosedyrer - Standardisert arbeid

Forslag til prosedyrebeskrivelse

I diskusjonen legger vi fram at feilene i produksjonen ofte skjer fordi aktiviteter ikke er standardisert. Analysen viser også at operatørene trenger disiplin i arbeidskulturen og motivasjon for standardisering og problemløsning, som Obara & Willburn (2012) mener standardisert arbeid gjør. Derfor har vi utarbeidet en prosedyrebeskrivelse med informasjon fra intervjuene med operatørene. Denne prosedyrebeskrivelsen vil hovedsakelig være basert på punkt 3 og 6 fra Nicholas (2011) sine punkter for standardiserte operasjonsprosedyrer. Den inneholder prosessrekkefølge, beskrivelse av arbeidsoppgaver samt sikkerhetsrutiner og utstyr som kreves. Prosedyren er laget ut ifra en standard mal fra bedriften og kan videre tilpasses av operatørene. Et forslag til prosedyrebeskrivelse ligger i vedlegg 2.

Forslag til sjekkliste for arbeidsoppgaver

Videre i diskusjonen fremkommer det at det ikke bare er viktig at arbeidsoppgaver blir gjennomført på riktig måte, men også i riktig rekkefølge. Med utgangspunkt i dette har vi laget en sjekkliste. Sjekklisten baseres på aktivitetene i prosedyrebeskrivelsen over, samt HBAS sitt gantt-diagram over fordeling av aktiviteter på fire operatører. Ideelt vil operatørene plassere sjekklisten et tilegnet sted på arbeidsområdet og krysse av når de har gjort en aktivitet. Det vil være enda større verdi å digitalisere denne sjekklisten i Landax. Da vil ledelsen også ha mulighet til å følge med på produksjonen og få statistikker på hvor lang tid operatørene bruker på hver enkelt arbeidsoppgave. Disse tidene kan i så fall inkluderes i sjekklisten på et senere tidspunkt, for at operatørene får et tidsperspektiv over hvordan de ligger an i produksjonen. Forslag til sjekkliste for arbeidsoppgaver ligger i vedlegg 3.

Forslag til sjekkliste for produkt

Sjekkliste kan som sagt i diskusjonen også brukes for å redusere sjansen for at det oppstår menneskelige feil, slik at hulldekker med feil ikke blir levert til kunden. Resultater fra analysen viser at det er flest operatørfeil knyttet til at utsparinger og sveiseplater er glemt. Derfor er en løsning at de kontrollerer hulldekkene etter tegningene. Disse kontrollene må gjennomføres i slutten av utstøpningsfasen slik at feil kan fjernes før elementene er herdet. Under denne type kontroll bør operatøren sjekke at:

- Utsparingene samsvarer med tegningene.
- Innstøpninger samsvarer med tegningene.
- Det er boret nok hull i elementet.
- Sidesporene er gode.
- Testklossen er støpt og plassert på banen.

Når banen er ferdigstilt og klar for herding må en operatør gå gjennom alle elementene og sjekke punktene. Når alle elementene er godkjent er sannsynligheten mindre for at operatørene må korrigere elementene dagen etterpå.

6.2.2 Forslag til vedlikeholdsplan – TPV

TPV har ifølge Rolfsen (2014) som hensikt å standardisere og systematisere daglig vedlikehold. Utfra diskusjon og resultater er dette noe HBAS kan ha behov for ved sine maskiner. Skal man følge Hartmanns tre faser for implementering av TPV har vi i løpet av denne oppgaven kommet til fase to. Denne fasen går ut på å bestemme hvilke vedlikehold som er nødvendig og utvikle prosedyrer. Man skal også utvikle inspeksjonsrutiner og systemer for å opprettholde vedlikeholdet. Det skal med andre ord utvikles en vedlikeholdsplan. Hartmann (1992) deler vedlikeholdet i de tre følgende kategoriene: vedlikehold, smøring og rengjøring.

Blant maskinene er det hovedsakelig Extruderen og sagemaskinen som har hatt feil og uventede stopp. Som nevnt tidligere har ingen av disse hatt en vedlikeholdsplan. Det vil derfor være relevant å se på TPV for å starte med forebyggende vedlikehold for disse maskinene. Vi har kommet med forslag til hvordan dette kan gjøres.

Vedlikehold av Extruder

Ifølge reparatørene i HBAS er Extruderen den maskinen som trenger mest vedlikehold og reparasjoner. Etter analyse av produksjonsforløpet fant vi også ut at det er maskinen det er viktigst at fungerer som den skal. Extruderen består som nevnt av et «hus» med motoren til maskinen og undervogner som byttes basert på tykkelsen hulldekkene skal ha. Ifølge avvik og reparatørene skjer det oftest feil med undervognene. De forteller også at feilene skjer når undervognene har blitt brukt mye uten at det er byttet deler eller strammet opp skruer. Det kan derfor være fornuftig å utføre vedlikehold og inspeksjoner på undervognene basert på hvor mange timer de er brukt eller hvor mye som er produsert. En slik inspeksjon vil etter estimat fra reparatørene ta omtrent 30 minutter å utføre. I dette planlagte vedlikeholdet skal skruer strammes og truger fikses. Om inspeksjonen viser at annet vedlikehold trengs må dette også utføres. I dag er det en fast smørrunde en gang i måneden som utføres om det er tid til det. Vi anbefaler derfor HBAS å stramme inn rutinene for denne og i tillegg smøre ekstruderen under planlagt vedlikehold. Den siste delen av vedlikeholdet er rengjøring. Dette gjøres av operatørene i produksjonen. Ifølge flere operatører har dette blitt utført unntatt enkelttilfeller. Dette har for eksempel vært når det har vært nye operatører på jobb. Det anbefales derfor å tydeliggjøre viktigheten av rengjøring mer ved opplæring.

HBAS fører allerede antall kvadratmeter produsert i de forskjellige tykkelsene i IT-systemet Landax. Disse tallene kan brukes til å bestemme når de forskjellige undervognene skal vedlikeholdes. Til å begynne med må HBAS bestemme seg for et antall kvadratmeter. Dette kan justeres etter hvert som de lærer hvor fort undervognene blir slitt. En full bane er 96 m lang og 1,2 m bred, og ifølge reparatørene går undervognene minst en uke uten at det oppstår feil. I løpet av en dag produseres det to baner og en arbeidsuke er på fem dager. Regnestykket blir dermed $96 \text{ m} \times 2 \text{ baner} \times 5 \text{ dager} = 960 \text{ m}$ produsert mellom hvert vedlikehold. I m^2 : $960/1,2 = 800 \text{ m}^2$. Dette er kun et estimat og bedriften må selv justere hvor mye som skal være produsert mellom hvert vedlikehold. Det anbefalte vedlikeholdet for Extruderen er beskrevet i tabell 17 – *Anbefalt vedlikehold – Extruder*.

Tabell 17 - Anbefalt vedlikehold - Extruder

Kategori	Anbefalt vedlikehold
Rengjøring	Gjøres etter hvert bruk av en undervogn. Ha stort fokus på dette ved opplæring av nye operatører. Gjennomføres ved å skylle toppen av maskinen, deretter nedenifra og fra sider. Skru maskinen fra hverandre og vaske den. Vaske skruer, for så å skru maskinen sammen igjen.
Smøring	Gjøres en gang i måneden under smørerunder som allerede er iverksatt.
Inspeksjon & planlagt vedlikehold	Gjøres når ca. 800 m ² er produsert med en undervogn. Skruer strammes og truger fikses. Ekstra smøring kan også utføres. Hvis inspeksjonen viser feil må andre deler byttes.

Vedlikehold av sagemaskin

Sagemaskinen har de siste månedene hatt flere feil. Den har ofte kuttet skjevt og ujevnt uten at operatørene vet hvorfor. I likhet med Extruderen er det kritisk at sagemaskinen fungerer som den skal for at produksjonsforløpet kan gjennomføres. Om den ikke fungerer som den skal vil enten produksjonen stoppe opp eller kvaliteten på det endelige produktet bli kraftig redusert. Ifølge reparatørene har det vært problemer med sagemaskinen i mange år uten at de har funnet ut hva som forårsaker det. Under det siste bedriftsbesøket vårt hadde sagemaskinen fått nytt sagblad som var montert riktig etter anvisning. Dette gjorde store utslag på resultatet av kappingen. Ifølge ansatte hadde ikke sagemaskinen fungert så bra på flere år. Sagemaskinen er derfor nå i en tilstand hvor den fungerer som den skal. Målet vil være å opprettholde denne funksjonen. På samme måte som Extruderen bør det utføres jevnlig inspeksjoner og forebyggende vedlikehold på sagemaskinen for å unngå uventede stopp. Da det er uklart hvor ofte sagemaskinen stopper bør disse hendelsene registreres. Som et utgangspunkt kan inspeksjonene utføres med et tidsintervall på en måned. Dette intervallet kan forlenges eller forkortes etterhvert som de blir bedre kjent med maskinen. Smøring kan fortsette med intervall på én gang i måneden. Rengjøring av sagemaskinen må derimot forbedres. Ifølge en operatør er det ingen rengjøringsrutiner for sagemaskinen. En reparatør forteller at den burde blir vasket av og til, kanskje en gang i uken. Det anbefalte vedlikeholdet for sagemaskinen er beskrevet i tabell 18 – *Anbefalt vedlikehold – Sagemaskin*.

Tabell 18 - Anbefalt vedlikehold - Sagemaskin

Kategori	Anbefalt vedlikehold
Rengjøring	Gjøres en gang i uken. Dette er ikke utført tidligere og hvordan rengjøring skal gjøres må avklares sammen av operatører.
Smøring	Gjøres en gang i måneden under smørerunder som allerede er iverksatt.
Inspeksjon & planlagt vedlikehold	Gjøres en gang i måneden fra start. Om behovet endrer seg kan intervallet justeres. Denne avgjørelsen må tas i samarbeid av flere ansatte.

Totalt får man det anbefalte vedlikeholdet i tabell 19 - *Anbefalt vedlikehold*. Denne anbefalingen inneholder tidsintervall for vedlikeholdet av Extruderen og sagemaskinen. Dette er kun veiledende og de ansatte i HBAS må sammen sørge for å finne riktig intervall. De konkrete aktivitetene i vedlikeholdet må også spesifiseres av bedriften. Disse avklaringene kan gjøres gradvis ved å notere og dokumentere hver gang noe repareres eller vedlikeholdes. Dermed kan de ansatte i bedriften lære seg mer om maskinene samtidig som det blir riktige tidsintervall for inspeksjoner og vedlikehold.

Tabell 19 - *Anbefalt vedlikehold*

Maskin	Rengjøring	Smøring	Inspeksjon & planlagt vedlikehold
Extruder	Etter hvert bruk	En gang i måneden	Etter ca. 960 m produsert
Sagemaskin	En gang i uken	En gang i måneden	En gang i måneden

Det anbefales også å sette opp faste dager for det tidsplanlagte vedlikeholdet for å unngå at det blir glemt eller det blir for mye å gjøre en dag. For eksempel kan smøring av maskiner være den 1. hver måned og inspeksjon av sagemaskin den 15. hver måned. Denne planen inneholder kun de maskinene med flest uventede stopp, men det kan være nyttig for andre maskiner også. Vi anbefaler derfor bedriften å vurdere og innføre lignende vedlikeholdsplaner for andre maskiner og utstyr. Vedlikeholdet som utføres bør også dokumenteres og rapporteres til ledelsen. Dette vil være fornuftig å gjøre via Landax ved bruk av standardiserte dokumenter i oppgavemodulen. En slik dokumentasjon vil gi statistikk over hvor ofte vedlikehold skjer og hva som gjøres under vedlikeholdet. HBAS kan også vurdere å ta kontakt med leverandøren av maskinene som kan komme med mer rådgivning i hvordan vedlikeholdet kan utføres. Leverandøren bør også kunne mye om daglig bruk og rengjøring av maskinene.

6.2.3 5S

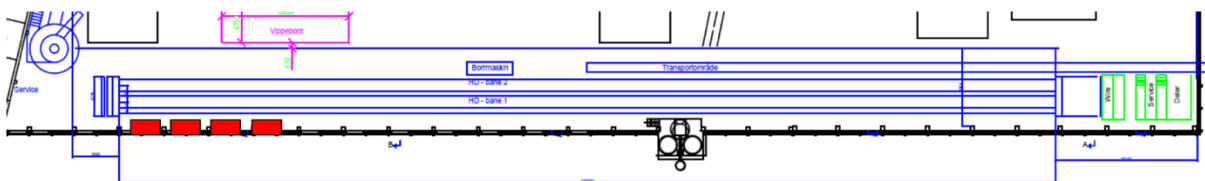
5S kan knytte flere av løsningene våre sammen, samt være en fin måte å oppsummere viktige fokusområder. Derfor har vi valgt å vurdere hulldekkeproduksjonen opp mot de fem S'ene: sortere, systematisere, skinne, standardisere og sikre. Disse er beskrevet i mer detalj i delkapittel 2.4 - 5S. Det har blitt skrevet en bacheloroppgave tidligere for bedriften som baseres primært på 5S (Bergström, et al., 2018). I denne oppgaven er 5S rettet mot HBAS sin produksjon av veggelement. Derfor mener vi det er nyttig å også sette hulldekkeproduksjonen opp mot de forskjellige S'ene. Samtidig som vi legger vekt på at å opprettholde flere av de innførte tiltakene fra den forrige oppgaven vil ha en positiv effekt og kan legge et godt grunnlag for 5S i hulldekkeproduksjonen også.

Sortere

Arbeidsområdet er forholdsvis ryddig. Derfor så vi på det som lite nødvendig å sette inn store ressurser og arbeid på dette området i denne oppgaven. Det er lite verktøy og utstyr som ligger på arbeidsområdet som ikke brukes. Mye fordi det generelt er lite verktøy og utstyr knyttet til produksjonen, men HBAS har også vært flinke til å fjerne det som ikke brukes. Det eneste vi ønsker å legge til ved dette punktet er at arbeidspulten er noe rotete. Forbedringstiltaket kan derfor være at gjenstander som hansker, briller, skruer og annet håndverktøy kan fjernes eller organiseres bedre. I tillegg kan operatørene være flinkere til å fjerne avkuttete vaiere fra arbeidsområdet.

Systematisere

Oppgavens løsning for å systematisere arbeidsplassen er utarbeidet i samarbeid med operatørene. Det er de som vet hvor det vil være best å plassere utstyret for å optimalisere arbeidsflyten. Operatørene påpeker at systematisering av lokk, føringer, koster og hakker er mest nødvendig. De har tegnet og forklart hvor de helst vil ha det. Det var noen forskjellige meninger, men området langs veggen og nærmest blanderiet ble valgt. Dette fordi det ikke er i veien for de andre delene av produksjonen. Det er også nærme arbeidsområdet og det er ledig plass der. De røde rektanglene på figur 23 - *Hulldekkebaner - Løsning* viser hvor eventuelle oppbevaringsbokser eller stativer kan stå.



Figur 23 - Hulldekkebaner - Løsning

Skinne

Dette punktet er ofte en utfordring for betongbedrifter siden betong i utgangspunktet ikke er veldig renslig. En av operatørene forteller i et intervju at de hadde besøkt en annen hulldekkefabrikk. Der jobbet de ifølge operatøren med vann langt opp til knærne og utstyret så skittent ut. Det påpekes at produksjonssjefen har vært streng med rengjøring, spesielt fjerning av vannrester. Dette har gitt en positiv effekt da området er relativt rent. Dette må de fortsette med, men vi vet fra Lean at det alltid kan bli bedre og de må fortsette å kontinuerlig forbedre seg her også.

Standardisere

I denne oppgaven er det standardisering vi har størst fokus på. Diskusjonsdelen viser at det er mangel på rutiner for flere prosesser, vedlikehold og rydding. Derfor har vi utarbeidet et forslag til prosedyrebeskrivelse for produksjonsforløpet, samt vedlikeholdsplan for enkelte maskiner.

Sikre

Det siste punktet er sikre. Her er det et fokus på å opprettholde og videreutvikle de standardene og prosedyrene som er innført. Her legges det mest ansvar på HBAS. Vi legger fram våre tanker og anbefalinger, men det er til syvende og sist bedriften som må gjennomføre, opprettholde og videreutvikle. Vi mener IT-systemet Landax er et veldig viktig verktøy for dette. Kontinuerlig forbedring er også et viktig grunnlag for holdningene og motivasjonen hos operatørene, samt at det kan ta tid å se forbedringer. Dette går vi mer i detalj i delkapittel 6.2.4 *Innføring og oppfølging av løsninger*.

Sikkerhet

Sikkerhet er viktig for HBAS. Ingen egne observasjoner tilsier at sikkerheten er svak. Operatørene trekker fram et fåtall situasjoner over flere år hvor de har opplevd sikkerhetssvikt under produksjonen. På grunnlag av dette har vi ikke valgt å gå videre inn på selve sikkerheten. Likevel kan sikkerheten bedres som en bivirkning av vellykket 5S, som Kobayashi (1990) nevner i teorien. Om de foreslåtte 5S-tiltakene gjennomføres på en god måte mener vi det vil føre til en bedret sikkerhet i produksjonen.

6.2.4 Innføring og oppfølging av løsninger

Vi har nå lagt fram oppgavens forslag til tiltak og løsninger, men det er opp til bedriften å gjennomføre. Som Alukal & Manos (2006) påpeker er Lean enkelt, men å implementere Lean er vanskelig. Våre analyser viser at HBAS har utfordringer knyttet til holdninger til småfeil og tilgjengelig tid. Det er også lite bruk av Landax i produksjonen. Disse tre aspektene er viktige å ta hensyn til som et grunnlag for innføring og oppfølging av løsninger. Dette bygger på å skape en mer fokus på kaizen, eller kontinuerlig forbedring i bedriften.

Fra teorien vet vi at Nicholas (2011) mener at implementering krever endring i tradisjonelle holdninger. De ansatte oppleves som dedikerte og fornøyde med HBAS som arbeidsplass. I tillegg har de vært åpne og positive til denne oppgaven. Nicholas (2011) mener også at Lean er en gruppeorientert filosofi, hvor alle må være involvert og dedikert. Man ønsker derfor å sette mer ansvar bort fra veilederne og lederne og over på operatørene. Det er viktig å skape kultur for å få fram problemene istedenfor å skjule dem. Dette viser også Haghirian (2010) til i sine første to punkter for hvordan en Kaizen-orientert holdning kan implementeres. Her har HBAS et forbedringspotensial. En av operatørene nevner i sitt intervju: *«Vi har et litt for avslappet forhold til unormale feil. Vi bør feire hver feil vi finner, for det er feil vi kan ta tak i. Men det virker som at ikke alle ser på det på den måten. Det har blitt formidlet, men kanskje ikke mottatt av alle»*. Flere operatører har gitt uttrykk for at når det oppstår litt unormale avvik, så er det *«ikke så farlig»* eller *«sånt skjer»*. Spesielt gjelder dette ved operatørfeil, hvor det er nødvendig med en kulturendring. I dag har HBAS et fredagsmøte hvor operatørene kan få fram sine meninger og belyse problemer. Det er viktig at motivasjonen for gjennomføring av implementeringen starter fra ledelsen. Disse fredagsmøtene er et godt utgangspunkt for at ledelsen kan formidle alle Haghirian (2010) sine punkter og dermed skape en generelt mer Kaizen-orientert holdning i bedriften. For å motivere operatørene ytterligere for endringene bør ledelsen vurdere insentivtiltak.

Nicholas (2011) referer også til tidsforpliktelser som en sentral barriere ved implementering av Lean. Dette handler om at det faktisk tar tid å se forbedringer, spesielt økonomiske besparelser. Som Haghirian (2010) uttrykker i teorien så er det viktig at dette ikke skjer ved radikale endringer, men gjennom små endringer hele tiden. I tillegg må operatørene få og bruke tid til å gjennomføre tiltakene for å få et mindre varierende resultat. Her står bedriften overfor et par utfordringer. For det første er produksjonen i utgangspunktet preget av overtid. Om operatørene allerede er under et tidspress, vil det kunne gå ut over eventuelle Lean-implementeringer. Vasking av maskiner er en av de siste arbeidsoppgavene som gjøres hver dag og kan derfor også bli preget av at operatørene har lite tid. Mye av oppgavens forslag til tiltak og løsninger baseres på at det er satt av tid og ressurser for at operatørene kan gjennomføre tiltakene tilstrekkelig. Her ligger ansvaret på ledelsen, hvor det er viktig å planlegge arbeidsdagene godt og eventuelt sette inn arbeidsressurser hvis det trengs.

HBAS har et påbegynt arbeid for å benytte seg mer av deres IT-system Landax, men de har forbedringspotensial her også. I intervjuer med operatørene har flere uttalt at de bruker sjelden Landax i produksjonen. De mener det ikke er nødvendig, de vet ikke hvordan det tas i bruk, sender oppgaven til noen andre eller ikke har tid. Etter å ha brukt Landax til denne oppgaven mener vi at det er et godt verktøy for å få oversikt over utfordringer i bedriften. En ansatt i en annen del av produksjonen uttrykker i et intervju: *«Det er flere som bør ta i bruk Landax. Det er enkelt å bruke. Gir en unik innsikt i de utfordringene vi har til daglig, ikke bare de store avvikene. Det er ikke alle som gjør det nå fordi det er en ekstra arbeidsoppgave. Hvis det koster et par minutter når det legges inn, kan man jo spare en time senere når man slipper å lete»*. Dette er den innstilling som burde formidles og bli forstått av alle. Hvis flere avvik blir registrert er det lettere å se hvor utfordringene ligger, hvor det bør iverksettes tiltak eller kunne se hva som ble gjort for å løse lignende avvik tidligere. Her er det igjen viktig at ledelsen engasjerer seg. Det er viktig med god opplæring og at det legges til rette for at operatørene skal benytte seg av Landax. I tillegg må det motiveres ved å for eksempel vise til nytteverdien av Landax eller legge inn insentiver.

Vi mener det vil tilføre HBAS verdi å ha en mer fokus på kaizen i hulldekkeproduksjonen. Dette vil forhåpentligvis skape en kultur for at de ansatte må bruke hodet og ikke bare hendene (Alukal & Manos, 2006).

7. Konklusjon

I denne oppgaven har vi funnet ut at aktiviteter knyttet til både vedlikehold og arbeidsoppgaver bør standardiseres for å oppnå en riktig og feilfri produksjon hver gang. I HBAS sin hulldekkeproduksjon har operatørfeil høyest forekomst blant problemene de opplever. Dette skjer blant annet fordi det ikke er iverksatt systemer for å redusere antall. Funnene viser også at maskinfeil har størst økonomisk konsekvens i hulldekkeproduksjonen. Maskiner må vedlikeholdes jevnlig for å fungere som de skal, og det må være forebyggende for å unngå uventede stopp. Totalt sett kan man se at feil skjer der det ikke er avklart hvordan arbeidsoppgaver skal gjøres. Dette kan virke som en tendens både for HBAS og bygg- og anleggsnæringen, hvor arbeidsoppgaver er lite standardisert. For å klare å standardisere aktiviteter må tiltak implementeres på riktig måte. Kontinuerlig forbedring må bli en del av bedriftens og de ansattes tankegang.

Hovedmålet med denne oppgaven var å finne ut hvorfor det skjer feil i hulldekkeproduksjonen til HBAS og identifisere tiltak for å redusere omfanget. Dette har blitt besvart ved å prøve å oppnå flere resultatmål. De to første målene går ut på å kartlegge og vurdere aktivitetene i produksjonsforløpet. Dette har blitt gjort ved å bruke bilder og figurer for å visualisere de ulike stegene og ved å diskutere viktigheten av de ulike aktivitetene. De neste målene dreier seg om å analysere problemene bedriften har opplevd. Her ble det brukt analyseverktøy som Pareto og 5xHvorfor, inkludert informasjon fra intervju og Landax. De tre siste målene er mer knyttet til den endelige løsningen. Vi har foreslått at HBAS forbedrer og standardiserer vedlikehold og arbeidsprosedyrer. Vi har også utarbeidet en detaljert prosedyrebeskrivelse. Det siste målet handler om sikkerhetsrisikoen til operatørene. Etter vurderinger fremstår sikkerheten som god, men at ved bruk av de foreslåtte 5S-tiltakene kan den bli enda bedre.

I oppgaven har vi kun fokusert på en bedrift og deres opplevelser. Dette gjør at problemene ikke sammenlignes med lignende bedrifters erfaringer. Det resulterer i svak underbygning av hvilke løsninger som fungerer i praksis. Det eksisterer lite litteratur direkte knyttet til betongproduksjon og det har derfor blitt benyttet mer generell teori fra Lean Six Sigma. Informasjonsinnhenting er hovedsakelig basert på intervju med ansatte i bedriften og det som er gjort tilgjengelig av dem. Det kan derfor bli en ensidig fremstilling av situasjoner og problemer. Egne observasjoner er også brukt for å besvare oppgaven og disse kan være lite representative da det kun har blitt utført to bedriftsbesøk over totalt fire arbeidsdager. Bedriftens ansatte har vært åpne og ærlige med å svare på spørsmål og å gi oss informasjonen for å løse bacheloroppgaven på en effektiv og god måte.

Nå er det opp til bedriften med videre oppfølging av forslagene. Det finnes visse forutsetninger for at tiltakene og løsningene som er presentert skal fungere i praksis. HBAS sin ledelse må gå foran og vise vei. Ledelsen må vise at de foreslåtte endringene er viktige og må velge å bruke tid på å implementere de foreslåtte tiltakene. De må også tydelig kommunisere fordeler, forventninger og resultater. Dette betyr at tid som kunne blitt brukt direkte til produksjon heller må brukes til å tilpasse seg endringer. I tillegg må holdningene til feil endres. Det må være en felles forståelse i hele bedriften om at ingen feil godtas slik at man alltid streber etter bedre resultater. En siste forutsetning er at operatørene er villig til å ta ansvar for å utføre flere planlagte oppgaver.

7.1 Videre arbeid

Denne oppgaven kan være et grunnlag for videre arbeid for å optimalisere HBAS sin produksjon av hulldekker. En gradvis og vellykket implementering av forslagene som er lagt fram kan synliggjøre underliggende svakheter, som bedriften senere kan ta tak i. Det er ved å jobbe kontinuerlig med å forbedre produksjonen at bedriften får et konkurransefortrinn.

Ved vellykket implementering av vedlikeholdsplanene for Extruderen og sagemaskinen vil videre arbeid kunne være å se på vedlikeholdet til flere av de relaterte maskinene. Eventuelt videreføre vedlikeholdsplanene for Extruderen og sagemaskinen dersom oppgavens vedlikeholdsplan ikke er optimal i praksis. Arbeidsprosedyren kan videreføres ved å få tall på tidsbruk på hver aktivitet, noe som vi i denne oppgaven ikke hadde tilstrekkelig med målinger til å fastslå. Dette kan være et utgangspunkt for å forsøke og korte ned på den totale produksjonstiden.

I oppgaven fremkommer det at IT-systemet Landax er lite brukt av operatørene under hulldekkeproduksjonen. Dette kan være et utgangspunkt for videre analyse av hvilke effekter mer bruk av Landax kan ha og hvilke funksjoner som kan gi verdi for produksjonen.

Denne oppgaven knyttes kun opp mot en bedrift, Helgeland Betong AS. Våre resultater kan derfor ikke generaliseres statistisk, bare teoretisk. Forslag til videre arbeid vil derfor være å se på lignende produksjon i andre betongbedrifter for å avdekke hvordan produksjonen kan forbedres ytterligere.

Referanseliste

- Ahuja, I. P. & Khamba, J. S., 2008. Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, pp. 709-756.
- Alukal, G. & Manos, A., 2006. *Lean Kaizen: A Simplified Approach to Process Improvements*. ASQ Quality Press.
- Anvari, A., Zulkifli, N. & Yusuff, R. M., 2011. Evaluation of approaches to safety in lean manufacturing and safety management systems and clarification of the relationship between them.
- Arnold, J. T., Chapman, S. N. & Clive, L. M., 2011. *Introduction to Materials Management*.
- Basu, R., 2009. *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Techniques*. Butterworth-Heinemann.
- Bergström, K., Blichfeldt, T. & Hatlen, S. K., 2018. *Kartlegging og eliminering av sløsing i verdikjeden hos Helgeland Betong AS*, NTNU.
- Bhadury, B., 2000. *Management of productivity through TPM*.
- Bonacorsi, S., 2011. Step-by-Step Guide to Using Pareto Analysis. *Process Excellence Network*.
- Bye, P. I., 2009. *Vedlikehold og driftssikkerhet*.
- Forsth, L.-R., 2004. *Praktisk nytenkning: Systematisk og krevtiv problemløsning*. Aquarius Forlag AS.
- George, M. L., 2002. *Lean Six Sigma – Combining six sigma quality with lean speed*.
- Haghirian, P., 2010. *Understanding Japanese Management Practices*. New York: Business Expert Press.
- Hartmann, E., 1992. *Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant*. TPM Press Inc.
- HB, 2019. *Helgeland Betong*. [Internett]
Available at: <https://www.helgelandbetong.no>
- Jacobsen, D. I., 2005. *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Høyskoleforlaget.
- Kobayashi, I., 1990. *20 Keys to Workplace Improvement*. Productivity Press.
- NB, 2019. *Norsk Betongforening - Bedriftsmedlemmer*. [Internett]
Available at: <https://betong.net/medlemskap-2/bedriftsmedlemmer/>

Nicholas, J., 2011. *Lean Production for competitive advantage*.

Obara, S. & Willburn, D., 2012. *Toyota by Toyota: Reflections from the inside leaders on the techniques that revolutionized the industry*.

Pareto, V. & Livingston, A., 1935. *The mind and society; a treatise on general sociology*.

Rausand, M. & Utne, I. B., 2011. *Risikoanalyse –teori og metoder*.

Rolfsen, M., 2014. *Lean blir norsk*. Fagbokforlaget.

Snee, R. D., 2000. Impact of Six Sigma on quality engineering. *Quality engineering*.

Snee, R. D., 2004. Can six sigma boost your company's growth?. *Harvard Management Update*, Juni, pp. 2-4.

Snee, R. D., 2010. Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, pp. 9-29.

SSB, S. S., 2019. *SSB - Veksten i bygg og anlegg fortsatte i fjor*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/veksten-i-bygg-og-anlegg-fortsatte-i-fjor>

Ultsch, A., 2002. *Proof of Pareto's 80/20 Law and Precise Limits for ABC-Analysis*, Marburg: DataBionics Reseach Group .

Vanzant-Stern, T., 2016. *Lean Six Sigma : International Standards and Global Guidelines*.

Vogus, T. J. & Welbourne, T. M., 2003. Structuring for high reliability: HR practices and mindful processes in reliability-seeking organizations.. *Journal of Organizational Behavior*, pp. 877-903.

Wilson, C., 2013. *Brainstorming and Beyond*.

BETONGPRODUKSJON

- ikke så lett som det ser ut

20.05.19



DE STORE UTFORDRINGENE

Helgeland Betong AS er en bedrift som produserer, selger og leverer betongprodukter som element, hulldekker og ferdigbetong. Bedriften gikk gjennom en omstrukturering fra midten av 2018 til 2019. Endringene førte til at produksjonen av hulldekker ble en større del av deres virksomhet.

Det er i dag god inntjening på produktet, men produksjonen har noen utfordringer. Bedriften ønsker å forbedre seg for å fortsette å være lønnsom.

Produksjonen av hulldekker er i dag preget av uventede stopp og har flest registrerte feil blant betongproduktene som produseres. Operatører utfører oppgaver forskjellig og det blir dermed varierende tidsbruk og resultat ut fra hvem som jobber.

Det oppleves også stadig nye feil med maskinene uten at de ansatte vet årsaken. Utstyr og gjenstander har ikke en fast plass og de ansatte forteller om tidssløsing knyttet til dette. Alt dette har resultert i en uforutsigbar hverdag med overtidstimer for de ansatte.



STUDENTER FRA NTNU

Logistikkstudenter fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet har undersøkt problemstillingene man møter i betongproduksjon.



Logistikkstudentene: Helene Mjøs og Julie Amland trives med å undersøke betongproduksjonen.



LIKT RESULTAT HVER GANG

Aktiviteter knyttet til både maskiner og mennesker kan standardiseres for å få likt resultat hver gang. Helgeland Betong AS kan utnytte seg av Lean Six Sigma for å oppnå dette.

Menneskelige feil har høyest frekvens blant problemene bedriften opplever. Dette skjer blant annet fordi det ikke er iverksatt systemer for å utelukke at menneskelige feil skjer.

Maskinfeil har størst økonomiske konsekvenser i produksjonen. Maskiner må vedlikeholdes jevnlig for å fungere som de skal og for å unngå uventede stopp.

Lean Six Sigma er en forretningsstrategi og metodologi som kan øke prosessprestasjon og føre til høyere kundetilfredshet og bedre økonomiske resultater. En av målene ved Lean Six Sigma er å redusere sløsing.

I dette tilfellet kan sløsing reduseres ved å utføre aktiviteter likt for likt resultat hver gang. Gjennom produktivt vedlikehold og standardiserte arbeidsprosedyrer vil bedriften klare dette!

"Det skal jo være likt hver gang. Det må det jo bli"
- operatør



Vedlegg 2: Forslag til prosedyrebeskrivelse

Nr.	Prosess	Henvisning til aktivitetene	Verneutstyr og HMS
1	<p>Klargjøring av baner</p> <p>Ressurser: 2 operatører</p> <p>Aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fjerne vann og betongbiter • Kjøre kostemaskin over baner • Olje baner • Klargjøre blanderi • Klargjøre form til testklosser <p>Utstyr:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Koster • Kostemaskin • Oljebeholder til bane • Olje til blanderi • Form til testklosser 	<p>Visuell kontroll at kosten på kostemaskinene rengjør tilstrekkelig, hvis ikke byttes kosten ut</p> <p>Visuell kontroll at banen er rengjort ordentlig før operatøren oljer banen</p> <p>Visuell kontroll at blanderiet er rengjort tilstrekkelig før oljing</p> <p>Sjekk at alle sluser på blanderiet er lukket ordentlig</p> <p>Visuell sjekk om formen til testklossen er rengjort tilstrekkelig</p>	<p>Arbeidstøy, vernesko og hørselsvern ved behov</p>
2	<p>Oppspenning av vaier</p> <p>Ressurser: 2 operatører</p> <p>Aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feste vaierlåser på kostemaskin • Trekke vaier • Feste vaierlåser • Kappe vaierender • Spenne opp vaier <p>Utstyr:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vaierlåser • Kostemaskin • Føringer • Sirkelsag • Oppspenningsjekk 	<p>Visuell kontroll av at vaier ikke er fliset, klemt eller deformert</p> <p>Visuell kontroll av vaierlås: påse at vaierlås er rengjort, ikke er deformert eller sprekker og riktig montert.</p> <p>Påse i henhold til produksjonstegningene: at det er riktig antall vaier og at vaierne ligger riktig i føringene</p> <p>Påse at vaierlåsen er tilstrekkelig tredd på vaier</p> <p>Kapp vaierender til ca. en halv meter</p> <p>Spenn opp vaier etter anvist prosedyrebeskrivelse</p>	<p>Arbeidstøy, vernesko og hørselsvern ved behov</p> <p>Vernebriller og hansker ved kapping av vaier</p> <p>Ved vaiertrekk må operatør forsikre seg om at ingen oppholder seg innenfor arbeidsområdet og sette på alarm</p> <p>Operatør skal styre vaiertrekket fra søyle som defineres som sikkert område</p> <p>Overstig aldri vaierlåsens oppgitte spennkrefter</p>

<p>3</p>	<p>Utstøping</p> <p>Ressurser: 3-4 operatører</p> <p>Aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sette sammen Extruder • Bestille betong og fylle betong i Extruder • Legge betong • Måle og markere lengder og utsparinger • Lage utsparinger og innstøpninger og bore hull • Lage testklosser • Legge på varmeteppe <p>Utstyr:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extruder • Betongtobbe • Produksjonstegnning • Markeringsverktøy • Måleverktøy • Hakker • Spader • Boremaskin 	<p>Visuell kontroll av at Extruderen og undervognen er i god stand og uten betydelig med betongrester</p> <p>Visuell sjekk om betongtobben er rengjort tilstrekkelig før bruk</p> <p>Kontroller at betongblandingen har riktig V/C tall</p> <p>Visuell sjekk at betongen legges riktig</p> <p>Sjekk at utsparingene og innstøpninger samsvarer med tegningene</p> <p>Sjekk at alle utsparingene er hakket ut tilstrekkelig</p> <p>Sjekk at det er boret nok hull i elementet</p> <p>Sjekk at sidesporene er gode</p> <p>Sjekk at testklossen er støpt og plassert på banen</p> <p>Sjekk at varmeteppe dekker både bane og testkloss</p> <p>Sjekk at det er varmt nok i produksjonsområdet til at banene herdes over natten</p>	<p>Arbeidstøy, vernesko og hørselsvern ved behov</p> <p>Vær oppmerksom på betongtobbe, fare for at det faller ned betongrester</p>
-----------------	---	--	--

<p>4</p>	<p>Rengjøring av maskiner</p> <p>Ressurser: 1-2 operatører</p> <p>Aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demontere Extrudere og vaske undervogn • Sette på blanderiets selvvask • Manuell vask av blanderi og betongtobbe • Rengjøre vaierlåser • Vaske og rydde på arbeidsområde <p>Utstyr:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extruder og undervogn • Vannspylers • Boremaskin til rengjøring av låser • Annet nødvendig vaske- og ryddeutstyr 	<p>Rengjort Extruder og undervogn etter anvisning</p> <p>Visuell sjekk av blanderiets selvvask</p> <p>Kontroll av vaierlåser: hvis deformert eller sprekker, må de kastes i egen beholder</p> <p>Visuell sjekk av rengjorte vaierlåser og kontrollert at de legges i riktig beholder</p> <p>Visuell sjekk av vasking og rydding på arbeidsområdet</p>	<p>Arbeidstøy, vernesko og hørselsvern ved behov</p>
<p>5</p>	<p>Herding</p> <p>Ressurser: 0 operatører</p>	<p>Gjøres over natten</p>	

<p>6</p>	<p>Kapp og utløft</p> <p>Ressurser: 2 operatører Samlet tidsbruk: 6-8 timer.</p> <p>Aktiviteter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teste kloss • Fjerne varmeteppe og klargjøre sagemaskin • Kappe etter markering • Løfte elementer på vogn • Fylle ut måleskjema og sjekke vaier <p>Utstyr</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sagemaskin • Åk og klype 	<p>Sjekk test kloss opp mot godkjent mengde trykk</p> <p>Visuell sjekk av sagemaskin før bruk</p> <p>Visuell sjekk at sagemaskinen kutter rett</p> <p>Måleskjema skal være riktig utfyllt</p> <p>Rydd rester av betong og vaier som ligger igjen etter utløft</p>	<p>Arbeidstøy, vernesko og hørselsvern ved behov</p> <p>Bruk vernebriller og hansker ved håndtering av sagemaskin</p> <p>Vær oppmerksom på hulldekelement som løftes av kran</p> <p>Festede klyper skal sjekkes at sitter ordentlig i sidesporene før løft</p>
-----------------	---	---	--

Vedlegg 3: Forslag til sjekkliste for arbeidsoppgaver

Operatør 1	03:50 - 12:00
Hente tegninger	
Teste kloss	
Kappe vaier	
Kappe etter markering	
Løfte på kostemaskin	
Pause	
Sette sammen Extruder	
Bestille betong og fylle betong i Extruder	
Legge betong på bane 1	
Måle og markere lengder og utsparinger bane 1	
Merk element med elementnummer	
Pause	
Bestille betong og fylle betong i Extruder	
Legge betong på bane 2	
Måle og markere lengder og utsparinger bane 2	
Merk element med elementnummer	

Dato: _____

Signering: _____

Operatør 2	03:50 - 12:00
Fjerne varmeteppe	
Klargjøre sagemaskin og Extruder	
Løfte element på vogn	
Fylle ut måleskjema og sjekke vaier	
Pause	
Fjerne vann og betongbiter bane 2	
Kjøre kostemaskin over bane 2	
Olje bane 2	
Feste vaierlåser på kostemaskin bane 2	
Trekke vaier bane 2	
Feste vaierlåser bane 2	
Kappe vaierender bane 2	
Pause	
Lage utsparinger og innstøpninger og bore hull bane 2	
Legge på varmeteppe	

Dato: _____

Signering: _____

Operatør 3	05:50 - 14:00
Fjerne vann og betongbiter bane 1	
Kjøre kostemaskin over bane 1	
Olje bane 1	
Feste vaierlåser på kostemaskin bane 1	
Trekke vaier bane 1	
Feste vaierlåser bane 1	
Kappe vaierender bane 1	
Spenne opp vaier bane 1	
Pause	
Lage utsparinger og innstøpninger og bore hull bane 1	
Kjør Extruder til bane 2	
Spenne opp vaier bane 2	
Lage utsparinger og innstøpninger bane 2	
Lage testkloss	
Sette på blanderiets selvvask	
Manuell vask av blanderi og betongtobbe	
Vask og rydde arbeidsområde	

Dato: _____

Signering: _____

Operatør 4	06:50 - 15:00
Klargjøre blanderi	
klargjøre form til testklosser	
Lage utsparinger og innstøpninger bane 1	
Pause	
Lage utsparinger og innstøpninger bane 2	
Rengjøre vaierlåser	
Demontere Extruder og vaske undervogn	
Vask og rydde arbeidsområde	

Dato: _____

Signering: _____

Vedlegg 4: Spørsmål fra intervju

Generelt:

- Hvilken stilling har du?
- Hvilken erfaring har du?

Arbeidsoppgaver:

- Vet du hva du skal gjøre i løpet av en arbeidsdag?
- Hvordan vet du hva du skal gjøre?
- Synes du noe er uklart i forhold til hva du skal gjøre eller hvordan du skal gjøre det?
- Er det forventet av deg å gjøre oppgaver raskt?
- Kontrollerer du at hulldekkene er laget riktig etter produksjonstegningene?
- Har du opplevd å gjøre feil?
- Synes du det er ryddig på hulldekkeområdet?

Sortering og rydding av arbeidsområdet:

- Hvilke verktøy brukes i hulldekkeproduksjon? (Hakke, koster, spader?)
- Hvilke småting brukes ellers?
- Hadde det vært bedre å jobbe med ryddigere omgivelser?
- Hvor vil du at lokk, føringer, strø og vaierlåser skal ligge?

Maskiner:

- Hvordan er vedlikeholdet av maskinene og maskindelene?
- Hvordan gjennomføres vaskingen av maskinene?
- Hva synes du om maskinene dere bruker?
- Hva gjør du for å opprettholde maskinene?

Problemer:

- Hva har du opplevd?
- Hvor ofte er det småstopp?
- Hvor ofte er det lengre stopp (over 1 time)?
- Hvor ofte stopper dere produksjonen før arbeidsdagen er over?
- Hvorfor tror du at produksjonen stopper?

Verneutstyr:

- Synes du noen ganger at det er farlige arbeidsoppgaver dere utfører?
- Vet du hvilket verneutstyr som er påkrevd for de forskjellige maskinene?
- Hvilket verneutstyr er påkrevd for de forskjellige maskinene?