

# Lean orientert effektivisering og automatisering av produksjon for små og mellomstore bedrifter.

**Håkon Lund**

**Kjell Ivar Bye**

**Veileder**

Carl Christian Røstad

*Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.*

Universitetet i Agder, 2014

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for Ingeniørvitenskap

## Forord

Denne masteroppgaven er en avsluttende oppgave ved masterstudiet i Industriell økonomi- og teknologiledelse, ved Universitetet i Agder (UiA), avdeling Grimstad.

Masteroppgavens fokus er effektivisering vha. Lean-metodikker og automatiserings-tiltak, hvor Lycro AS fungerer som casebedrift for oppgaven. Oppgaven vil således fungere som en forsterkning av Lycro AS interne effektivitetsarbeid, forankret i vitenskapelige metoder og litteratur, hvor Lycro AS er en sprøytstøpebedrift med mål om å effektivisere produksjonen.

Oppgaven søker å finne tiltak for effektivisering av Lycro AS, som holder til i Leksvik, Trondheim, med fokus på plaststøping og tilhørende logistikk. Dette skal gjøres basert på Lean-teori og -litteratur, samt observasjoner, teori og litteratur knyttet til automatisering. Forskningsarbeidet er i all hovedsak knyttet opp mot Lycro AS eget "Lean prosjekt 2014" som ble igangsatt forut studentenes masteroppgave.

Vi vil rette en stor takk til våre to veiledere, Bjørnar Henriksen og spesielt Carl Christian Røstad fra SINTEF<sup>1</sup>, som har bidratt med gode kommentarer, observasjoner og generelt et hyggelig samarbeid. Videre vil vi takke administrerende direktør Morten Theodor Sandaas, den ansvarlige for Lean prosjektet, Jostein Sandvik samt alle andre ansatte ved Lycro AS som har bidratt med informasjon og egne meninger som har bidratt til et datagrunnlag, hvilket var nødvendig for oppgaveløsningen.

Trondheim 1.6.2014.

Håkon Lund

Kjell Ivar Bye

---

<sup>1</sup> Skandinavias største uavhengige forskningskonsern, lokalisert i Trondheim.

## Sammendrag

Den norske leverandørindustrien for sprøytetøping har vært inne i en god utvikling de siste par årene, dette til tross for økende konkurranse fra lavkostland. Den endelige hovedrapporten for grunnlaget av inntektsoppgjørene 2014, redegjort av 'Teknisk beregningsutvalg for inntektsoppgjørene' (TBU), peker på kunnskapsutvikling som en bærende forutsetning for konkurranseevne hos norsk industri (TBU, 2014). Et viktig bidrag for konkurranseevne vil være den norske samarbeidsmodellen<sup>2</sup> og den skandinaviske arbeidslivskulturen. Den norske samarbeidsmodellen har mange likhetstrekk til Lean-tankegangen, spesielt med tanke på desentralisert makt og ansvar.

Grünfeld (2013) påpeker at norsk industris kostnadmessige konkurranseevne målt ved relative timelønnskostnader i felles valuta har svekket seg i en årrekke. Ser man til siste rapport fra det tekniske beregningsutvalget (TBU) har den kostnadmessige konkurranseevnen de siste 10 årene (2002 - 2012) i gjennomsnitt svekket seg med 1,6 prosent per år. Hele 1,2 prosentpoeng av dette kan tilskrives høyere lønnskostnadsvekst i Norge enn hos handelspartnere, mens 0,4 prosentpoeng kan tilskrives en styrkning av den norske kronen. Dersom man sammenligner norsk industri mot handelspartnere i EU, var det i 2013, regnet i felles valuta, ca. 55 % høyere timelønnskostnader i Norge. Det blir dermed vanskelig for norske bedrifter å konkurrere mot de utenlandske bedriftene da 55 % høyere timelønnskostnader medfører at arbeiderne må arbeide 55 % mer effektivt for å kunne konkurrere på lik linje med utlandet. Dette er ikke realistisk og man må derfor se etter andre måter å fremme konkurranseevnen på, som for eksempel gjennom automatisering.

I forbindelse med at selskapet Lycro AS har et mål om å doble omsetningen fra 2012 innen 2015, er studentene fra UiA koblet inn for å estimere mulige positive effekter av automasjon og Lean-inspirerte tiltak. Oppgaven søker å svare på følgende forskerspørsmål:

1. Hvordan kan sprøytetøpeproduksjon effektiviseres vha. Lean-metodikker?
2. Hvordan kan automatisering effektivisere rutinemessige arbeidsoppgaver?

Lean-tankegang har mange fellestrekk med den norske samarbeidsmodellen. Hvor det på virksomhetsnivå er bred medvirkning fra ansatte som fremstår som det sentrale kjennetegnet på modellen (Toulmin & Gustavsen, 1996) og er likeledes et kjennetegn ved Lean.

---

<sup>2</sup> Den norske samarbeidsmodellen er et begrep som brukes for å beskrive det spesielle ved hvordan arbeidslivet er organisert i norden.

Flyt er et begrep som best kan beskrives som en prosess som er rengjort for usunne aktiviteter, altså en kjede aktiviteter der hindringer som nedetid<sup>3</sup>, feil og andre former for sløsing<sup>4</sup> er fraværende. Begrepet er en analytisk innfallsvinkel som muliggjør mer presise evalueringer og målrettede tiltak for effektivisering av arbeidet i en bedrift. Optimal flyt kjennetegnes ved at en kjede av sunne aktiviteter opptrer uten avbrudd, hvilket innebærer at det kun utføres verdiskapende arbeid i produksjonen. Betydningen av begrepet er i oppgaven tolket som transformasjon kunden er villig til å betale for.

Etter samtaler med tidligere økonomiansvarlig, nå produksjonsansvarlig, og andre mellomledere i bedriften kommer det klart frem at det foreligger et stort potensial for effektivisering av dagens produksjon hos Lycro AS. Dagens system er preget av et produksjonslokale som er utarbeidet over tid, og ikke for produksjonen som foregår i dag, dette fører igjen til en noe uryddig arbeidsplass og en struktur som ikke står i tråd med Lean-tankegangen.

I løpet av månedene februar-april 2013 forsket studentene på Lean-inspirerte tiltak og potensialer i Lycro AS, vha. forskjellige metodikker. Herunder ble det foretatt dialoger med enkeltpersoner som en innledende fase, hvor man vektla et kvalitativt preg for å kartlegge bruk av andre mulige metodikker. I ettertid av samtalene ble det gjennomført strukturerte intervjuer av ansatte fra alle sjikt i bedriften; fra produksjonsmedarbeidere til eier og direktør. Senere ble det også utdelt spørreskjema til produksjonsarbeiderne ved Lycro AS, i Leksvik. Man fikk også sekundærdata fra en intern undersøkelse som ble brukt som et supplement til innsamlet data. Dette har resultert i konkrete funn med signifikant relevans.

Gjennom arbeidet med oppgaven ble det konkludert med flere tiltak som kan bidra til å effektivisere verdikjeden for sprøyttestøping hos Lycro AS, disse er presentert i tabell 1. Det foreligger også begrunnelser for hvordan de spesifikke tiltakene vil effektivisere bedriften.

---

<sup>3</sup> Tid hvor produksjonen står stille, som resulterer i ubenyttet kapasitet, som igjen er sløsing.

<sup>4</sup> Sløsing er alle aktiviteter som ikke er verdiskapende for en bedrift.

Tabell 1: Konkluderte tiltak.

<i>Tiltak</i>	<i>Verktøy / metode / fokus</i>	<i>Resultat</i>
Lede endringsprosessen.	- Kotter's 8 steg for endringsledelse. - Gemba. - A3.	Forståelse og motivasjon blant de ansatte for å endre seg.
Fjerne sløsing i produksjonen.	- 7 former for sløsing, kartlegge og fjerne kilder til sløsing.	Mindre produksjonsstans, sparte kostnader, mer effektiv produksjon.
Endre layout for bedre informasjon- og produktflyt.	- 7 former for sløsing. - Fokuserer på ryddighet, oversiktighet og god flyt.	- Forbedre flyten ved sprøytstøpeproduksjonen. - Mindre sløsing.
Forbedret informasjonstilgang for arbeiderne.	- Kartlegge arbeidernes informasjonsbehov. - Riktig implementering av ERP-system og tilhørende kulturendring.	- Økt tilgang til informasjon for frontlinjearbeidere. - Raskere informasjonsutveksling. - Hurtigere evne til problemløsning. - Økt mulighet for samskapt læring. - Mindre sløsing.
Innføre preventivt vedlikehold.	- Fokuserer på å utføre preventivt vedlikehold basert på prognoser. - ERP-systemet vil kunne overvåke bruken av utstyr og foreslå vedlikeholdsintervaller.	- Mindre sløsing i produksjonen. - Økt tilgjengelighet på utstyr (OEE). - Jevnere flyt.
Ansvarliggjøre frontlinjearbeidere og endre deres ansvarsområder.	- Kotter's 8 steg. - Gemba. - A3. - Roboter (automatisering).	- Gir økt motivasjon, verdighet og betydningsfølelse innen bedriften. - Utvidet mulighet for læring og systemforståelse - Større sannsynlighet for å oppnå ønsket resultat ved endringer.
Automatisering av pakke-, kvalitet- og palleteringsaktivitetene.	- Kotter's 8 steg for endringsledelse. - Lean.	- Mer kostnadseffektiv produksjon. - Bedre ledetid til kunder.

Bedriften fremstår som et meget interessant studieobjekt for UiA og INDØK, og det er klart at det finnes muligheter for flere studier av bedriften. Videre ble det underveis i oppgaven klart at omfanget av metoder som er brukt burde vært høyere for å oppnå en sterkere grad av pålitelighet, derfor foreslås det avslutningsvis en rekke områder for videre fordykning og studier.

## Innhold

Forord.....	i
Sammendrag .....	iii
Figurliste.....	vii
Tabelliste .....	viii
1 Innledning.....	1
1.1 Forskerspørsmål .....	3
1.2 Lycro AS.....	5
1.2.4 Leksvik.....	6
1.2.5 Sprøytetøpeavdeling .....	8
2 Metode.....	12
2.1 Gyldighet, relevans, pålitelighet og troverdighet.....	13
2.2 Valgt metode.....	14
2.2.1 Pålitelighet og gyldighet.....	15
2.3 Metoder for datainnsamling .....	16
2.3.1 Gjennomføring.....	18
2.4 Valg av teori .....	20
3 Teori .....	22
3.1 Lean .....	22
3.1.1 Redusert ledetid .....	22
3.1.2 De syv formene for sløsing.....	23
3.1.3 Transformasjon, flyt og verdiskapning i produksjonsprosessen .....	23
3.1.4 Making-do .....	27
3.1.5 Endringsledelse.....	28
3.1.6 PDCA .....	30
3.1.7 A3.....	31
3.2 Automatisering.....	32
3.2.1 Roboter og deres anvendelsesområde .....	34
4 Empirisk analyse og drøfting.....	42
4.1 Observasjoner ved ulike produksjonslokaler .....	42
4.1.1 Observasjoner ved Lycro AS' produksjonslokale .....	42
4.1.2 Observasjoner ved Pipelife Norge AS' produksjonslokale .....	52
4.2 Intervjuer av produksjonsarbeidere og ledergruppen .....	55

4.3	Resultater fra spørreskjema.....	59
4.4	Lycro Kick-off 2014 .....	60
4.5	Sammenfallende data.....	63
4.6	Kontinuerlig endringsledelse.....	65
4.7	Lean-verktøy hos Lycro AS .....	67
4.7.1	Sløsing i produksjonen .....	68
4.8	Informasjonsflyt hos Lycro AS i dag.....	73
4.8.1	Fremtidig IKT-system .....	73
4.8.2	Logistikkutfordringer - sporing av utstyr.....	74
4.8.3	Innspill til elektroniske arbeidspakker og terminaler .....	76
4.8.4	A3 tankegang og IKT-systemer .....	77
4.9	Automatisering av Lean produksjon.....	78
4.9.1	Diskutering av noen positive effekter av roboter.....	79
4.9.2	Lean-tankegang og automatisering; En sammenkobling.....	84
4.9.3	Hvordan implementere automatisering i et Lean miljø.....	87
4.9.4	Roboter og vision-system.....	88
4.9.5	Roboters bruksområder innen Lean produksjon.....	90
5	Konklusjon .....	92
5.1	Effektivisering av sprøytstøpeproduksjon vha. Lean-metodikker.....	93
5.1.1	Sløsing .....	93
5.2	Automatisering i Lean miljø .....	95
6	Etterord / anbefalinger.....	96
7	Bibliografi.....	97
8	Vedlegg.....	100

## Figurliste

Figur 1:	Pakkeprosesser og truckflyt ved dagens produksjonslokale hos Lycro AS, Leksvik. ....	2
Figur 2:	Oversiktsbilde over Lycro AS hovedkontor og produksjonsområde i Leksvik, Trøndelag. ....	5
Figur 3:	Plantegning av produksjonslokalet i 1.etg ved Lycro AS Leksvik. ....	7
Figur 4:	Stilisert fremstilling av Lycro's sprøytstøpeproduksjon hvor de kritiske områdene er representert i modellen. ....	11
Figur 5:	Prosessbeskrivelse for tilfeldig produkt ved sprøytstøpeproduksjonen. ....	11
Figur 6:	Timelønnskostnader for 2013 i industrien i Norge, i forhold til industrien hos handelspartnerne i EU20, i felles valuta. Handelspartnernes gjennomsnitt er 100, i figuren. Kilde: (TBU, 2014). ....	21

Figur 7: Sammenhengen mellom volum og jevnhet, som til sammen utgjør flyt. ....	24
Figur 8:Åtte vanlige feil og konsekvenser av disse, oversatt og basert på Kotter (1996). ....	28
Figur 9: Kotters modell i åtte steg, oversatt og basert på Kotter (1996). ....	29
Figur 10: PDCA-sirkelen, basert på figur redegjort av Edward Deming. ....	30
Figur 11: Bilde av Lycro's kontrollpunkter for manuellkontroll av produkter. ....	36
Figur 12: En manuell arbeidsutførelse av pakke og palleterings prosessen. ....	37
Figur 13: En 6-akse-robot med illustrerte akser. ....	38
Figur 14: ABB Group (tidligere Asea Brown Boveri) sitt vision-kamera for vision-system.....	39
Figur 15: Plantegning av Lycro's produksjonslokale med illustrert grad av manuelt/automatisert arbeid. ....	43
Figur 16: Viser produksjonshallens kortsider. ....	43
Figur 17: Manuell pakking av ferdigprodukter. ....	44
Figur 18: Automatisk pakking av ferdigprodukter ved maskin.....	45
Figur 19: Ferdigprodukters flyt, fra maskin til pall.....	46
Figur 20: Manuell pakke-metode optimalisert for spesifikke produkter. ....	47
Figur 21: Daglig vedlikehold av formverktøy ved vedlikeholdsavdelingen, i Leksvik. ....	48
Figur 22: En delvis manuell/automatisert strekkfilm emballering av ferdigvarer på pall, samt plassering av strekkfilmmaskin i produksjonslokalet.....	48
Figur 23: Løp ved produkter som fjernes manuelt vha. tang, og tilhørende massesuger for kverning av løpsgrener til termoplast.....	49
Figur 24: Vrakdelene og løpsgrener samlet for felles kverning til ny termoplast.....	50
Figur 25: Making-do utførelse av formskifte av tyngre former (over 2 tonn).....	51
Figur 26: PipeLife's Smartline for sprøyttestøpeproduksjon i Surnadal.....	52
Figur 27: Flyt i Pipelife's produksjonslokale. ....	54
Figur 28: PDCA + Kotters 8 stegs modell = Kontinuerlig læring i praksis ....	66
Figur 29: Sløsing forårsaket av produksjonslokalets layout. ....	70
Figur 30: Sløsing forårsaket av informasjonsmangel. ....	70
Figur 31:Sløsing forårsaket av manglende preventivt vedlikehold.....	71
Figur 32: Basert på David Lahote's figur for PDCA som A3 metode. ....	72
Figur 33: Bildet illustrerer RFID brikkenes størrelse som enkelt lar seg feste på ulike anordninger.....	74
Figur 34: Samsung Galaxy S5 Active, som er spesielt utformet for krevende arbeidsmiljø.....	77
Figur 35: Faste kostnader uten mulig servicekostnader tilknyttet preventivt vedlikehold. ....	80
Figur 36: Faste kostnader medberegnet investeringskostnad med tidshorisonter på 1, 2 og 3 år.....	80
Figur 37: Foreslått fremgangsmåte for implementering av Lean og automatisering.....	93

## Tabelliste

Tabell 1: Konkluderte tiltak. ....	v
Tabell 2: Basert på Kotters 8 steg for endringsledelse. ....	66
Tabell 3: Forenklet strømprisberegning pr. robot. ....	79
Tabell 4: Konkluderte tiltak. ....	96
Tabell 5: Erfart videre arbeid.....	97



## 1 Innledning

Det å drive produksjon i et høykostland som Norge krever sitt av en bedrift. Dette kan sees i sammenheng med Norges høye lønnskostnader som i 2013 ble anslått av det tekniske beregningsutvalget for inntektsoppgjørene (TBU) til anslagsvis 55 % høyere enn det handelsvektede gjennomsnittet av våre handelspartnere i EU, samt at den kostnadmessige konkurranseevnen målt isolert ved relative timelønnskostnader i industrien anslås å ha svekket seg gjennomsnittlig 1,8 % pr år de siste ti årene (TBU, 2014). Økende grad av utenlandsk konkurranse både på kostnader og pris øker norske bedrifters behov for å produsere effektivt med minst mulig ikke-verdiskapende aktiviteter, og deres behov for å posisjonere seg slik i markedet at en kan ta en noe høyere pris grunnet god kvalitet og pålitelighet. Dagens system hos Lycro AS bærer preg av en stor del ikke-verdiskapende aktiviteter<sup>5</sup> i produksjonslokalet og av å være en masseproduserende<sup>6</sup> bedrift. Behovet for effektivisering blir belyst av ansatte på forskjellige nivåer, fra ledelsen og fra produksjonsarbeiderne.

### *Bakgrunn*

Lycro AS, komplett beskrivelse kommer i kapittel 1.2, er en komplett leverandør av sprøytetøppte plastdeler og produserer alt fra rørdeler, truger og stoler ved at de kan produsere både enkeltkomponent<sup>7</sup> (1-K) og to-komponent<sup>8</sup> (2-K) plastdeler, ved sin fabrikk i Leksvik.

De har som mål om å doble omsetningen fra 2012 innen 2015 som følge av økt effektivitet og reduserte kostnader. Et av de viktigste fokusområdene for bedriften i dag, er å effektivisere produksjonsprosessene gjennom en automatisering av arbeidsoppgaver og bruk av Lean-metodikker i produksjonen. Dette er bekreftet gjennom innledende kartlegginger i forbindelse med denne oppgaven der det er identifisert store deler ikke-verdiskapende aktiviteter. Figur 1, viser Lycro AS sitt produksjonslokale hvor manuelle steg er blitt belyst med piler ved hver maskin. Det grønne området mellom maskinene er ferdselsområdet for truck, dette området er ikke bare reservert ferdigvarer, men blir også brukt til å frakte former og personell. Figuren viser at det foreligger et stort antall maskiner med tilhørende manuelle oppgaver, da det foreligger kun en maskin som ikke innehar aktiviteten «manuell pakking fra samlekasse til esker».

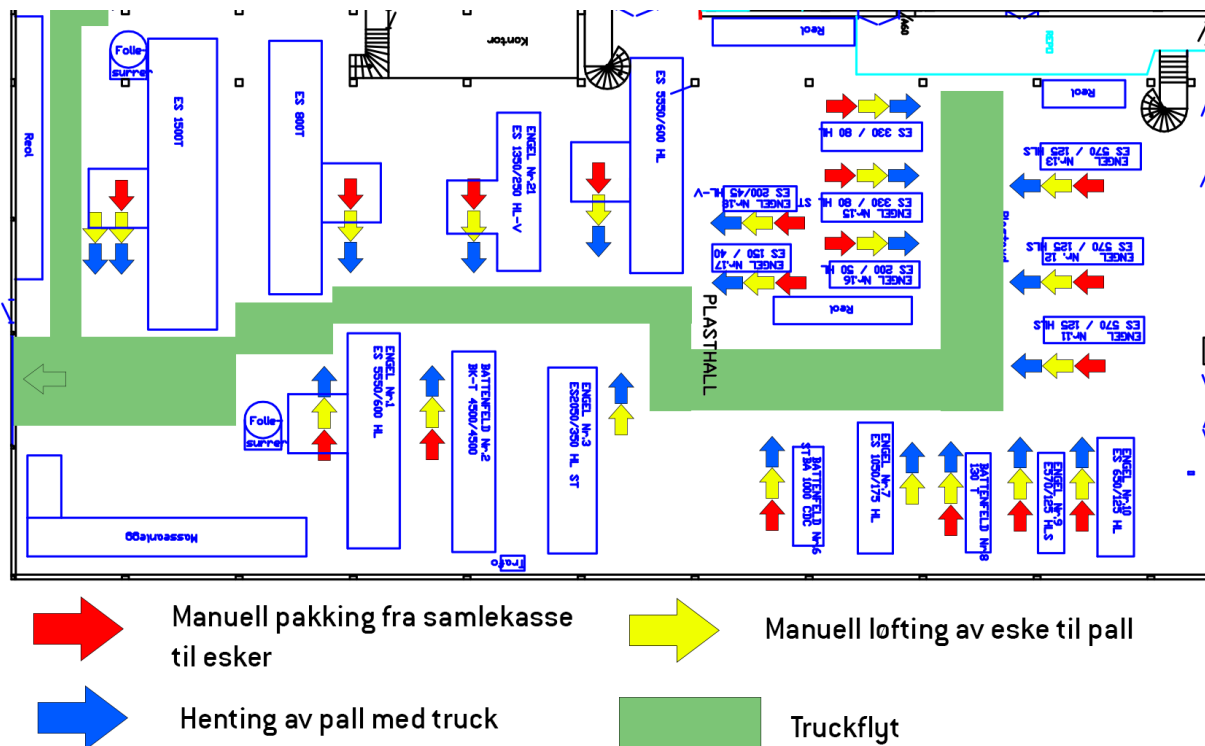
---

<sup>5</sup> Aktiviteter som ikke gir produkt eller tjeneste noen form for verdi fra kundens synsvinkel.

<sup>6</sup> Tilvirkelse av store mengder standardiserte produkter.

<sup>7</sup> Produktet er konstruert i en del, av et materiale og farge.

<sup>8</sup> Produktet er konstruert ved flere materialer og tilhørende egenskaper.



Figur 1: Pakkeprosesser og truckflyt ved dagens produksjonslokale hos Lycro AS, Leksvik.

Slik det kommer frem av figur 1, er det et overværlig manuelt utførte arbeidsoppgaver ved dagens drift. Ledelsen er klar på at det foreligger et stort potensiale og behov for å effektivisere produksjonen som ved en automatisering og innføring av Lean-metodikk og håper dette kan skape en kostnadseffektiv drift og sikre konkurransevnen både på kort og lang sikt. Selskapet har i liten grad målt effekter av tidligere effektiviseringer som automatisk mating av råstoff, robotarmer etc. og de ansatte i bedriften frykter at de er kommet til et kryss i veien, hvor det er enten vinn eller forsvinn, effektiviser eller redusere driften.

### Målet med oppgaven

Fra en samfunnsmessig synsvinkel kan oppgaven tilføre kunnskap om potensialet for å øke verdiskapingen, effektiviteten og redusere ledetiden i verdikjeden, i produksjonssammenheng. Bedriften har som mål å sikre arbeidsplasser i lokalområdet, sikre fremtidig konkurransedyktighet samt å doble omsetningen fra 2012 innen 2015. Oppgaven tar høyde for å effektivisere den delen av produksjonen bedriften i liten grad har sett på tidligere, altså i hovedsak flyten fra ferdig produkt til kunde. For forskning på selve sprøyttestøpeprosessen og mulighetene rundt programmeringen av maskiner henvises man til Tysedal et al. (2006).

## 1.1 Forskerspørsmål

Både Lean, en automatisering av dagens manuelle produksjonsoppgaver og den fremtidige innføringen av et nytt IKT-system, mer spesifikt et ERP-system, er spesifikke temaer som Lycro AS har uttrykt stor interesse for ved innledning av oppgaven. Bedriften tror disse 3 temaene hver for seg og til sammen utgjør et stort potensial for innsparing og effektivisering av dagens drift. Det er imidlertid knyttet en viss usikkerhet til potensialet de tre temaene utgjør, noe denne oppgaven vil prøve å redegjøre for.

Oppgavens forskerspørsmål er utarbeidet i samsvar med Lycro AS og veileder og er som følger:

1. Hvordan kan sprøyttestøpeproduksjon effektiviseres vha. Lean metodikker?
2. Hvordan kan automatisering effektivisere rutinemessige arbeidsoppgaver?

Forskerspørsmålene er begrenset i den form av at man ikke ser på selve transformasjonsprosessen i produksjonen, men prosesser og funksjoner knyttet opp til den. I et Lean-perspektiv vil man ta for seg generelle Lean-tiltak som kan påvirke produksjonen positivt, hvilket innebærer både kommunikasjon og generelle praktiske tiltak på lager og i selve produksjonslokalet. Fra et automatiseringsperspektiv vil man fokusere på rutinemessige arbeidsoppgaver, Mer spesifikt vil dette begrenses til to spesifikke områder for repetitivt arbeid; kvalitetskontroll samt pakking og palletering. Dette samsvarer med bedriftens ønskede fokusområde for oppgaven da de selv mener at dette er prosesser som kan utbedres betydelig. Videre har bedriften kontinuerlig utbedret transformasjonsprosessen i løpet av 10 år og mener de behersker denne delen av produksjonen.

Ved å evaluere, kartlegge og konkludere hvilke Lean-tiltak og automatiseringsformer som kan bidra til en effektivisering hos bedriften og deres produksjonslokale har vi kommet frem til forslag for å effektivisere bedriftens sprøyttestøpeproduksjon.

Lycro AS startet opp et automatiseringsprosjekt av produksjonen, samt innføring av nytt ERP-system<sup>9</sup> i perioden studentene startet arbeidet med masteroppgaven, og var således åpne for forslag og diskusjon omkring automatisering av maskiner, innføring av roboter og en omorganisering av produksjonslokalet.

Videre er dagens lager hos Lycro AS delt opp i fire separate lokasjoner på produksjonsområdet, noe de planlegger å endre, da det foreligger planer om å etablere et nytt lager i byggets andre etasje, som for øyeblikket leies ut til datterselskapet Lycro Maskinering AS.

---

<sup>9</sup> Beskrivelsen av en programvares kvalitet av integrasjon mellom ulike virksomhetsområder som produksjon, lager osv.

I og med at Lycro AS har et bredt utvalg produkter med store forskjeller i utforming, volum og overflatebehandling, vil det være et iboende krav at fremtidige løsninger er fleksible slik at de takler behandling av alle slags produkter som Lycro AS i dag produserer.

Forskerspørsmålene berører sentrale forhold for små og mellomstore bedrifter hvor det foregår produksjon, og funnene det redegjøres for i oppgaven kan bli nyttige for bedriftens videre satsning. Spørsmålene er relevante da det benyttes både fagteori og praktiske metoder, for å kartlegge bedriftens innsparingspotensial i forhold til effektivisering vha. automatisering av produksjonen og innføring og omstrukturering til en Lean-tankegang.

### Virkemidler for gjennomføring

Grunnlaget for informasjonsinnsamlingen er kvalitative observasjoner og intervjuer og samtaler med ansatte fra alle avdelinger i bedriften, hvor man tar høyde for at ansatte på gulvet typisk sitter med taus kunnskap<sup>10</sup>. Med dette vil man om mulig få frem skjulte meninger og forslag til løsninger, som kan implementeres i bedriften.

Opgaven starter med å redegjøre for bakgrunnen for prosjektet samt dagens situasjon hos Lycro AS. Metodekapittelet skildrer hvilke verktøy og metoder som er benyttet ved innsamling av teori, data, og tilhørende analyser av disse. Datainnsamling er foretatt som kvalitative samtaler, intervjuer, observasjoner og evalueringsskjema av ansatte fra ulike deler av verdikjeden hos Lycro AS. Valg av kvalitativ metode ble tatt på bakgrunn av oppgavens tema, og innebærer datainnsamling fra et mindre utvalg enn kvantitativ metode, samtidig som den gir fylldige data slik at du kan oppnå inngående forståelse for sosiale fenomener (Silverman, 2006).

Deretter presenteres relevant teori som Lean-metodikker, flyt i produksjon etc. for forskerspørsmålene, i teorikapittelet. Empiridelen tar for seg pålitelighet, validitet og legitimitet av dataene, samt at det presenteres funn fra de innsamlede data, og tilhørende analyser. Videre tar konklusjon for seg hensiktsmessige tiltak med bakgrunn i analysene i empiridelen, og helt til slutt nevnes det forslag til videre arbeid/studier.

### Organisering

Prosjektet er et samarbeid mellom studentene og UiA som en mastergradsavhandling der Lycro AS er casebedrift og oppdragsgiver hvor man tar sikte på å skape en kunnskapsutveksling seg imellom. Prosjektet er iverksatt gjennom private bekjentskaper hvor hovedkontaktperson har vært teknisk leder Jostein Sandvik, ansvarlig for den kommende automatiseringsprosessen og «Lean prosjekt

---

<sup>10</sup> Erfaringskompetanse som er vanskelig å videreføre til andre.

2014» og Morten Theodor Sandaas som er administrerende direktør ved Lycro AS. Andre viktige personer i prosjektsammenheng har vært Kjell Olav Kleveland, som er fabrikk- og produksjonsansvarlig.

## 1.2 Lycro AS

Lycro AS ble etablert i 1970 og har i mer enn 40 år vært en ledende bedrift innen nordisk sprøytstøpeindustri for plastmateriale. Selskapet begynte innledningsvis med forkromming<sup>11</sup> av sanitærutstyr og fungerte som et verksted for andre søsterbedrifter i Lyng Gruppen<sup>12</sup>.



Figur 2: Oversiktsbilde over Lycro AS hovedkontor og produksjonsområde i Leksvik, Trøndelag.

Bedriften er geografisk delt i to lokasjoner, hvor hovedkontor og plastproduksjon er lokalisert i Leksvik i Trøndelag og Lycro AS sin egen fabrikk for produksjon av sprøytstøpeverktøy til kunder i hele Europa ligger i Donggaun, Kina. Videre har Lycro AS en diversifisert portefølje på mer enn 100 kunder og mer enn 500 ulike produktartikler. Kundesegmentet inneholder globale aktører innen alt fra munnhygiene, representert av Jordan International AS, til deres største kunde som er stolprodusenten Håg, på Røros.

Det er ca. 25 ansatte i Leksvik samt 30 i Kina som representerer unik erfaring og kompetanse innen utvikling og produksjon av verktøy for- og produksjon av sprøytstøpte plastkomponenter. Dette setter bedriften i en særegen posisjon da de kan være med i hele produktutviklingsprosessen - fra idé til ferdig produkt.

<sup>11</sup>Overtrekking av et metallisk materiale med krom.

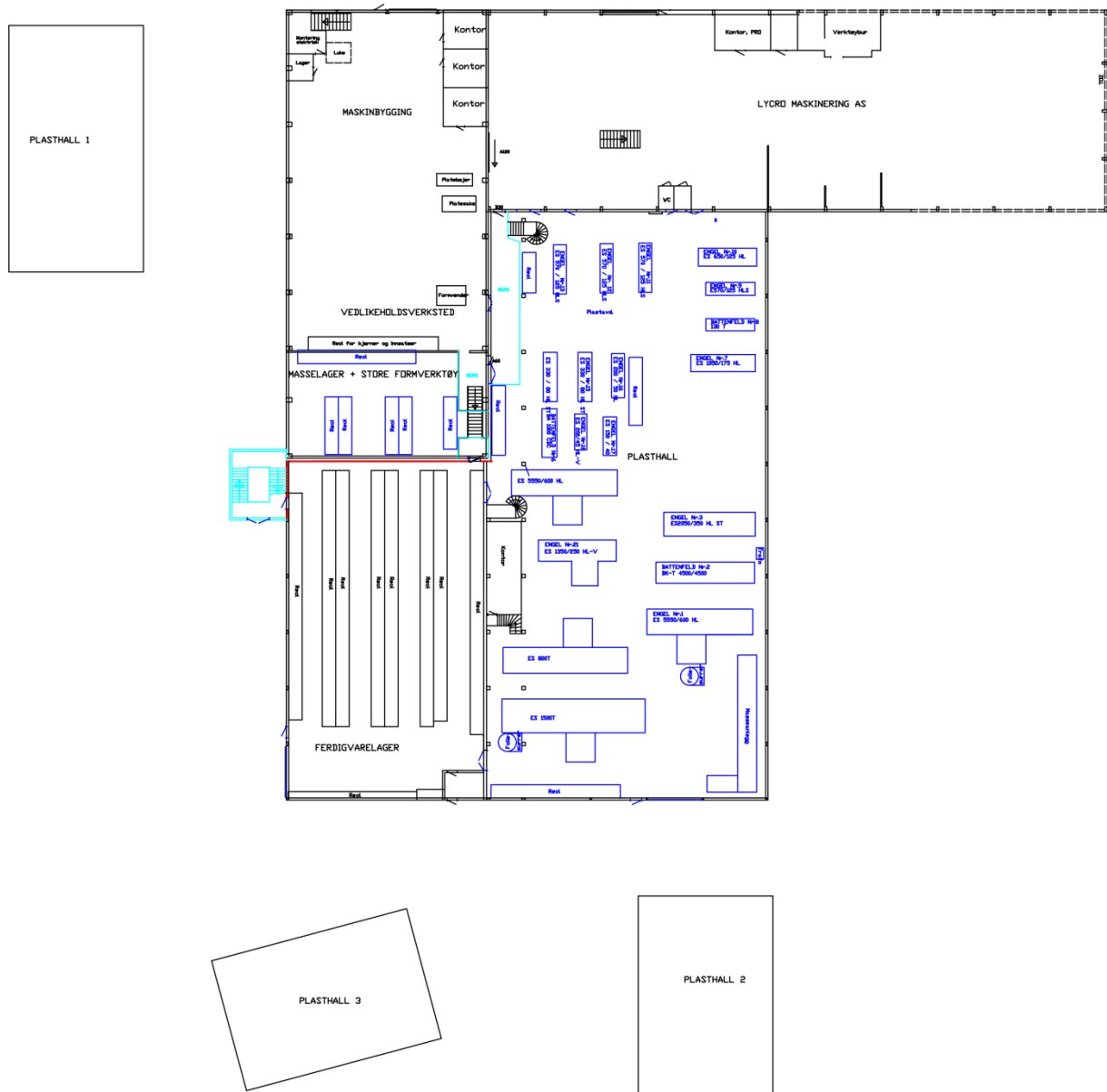
<sup>12</sup>Lyng Gruppen AS er morselskap for en rekke industriselskaper og andre foretak i Norge og i utlandet.

#### 1.2.4 Leksvik

Lycro AS sin konsernledelse, norske prosjektgrupper og økonomiavdeling er lokalisert i Leksvik i tillegg til produksjonsfabrikken, som utgjør hovedfokus for oppgaven. Fabrikbygningen er ca. 5200 m<sup>2</sup> stor og består av kontorer, lager, produksjonshaller og verksted. Produksjonsområdets utforming bærer preg av å ikke være bygd til det formålet det brukes til i dag, men man ser tydelig at det er foretatt utbedringer for dagens drift. Et eksempel på dette er avstanden mellom maskinene og deres tilhørende former, som gjerne veier flere tonn. Praktisk sett ligger formene og maskinene adskilt i fabrikkbygningen, da traverskranen<sup>13</sup> i produksjonslokalet ikke har tilgang til lageret. Ettersom formene gjerne veier 1 tonn eller mer, ville den enkleste måten å flytte de på være ved hjelp av traverskranen, da den også benyttes i selve monteringen av formen i maskinen. Dagens løsning bærer preg av making-do da formene, som er over 2 tonn, fraktes vha. traktor og tilhørende tilhenger, som lånes av en ansatt ved Lycro AS. Formlageret er fysisk vegg-i-vegg med produksjonslokalet hvor maskinene står, men ved bruk av de tyngste formene fraktes de rundt selve fabrikkbygningen og er således ugunstig for bedriften da de etterstreber økt effektivitet. En fremtidig endring av produksjonsfasilitetene bør vektlegge å effektivisere denne delen av produksjonen. Et annet eksempel er ferdigvarelageret som per i dag eksisterer som 4 adskilte lokasjoner, pluss evt. lagring av ferdigvarer på utsiden av produksjonshallen. Tre av disse lokasjonene er plasthaller som står plassert rundt selve fabrikkbygningen, se figur 3, og det egentlige lageret som ligger vegg-i-vegg med produksjonshallen. Dagens lagring av ferdigvarer gir et inntrykk av å være stykkevis og delt. Styret i bedriften ga selv uttrykk for at lageret muligens flyttes til lokalet i fabrikkbygningen hvor Lycro maskinering AS holder til, dersom de flytter ut av fabrikkbygningen.

---

<sup>13</sup> Løfteinnretning bestående av minst; kranbane, traversbjelke og heismaskineri som gjør at innretningen kan beveges i 3 plan.



Figur 3: Plantegning av produksjonslokalet i 1.etg ved Lycro AS Leksvik.

Videre tilbyr Lycro AS tre distinkte produktgrupper for sine kunder; formverktøy<sup>14</sup>, rotasjon sveisemaskin<sup>15</sup> og sprøytstøpeproduksjon. Denne oppgaven ser i utgangspunktet på sprøytstøping og produksjon, og vil ikke se på produksjon av formverktøy eller rotasjon sveisemaskiner, som innebærer en noe overordnet innblikk av disse to. Mer utdypende om sprøytstøpeproduksjonen hos Lycro AS i kapittel 1.2.5 *Sprøytstøpeavdelingen* og drøfting omkring den i kapittel «4.1.1 – *Observasjoner hos Lycro AS Produksjonslokale*».

<sup>14</sup> Betegnelse innen støpeteknikk som omfatter både selve formen med formrommet og tilhørende mekaniske innretninger som oppspenningsutstyr, innløpskanaler, styrepinner o.l.

<sup>15</sup> Maskin for friksjonssveising av plastdeler.

## *Formverktøy*

Lycro AS påtar seg prosjekter innen design, konstruksjon og produksjon av nye verktøy, samt ombygging og andre tjenester av eldre verktøy. I løpet av 40 år i bransjen har Lycro AS tilegnet seg omfattende erfaring med å levere ingeniørtjenester og løsninger relatert til verktøy som brukes for produksjon av tekniske plastkomponenter.

Verktøyene designes og konstrueres av prosjektledere og ingeniører i Norge sammen med kundene, for at produktene skal svare til kundenes spesifikasjoner og i samsvar med europeiske standarder og krav. Verktøyene produseres ved fabrikken i Dongguang, Kina, noe som sørger for en kostnadseffektiv produksjon, grunnet regionens lave timelønnskostnader. Etter testing ved fabrikken i Kina, sendes verktøyene til Norge, i Leksvik, hvor endelig testing utføres etter Lycro sin egen produksjonsfilosofi ved Lycro Leksvik. Dette sikrer at alle kvalitetskrav, toleranser og syklustider er oppfylt, og at verktøyene fungerer som de skal før de implementeres i produksjon, enten hos kunde eller ved fabrikken i Leksvik. Verktøyene som lages er høyttelsesprodukter med dimensjonal stabilitet og en tilhørende lang holdbarhet. Videre er de utformet for enkelt vedlikehold og tunge dimensjoner.

## *Rotasjon Sveisemaskin*

Lycro AS er produsent av egenutviklede og patenterte muffemaskiner<sup>16</sup> og rotasjon sveisemaskiner (RWM), for rotasjonssveising av plastrørsmuffer til plastrør i PE(Polyeten) og PP(Polypropen). RWM bruker et roterende hode for å skape friksjon mellom plastrøret og muffen. Denne friksjonen gir varme som smelter plastrøret og muffen sammen. Videre fungerer maskinene helautomatisk i produksjonslinjen etter ekstrudering/korrugering av plastrør med automatisk muffemagasin.

Sammenlignet med andre systemer, innehar Lycro AS system; RWM en høy nok fart til å opprettholde korrugatorens tempo og hastighet, og videre er den enkel å justere ved endring av dimensjonene. Dette resulterer i at RWM gir sterke, tette og pålitelige koblinger som samsvarer med alle krav i henhold til europeiske standarder.

### **1.2.5 Sprøytstøpeavdeling**

Sprøytstøping er Lycro AS hovedaktivitet, og det er i denne avdelingen oppgavens hovedfokus er rettet. Bedriften har bred kompetanse på alle områder – fra design og prosjektering av plast, produksjon av verktøy og serieproduksjon av selve produktet. De har over mer enn 40 år tilegnet seg omfattende og markedsledende erfaring innen produksjon av sprøytstøpte plastdeler i termoplast<sup>17</sup>. Som nyttiggjøres gjennom bedriftens komplette maskinpark på 22 enheter, fra små til

---

<sup>16</sup> Maskin for sammenkobling av muffer til rørdeler.

<sup>17</sup> Plast som blir plastisk (formbar) når den varmes opp og ved hver ny oppvarming.



store maskiner, hvor de minste har ett lukketrykk på 45 tonn og de største på opptil 1500 tonn. Maskinene kan produsere plastdeler fra 1,0 gram til over 10 kg, noe som muliggjør et vidt spekter av kunder. Blant dagens kunder finner man *Scandinavian Business Seating AS (SBS)* som er eier av *HÅG*, og videre *JETS Vacuum*, *Jordan International*, *Kongsberg Seatex* og *Raufoss Water & Gas*.

Sprøytstøping er bare en av flere satsningsområder for Lycro AS, men er den dimensjonen som helt klart utgjør bedriftens hovedsatsning og fokus for denne oppgaven. Innen avdelingen jobber det prosess teknikere, klargjørere, skiftansvarlig, lagerleder, personell for plastavdelingen, formskiftere og maskinstillere, hvor beskrivelsen av deres stillinger følger under.

*Prosessteknikere* har hovedansvar for at produktkontroll gjennomføres iht. produktspesifikasjonene. Arbeidsoppgavene deres strekker seg fra å prøvekjøring og optimalisering av produksjonens verktøy i samarbeid med fabrikk sjefen. Videre er de behjelpelige med beregninger av syklustid, pris og konstruksjonsløsninger.

*Klargjørere for produksjonsverktøy* har ansvaret for å klagjøre produksjonsverktøy til sprøytstøpeproduksjon. Dette innebærer ansvarsområde for innsatsskifte<sup>18</sup> i henhold til utfylte sjekklister for innsatsskifte av verktøy, oversikt over verktøy behov, ansvarlig for kverning av vrak/innløp fra produksjonen samt å bistå lagerleder med utkjøring av varer om morgenen etter behov.

*Skiftansvarlig* sørger for at produksjonen utføres i henhold til oppgitt produksjonsplan fra produksjonsleder. Stillingen er å oppfatte som en dagligleder ved skiftene da han innehar ansvaret for hele produksjonen. Dette medfører et ansvarsområde for alle nødvendige endringer i maskinenes programparametere. Herunder ligger også andre arbeidsoppgaver som påfylling av riktig råstoff og fargestoff. Skiftansvarlige har også ansvar for at alle operatører på skiftet følger innførte rutiner. Videre skal skiftansvarlige registrere all vrakproduksjon på sitt respektive skift samt fylle ut en produksjonsrapport. Ved ukeslutt skal også skiftansvarlige kontrollere at alle utvendige dører, vinduer og porter er lukket ved ukeslutt.

*Lagerleder* koordinerer all intern og ekstern frakt til og fra Lycro AS, og er således ansvarlig for lager og logistikk. Arbeidsoppgavene for stillingen er plassering/telling av ferdigproduserte varer, være behjelpelig og ansvarlig for pakking, opplasting og leveranse av ferdigvarer opp mot kunde i henhold til utarbeidet pakkesedel<sup>19</sup>. Andre ansvarsområder er; vareutlevering, opplasting/avlesing av varer,

---

<sup>18</sup> Omhandler den fysiske byttingen av innsats i formen som brukes i sprøytstøpemaskinen.

<sup>19</sup> Informasjon angående en forsendelses innhold, leveringssted, kunde osv.

utfylling av fraktbrev og mottakskontroll. Videre strekker ansvarsområdet seg til postbehandling, rydding og vedlikehold av avdelingens lagerareal ute og inne.

*Operatører:* Personalet ved plastavdelingen fungerer som en fleksibel arbeidsstyrke som hjelper til der det trengs. Hovedoppgavene deres er til enhver tid å være behjelpelig med kontroll, veiing, pakking og stabling av all produksjon ved avdelingen. Videre faller en del ikke-verdiskapende aktiviteter som kosting, vasking og rydding av produksjonslokale og maskinparken under stillingsbeskrivelsen.

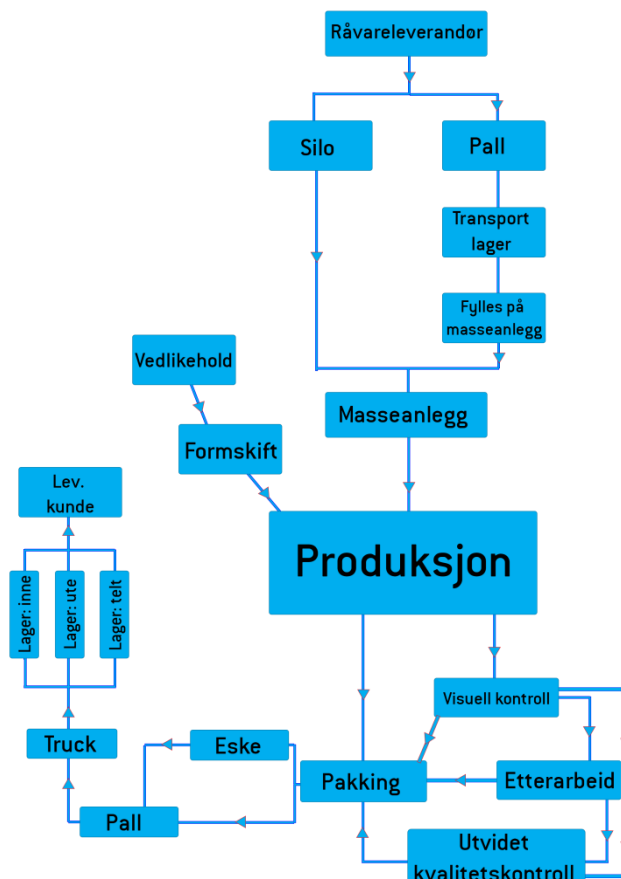
*Formskiftere* skal i samarbeid med maskinstiller og klargjørere sørge for bytte av formverktøy i egnet maskin, og at dette utføres så rasjonelt og effektivt som mulig i henhold til utarbeidet produksjonsplan. Med formverktøy menes både selve verktøyformene og innsatsene som kan plasseres i dem. Videre skal de sørge for opprydding/rengjøring på den enkelte maskin og gulv etter ferdig utført formskift.

*Maskinstillere* foretar de nødvendige justeringer av kjøreparametere, slik at produktet tilfredsstiller de kravene til kvalitet som kunden krever, samt sørge for optimale kjørebetingelser i henhold til de økonomiske beregningene. Dette innebærer å utføre, etter avtale med overordnet, all nødvendig prøvekjøring av eksisterende og nye verktøy. Som igjen vil si at de må henge opp ferdig utfylt ID-kort på maskinene ved innkjøring av nytt verktøy. Til slutt kan det nevnes at maskinstillerne ellers har et hovedansvar i samarbeid med produksjonssjefen for plastavdelingen til enhver tid å tilfredsstille de krav til kvalitet som kunden krever.



Figur 4: Stilisert fremstilling av Lycro's sprøytestøpeproduksjon hvor de kritiske områdene er representert i modellen.

Figur 4 viser en stilisert figur av sprøytestøpeproduksjonen hos Lycro AS. Figuren viser noen av de største kundene til bedriften til høyre. Fabrikk- og produksjonsansvarlig tar imot bestillinger fra kunder og bestiller råvarer etter behov, han lager også produksjonsplanen for produksjonen hos Lycro AS. Ved omlegging av produkter foretas det et formskift. Kvalitetskontrollen blir foretatt etter endt produksjon, hvor det avhengig av produkttype blir foretatt kvalitetskontroller med forskjellige intervaller. En utvidet kvalitetskontroll blir utført av skiftansvarlig ved gitte intervaller. Det rapporteres til kvalitet- og produktansvarlig ved observerte feil. Kvalitet- og produktansvarlig er også ansvarlig for kundeinteraksjonen når det har blitt oppdaget kvalitetsavvik hos kunde. Ferdige produkter pakkes så i kasser og så på pall, eller rett på, og blir så fraktet til ferdigvarelager av logistikkansvarlig. Figur 5 viser et prosesskart over produksjonen av et tilfeldig produkt, man har her sett bort fra fabrikk- og produksjonsansvarlig og kvalitet- og produktansvarlig.



Figur 5: Prosessbeskrivelse for tilfeldig produkt ved sprøytestøpeproduksjonen.

## 2 Metode

Metode er en måte å gå fram på for å samle inn empiri, hvor empiri betyr kunnskap som er bygd på erfaring (Dalland, 2000), og som brukes for å samle data om virkeligheten. Metoden er et hjelpemiddel for å kunne beskrive empirien og virkeligheten (Jacobsen, 2000) og dens design blir avgjørende for metodens validitet og avgjørende for forskernes evne til objektiv refleksjon (Bryman, 2012). Ved datainnsamling har valg av metode stor betydning for hvordan forskningsopplegget blir. Da man vil måtte bryte seg inn i andres hverdag, og undersøkelseeffekten kan inntreffe.

Undersøkelseeffekten beskrives av Jacobsen (2000) som når innbruddet har stor påvirkning på undersøkelsen, og man kan da stille seg spørsmålet, «I hvilken grad er det vi måler riktig, og i hvilken grad er målingene en konsekvens av innbruddet?» Videre beskriver Jacobsen (2000) to krav som bør tilfredsstilles, empirien må være gyldig og relevant, samt pålitelig og troverdig.

Ved undersøkelser må man også avgjøre om man skal ha en kvalitativ eller kvantitativ tilnærming, hvor man ved kvalitative undersøkelser samler inn ord, mens man ved kvantitative undersøkelser samler inn tall (ibid). Ved en kvantitativ tilnærming har man som utgangspunkt at den sosiale virkeligheten, f. eks ved en arbeidsplass, kan måles ved hjelp av metoder og instrumenter som gir informasjon i form av tall, hvor man igjen kan bruke statistiske teknikker for analyse (ibid):

Analysearbeidet blir da å arbeide med forhåndsgitte kategorier som man prøver å beskrive gjennom ulike målingsprosedyrer (Grenness, 1997). Ved f. eks kvantitative intervjuer forutsetter man at man som intervjuer kan presse sin forståelse av virkeligheten inn i faste predefinerte svaralternativer (Jacobsen, 2000). Dette kan øke graden av undersøkereffekt, da man før intervjuene allerede har ulike forventninger til svar, noe som kan medføre at man ikke får en korrekt framstilling av hva respondentene tenker. Man kan da diskutere om man ved kvantitative undersøkelser ikke måler noe annet enn undersøkerens forståelse av problemet, da det er undersøkeren som definerer spørsmål og svaralternativer. Kvalitative undersøkelser kan ses på som en reaksjon til den naturvitenskapelige tilnærmingen til sosiale fenomener, hvor man ved kvalitative undersøkelser får en forståelse av hvordan den sosiale virkeligheten blir tolket, og analysearbeidet blir da preget av å finne de kategorier som best beskriver de fenomener vi undersøker (Grenness, 1997). Dette ved å tolke kroppsspråk og valg av ord (Jacobsen, 2000).

Jacobsen skriver også at den kvalitative skole har kritisert kvantitative metoder for å være lite fleksible, da man f.eks. ved intervjuer ikke kan endre spørreskjema etter intervjuobjektets virkelighet (Jacobsen, 2000). Kvalitativ metodes fleksibilitet kan f.eks. bli benyttet ved utførelse av intervjuer da man enkelt kunne bruke samme intervjueskjema og få lange, gode og forskjellige svar på de samme spørsmålene, samt at man kan tolke situasjonen, kroppsspråk og valg av ord for å kunne tolke svarene ytterligere. Kvalitativ metode har som nevnt tidligere fordeler som at man ikke har

begrensninger på de svar respondenten gir, og det kan sies at man vektlegger detaljer, nyanserikdom og det unike (ibid). Jacobsen nevner *åpenhet* som et sentralt stikkord, dvs. at det er de situasjoner eller mennesker som man undersøker som bestemmer informasjonen man får inn. Dette kan gi høy intern gyldighet, hvor man får belyst den «riktige» forståelse av en situasjon eller fenomen. Hvor åpenhet gir en nyansert, individuell og unik forståelse av et fenomen. Et annet viktig stikkord er *nærhet*, dvs. at man kommer under huden på respondenten (ibid) og deretter få mer åpenhet. Problemet er når man kommer for tett, og evt. mister evnen til kritisk refleksjon (ibid). *Fleksibilitet*, dvs. metodens evne til å kunne endre problemstilling etter hvert som man får vite mer gjør det til en interaktiv metode. Man må her være forsiktig da det stadig dukker opp ny informasjon, slik at man unngår å komme inn i en ond sirkel (ibid). Graden av åpenhet, nærhet og fleksibilitet gjør metoden tid og ressurskrevende, og man velger derfor ofte et intensivt design med mange variabler (hva man får ut av respondenten) med få enheter (respondenter) (ibid). Men få respondenter gir problemer når det kommer til representativiteten til de spurte, og en kan diskutere om respondentene er representative for andre enn seg selv (ibid). Kvalitative undersøkelser generer også en hel del tekst, som igjen er ustrukturert og krever en del arbeid grunnet sin nyanserikdom for å kunne organisere informasjonen (ibid). En kan også være kritisk til undersøkernes evne til å ta inn over seg alle detaljer og nyanser, da mennesker er lært opp til å se noe og overse noe annet, altså at det foregår en ubevist siling av informasjon (ibid). Valget om å gå for en intensiv (dyp) eller ekstensiv (bred) undersøkelse er avhengig av valget om en ønsker å studere et fenomen (dyp), eller om man ønsker en bred tilnærming med mange undersøkelsesenheter (ibid). En blanding av bredde og dybde sees på som ideell, hvor lange intervjuer, lang tid på å samle inn data, samt at den informasjonen man innhenter blir detaljert, krever mye analyse- og etterarbeid (ibid).

## 2.1 Gyldighet, relevans, pålitelighet og troverdighet

Med *gyldighet* og *relevans* menes at det man måler er det man ønsker å måle, at det som måles er relevant. Relevans kan igjen deles inn i intern og ekstern relevans. Intern relevans går ut på om det man måler er et direkte resultat av hva man målte, eller om det egentlig er en følge av en annen faktor, og at det da egentlig er den man har målt (Jacobsen, 2000). Ekstern relevans går ut på om resultatene er overførbare til andre sammenhenger, altså i hvilken grad funn kan generaliseres og også gjelde i andre sammenhenger (ibid). *Pålitelighet* og *troverdighet* betyr hvorvidt undersøkelsen er til å stole på, gjennomført på en troverdig måte, og en måte som vekker tillit, kort sagt at leddene i prosessen er fri for unøyaktigheter (Dalland, 2000) og at man ved å gjennomføre undersøkelsen to ganger skal få tilnærmet likt resultat (Jacobsen, 2000). Bryman (2012) kaller sistnevnte dataens stabilitet, altså at dataen er stabil over tid, og at svarene fra en respondent ikke vil svinge.

Metodens nærhet eller distanse er en annen faktor som påvirker validiteten. En kan argumentere for og imot begge valgene. Hvor distanse har som mål å ikke la forskningsresultatene bli preget av hvem som gjennomførte forskningen, går kritikken mot distanse på at forholdet forsker-forsøksobjekt ikke er mulig å fjerne, og at alle former for undersøkelser krever en form for kontakt, og vil medføre en grad av undersøkelseeffekt (Jacobsen, 2000).

En annen faktor som påvirker påliteligheten er spørsmålsutformingen, den bør være presis og ikke gi rom for å tolke spørsmålet på forskjellige måter. F. eks kan man tolke «har du kjørt bil denne uken?» som siste syv dager eller som inneværende uke. En kort refleksjon over hvordan man selv vil svare kan avduke slike vanskeligheter (Bryman, 2012).

## 2.2 Valgt metode

Ved valg av metode ble kvantitativ metode vurdert som lite passende da fokuset var å kartlegge aspekter og ikke å kartlegge omfanget av aspektene, selv om man ved kvalitativ metode også kan få et vist bilde av omfanget. Ved å velge kvalitativ metode slipper man også å være redd for å ha tolket virkeligheten feil ved å ha pre-definerte spørsmål og svaralternativer. Kvantitative undersøkelser ble vurdert som lite passende da man ved automatisering vil kunne fjerne eller omplassere de produksjonsarbeiderne som den dag i dag utfører de repetitive aktivitetene. Tidsundersøkelser og aktivitetsobservasjoner ble på samme grunnlag vurdert som lite passende for oppgaven. Det ble på grunnlag av få respondenter, og at Lycro AS ville at oppgaven skulle omhandle produksjonsprosessen fra ferdig støpt produkt kommer ut av formen, vurdert som riktig å foreta kvalitative intervjuer for å avdekke positive og negative aspekter til dagens system, samt fremtidige løsninger. Kvalitativ metode gir intervjuerne innsikt i intervjuobjektens virkelighet, og på den måte vil man kunne se forskjeller og likheter mellom intervjuobjektene og deres arbeidshverdag. Man sikter etter åpne intervjuer for å få et best mulig bilde av intervjuobjektens hverdag, som er minst mulig preget av intervjuerne. Man prøver å få den riktige forståelsen av Lycro AS sin produksjon og situasjon, og åpenhet er da et viktig stikkord. Åpenhet gir metoden intern gyldighet, og det er lite tenkelig at innsamlet data er av ekstern gyldighet, da man hovedsakelig ser på Lycro AS og deres virkelighet. Kvalitativ metode er også fleksibel da man kan bruke de samme spørsmålene og få forskjellige svar avhengig av intervjuobjektets stilling og personlighet.

Graden av åpenhet, nærhet og fleksibilitet gjør metoden tid og ressurskrevende, og man velger derfor ofte et intensivt design med mange variabler (hva man får ut av respondenten) med få enheter (respondenter)(Jacobsen, 2000). Dette følte naturlig hos Lycro AS da det er en liten bedrift som resulterer i få intervjuobjekter. En blanding av bredde og dybde sees på som ideell, men lange intervjuer, lang tid på å samle inn data, samt at den informasjonen man innhenter blir detaljert og

krever mye analyse- og etterarbeid (ibid). En Dyp tilnærming passet derfor best hos Lycro da bedriften er liten og man ville kartlegge de ansattes tanker rundt effektivisering.

### 2.2.1 Pålitelighet og gyldighet

I arbeidet med å samle inn data er det benyttet ulike metoder for datainnsamling. Dette er observasjoner hos Lycro AS og Pipelife Norge AS, intervjuer og spørreundersøkelser samt data fra Lycro Kick-off (LKO), metoder for datainnsamling blir presentert i kapittel "2.3 Metoder for datainnsamling". Graden av korrelasjon mellom dataen vil være med på å underbygge dens pålitelighet og gyldighet.

#### *Pålitelighet*

Graden av pålitelighet er avhengig av hvorvidt dataen har mulighet til å bli tolket feil, og graden av pålitelighet må derfor sees på som størst ved observasjonene som er vår objektive forståelse av produksjonen hos Lycro AS.

Data samlet inn fra intervjuer kan være farget av en grad av undersøkelseeffekt da man som intervjuer bryter seg inn i hverdagen til arbeiderne, noe som kan påvirke svarene og graden av åpenhet. Av korrelasjonen mellom svarene som ble gitt under intervjuene er det naturlig å anta at graden av nærhet til intervjuobjektene ikke har farget svarene eller påvirket intervjuernes evne til kritisk refleksjon. Metodens nærhet eller distanse er noe man kan argumentere for og imot. Hvor distanse har som mål å ikke la forskningsresultatene bli preget av hvem som gjennomførte forskningen, går kritikken mot distanse på at forholdet forsker-forsøksobjekt ikke er mulig å fjerne, og at alle former for undersøkelser krever en form for kontakt, og vil medføre en grad av undersøkelseeffekt (Jacobsen, 2000). Det kan diskuteres om vi gjennom møter og dialoger med personer i ledergruppen har fått en større nærhet til ledergruppen, og deretter om det foreligger en markant forskjell i nærhet og distanse ved intervjuene. Man hadde i forkant av intervjuene gjort seg kjent på arbeidsplassen, og man kan tro at det naturlig foreligger et skille mellom frontlinjearbeiderne og ledergruppen, og dermed at ledergruppen har lettere for å snakke med intervjuerne da de kanskje kjenner seg litt mer igjen, hvor frontlinjearbeiderne distanserer seg.

Data fra spørreskjema har mindre pålitelighet da man har få undersøkelsesenheter og hvor svarene er fra subjektive kilder som har fylt ut skjema selv, og graden av forståelse av spørsmålene er derfor uvisst. Men spørreskjema var ment som supplement for å underbygge intervjuene, og korrelasjonen mellom dataen er med på å bygge opp om dens pålitelighet.

Data fra LKO er data fra ledelsen i Lycro AS og dataens pålitelighet er derfor farget av situasjonen dataen er samlet inn i. Dataen blir hovedsakelig brukt til å underbygge dataen fra intervjuene, og korrelasjonen mellom dataen vil være med å underbygge dens pålitelighet og stabilitet.

Når man har fått systematisert dataen fra alle metoder vil dataen bli sett i sammenheng for å kunne underbygge pålitelighet og troverdighet, se kapittel «4.5 Sammenfallende data».

### **Gyldighet**

Gyldighet og relevans er hvorvidt man har målt det man ønsker å måle og om det er relevant. Dataen som er blitt samlet inn er gyldig og relevant for oppgaven og innehar høy intern relevans for Lycro AS, ekstern relevans er det vanskelig å si noe om, men man kan anta at innsamlet data ikke er av ekstern relevans da svarene og observasjonene er preget av bedriftens produksjon og tilhørende prosesser. Den interne relevansen vil også bli forsterket ved korrelasjon mellom dataen fra intervjuer, spørreskjema og LKO.

## **2.3 Metoder for datainnsamling**

Oppgavens arbeid ble utført innenfor en tidsramme på ca. 4 måneder, hvor arbeidsplassen varierte fra å være på Lycro sine kontorer, hjemme, på et utall biblioteker i Trondheim omegn eller hos SINTEF ved Lerkendal. Lycro AS oppfordret til ustruktureret interaksjon med selskapets ansatte, dette i form av både spontan- og formalisert møtevirksomhet med alle ansatte ved Leksvik.

Masteroppgavens fokus er sammenfallende med Lycro AS sine pågående effektiviseringsprosjekt, hvor de ser på effektivisering vha. innføring av Lean, samt en overgang fra manuelt utførte arbeidsoppgaver til automatiserte oppgaver. Dette kan sees på som svært gunstig for bedriften, da tilgjengeligheten på verdifull informasjon rundt tema økes. Dette parallele arbeidet rundt tema, og delvis metodene som ble brukt for innsamling av data, gjør at masteroppgaven bærer preg av aksjonsforskning. Forskningsdesignet i oppgaven innebærer innhenting av informasjon via flere metoder, der grader av struktur er varierende. Følgende nevnes de metoder brukt for innhenting av informasjon:

### **Observasjoner**

Det ble tidlig foretatt observasjoner ved Lycro AS sin produksjonshall for å kartlegge utfordringer og muligheter ved effektivisering. Observasjonene var av kvalitativ art, hvor inntrykkene man gjorde seg ble notert og tatt bilde av. Observasjonene ble brukt som et grunnlag for resten av oppgaven.

Basert på observasjoner hos Lycro ble det også utført en liknende befaring hos Pipelife Norge AS, Norges største produsent og leverandør av rørsystemer i plast. Pipelife Norge AS er en del av Pipelife-gruppen, som er blant Europas ledende produsenter innen plastrør og tilbehør. Besøkets fokus var å observere og kartlegge behov, muligheter og problemer ved en effektiviseringsprosess preget av automatisering.



### *Strukturerte intervjuer (vedlegg 1)*

I tråd med Lean-teoriens fokus på viktigheten av ansvarliggjøring ble det intervjuet frontlinjearbeidere og personell fra ledergruppen. Det ble valgt intervjuobjekter med mest mulig direkte involvering i produksjonen, respondenter, men det ble også vurdert som hensiktsmessig å inkludere ansatte fra ledergruppen, informanter, i tolkningen av produksjonsproblemer. Hensikten med intervjuene var å kartlegge styrker og svakheter i alle arbeidsrelevante, omkringliggende faktorer rundt intervjuobjektet. Studentene stilte spørsmålene verbalt, og noterte svarene fortløpende på medbrakt datamaskin. Spørsmålene som ble stilt var i hovedsak vinklet mot produksjonsavdelingen, men de ble allikevel stilt til formstillere, tilretteleggere og ledelsen for å få et helhetlig bilde gjennom interaksjon med både respondentene og informantene gjennom produksjonsverdikjeden.

### *Spørreskjema (vedlegg 2 og 3)*

Grunnet mangel på tilgjengelige operatører grunnet skiftarbeid ble det utarbeidet et spørreskjema på både norsk og engelsk som ble besvart ved skiftets start. Det ble vurdert som tilstrekkelig å utføre undersøkelsen via spørreskjema, da intervjuene av produksjonsarbeiderne var kortere, med mer konkrete svar og mindre prat rundt tema, i motsetning til ledelsen (informantene) som kunne prate i evigheter rundt spørsmålene. Skjemaet ble delt ut ved skiftstart, hvor arbeiderne hadde fått satt av tid til undersøkelsen.

### *Lycro Kick-off 2014*

*Lycro Kick-off 2014* var et internt kick-off hos Lycro som fant sted før oppgavens oppstart.

Informasjonen ble gitt av styreleder Ivar S. Alsaker. De ansatte fikk her komme med konstruktive forslag til forbedringer som ledelsen har kommentert. Det ble også spurt om positive og negative aspekter innenfor eget fagområdet og i bedriften. Urelatert informasjon knyttet til personer og personlige forhold ble sett bort ifra. Øvrig data ble generalisert og konkretisert for å deretter kunne underbygge intervjuenes validitet.

### *Spontane dialoger med enkeltpersoner*

Den fysiske plasseringen av kontorer hos Lycro i Leksvik, ga gode muligheter til å konsultere med mellomledere og andre ansatte i bedriften. Det faktum at kontorene var lokalisert i 2.etg og produksjonshallen i 1.etg ga ingen hindringer til slike spontane dialoger, da man hadde full tilgang til produksjonsområdet 1.etg ved behov. Det ble også naturlig å foreta dialoger under lunsjen, hvor både produksjonsarbeidere og ledelsen var til stede.

### *E-post og telefon*

Grunnet stor avstand ble det ved flere anledninger brukt e-post og telefon for utveksling av detaljinfo, bilder, støtteinformasjon m.m. Samtaler over telefon har hatt en uformell tone, og

relevant informasjon er blitt skrevet ned, eller blitt brukt i videre tolkning. E-post er brukt i mindre grad til informasjonsinnhenting, men i en noe større grad til å opprettholde kontakt og ved korte spørsmål.

### 2.3.1 Gjennomføring

#### *Observasjon*

Det ble utført observasjoner av Lycro sitt produksjonsområde tidlig i prosjektet. Det man fikk se var et produksjonsområde med preg av dårlig verktøyutnyttelse og med en stor grad av manuelt utførte oppgaver. Det ble derfor foretatt et besøk hos Pipelife Norge AS, avdeling Surnadal. Pipelife Norge AS er en bedrift som tidligere har vært i noe av den samme situasjonen som Lycro AS, hvor de var nødt til å effektivisere. De driver med sprøytstøping i stor skala, men har en noe annen produktkatalog enn Lycro AS, da de i mye større grad produserer et fast antall produkter over lengre perioder, og at de i mindre grad blir presset på pris av sine kunder, som f.eks. Håg og Lycro AS.

#### *Gjennomføring av intervjuer*

Utgangspunktet for gjennomføring av intervjuer var å få en større forståelse for hvordan Lycro AS kan effektivisere produksjonen. Med forståelse menes da ikke bare studentenes forståelse, men også arbeidernes forståelse for hvordan og hvorfor Lycro AS må effektivisere produksjonen.

Tanken med undersøkelsen var å kartlegge de ansattes syn på dagens system, hvordan de tror bedriften er posisjonert i markedet, hvorvidt de har de ressurser de trenger og hvordan de vil at produksjonssystemet skal være i fremtiden. Det ble utarbeidet 10 spørsmål, med tilhørende sju underspørsmål, av kvalitativ art for kartlegging av de ansattes tanker rundt effektivisering.

Intervjuenes varighet varierte veldig da det var stor forskjell i hvor mye hver enkelt uttalte seg, der produksjonsarbeiderne ble intervjuet i mellom 10-20 minutter og ledelsen ble intervjuet i 30-60 minutter. Dette var en varians som oppstod naturlig, og det kan diskuteres om hvorvidt det er et resultat av undersøkelseeffekten eller om det er et resultat av at ledergruppen har en bredere oversikt over bedriftens problemer, framtidsplaner, økonomi etc. det er derfor lite tenkelig at det foreligger en undersøkereffekt knyttet til nærhet som skal ha påvirket intervjuene i den grad. Det ble foretatt 4 intervjuer av ledergruppen og 5 intervjuer av produksjonsarbeidere, intervjuene ble foretatt over to dager. Intervjuene fant sted hos Lycro AS Leksvik, på ledernes kontorer eller på pauserom valgt av de forskjellige respondentene. Under intervjuene ble arbeidsoppgavene delt slik at en person avholdt intervjuet og den andre personen skrev ned det som ble sagt. Båndopptaker ble vurdert for å øke reliabiliteten, men ikke brukt da vi ville ha frie dialoger hvor intervjuobjektet ikke skulle føle at det som ble sagt ville ha negative følger. Valgt utførelse bidrar også til å anonymisere intervjuobjektene, noe som vi tror bidrar til en åpen og ærlig dialog. I etterkant av intervjuene ble

svarene bearbeidet og generalisert ved behov. Første dag med intervjuer ble brukt til å intervju ledergruppen i andre etasje, grunnet stor pågang i produksjonsavdelingen. Produksjonsarbeiderne ble intervjuet neste intervjudag. Hvorvidt det at intervjuene ble foretatt over to dager har påvirket svarene er ikke umulig, men mest sannsynlig foreligger det liten eller ingen effekt, da korrelasjonen mellom svarene var tenkelig og sannsynlig. God korrelasjon mellom svarene bygger også opp om at intervjuene er av intern relevans.

Videre diskuteres hvorvidt det ved intervjuene foreligger noen undersøkereffekt som følge av språk, utforming og intervjuform. Intervjuene startet med å spørre om respondentens eller informantens stilling og hvor lenge ansettelsesforholdet har vedvart, for videre å få personen til å fortelle om sin arbeidshverdag som et oppfølgingsspørsmål. Dette var ment som et oppvarmingsspørsmål for å starte samtalen, og for å få personen til å tenke over sin egen arbeidshverdag. Videre ble det stilt åpne spørsmål som f. eks spørsmål 4, «Får du tilstrekkelig informasjon til å kunne jobbe effektivt i din arbeidshverdag?». Spørsmål 4 er ikke i seg selv et åpent spørsmål, men tenkt som en myk overgang for å få respondenter og informanter til å starte tankeprosessen rundt spørsmålet tema. Som følger kommer da mer utdypende spørsmål som «Hva mangler, og hvordan tror du dette kan løses?» og «hvor mange ganger i løpet av en arbeidsdag forlater du arbeidsstedet for å søke informasjon du trenger i arbeidet?». Ved intervjuene var man fokusert på i minst mulig grad å påvirke svarene, og spørsmålenes oppbygning var et ledd i denne prosessen. Videre ble det forsøkt å bruke enkle begreper for å i minst mulig grad være nødt til å forklare spørsmålene, da man ofte tyr til eksempler i forklaringer, noe som kan styre personens tanker og bidra til økt undersøkereffekt. Intervjuene ble som nevnt tidligere avholdt på ledelsens kontorer eller hvor frontlinjearbeiderne selv syntes det passet best. Dette var for å ikke dra intervjuobjektet ut av komfortsonen, og få de til å føle at undersøkelsen er en del av bedriften. Spørsmålene ble også brukt som grunnlag for spørreskjema.

### *Gjennomføring av spørreskjema*

Det ble delt ut et spørreskjema til de resterende frontlinjearbeiderne fordi en del arbeidere jobber skift og ikke var til stede ved intervjuene eller at de ved intervjuene ikke hadde tid å avse. Det ble etter fullførte intervjuer sett på forskjellen på svar gitt fra ledelsen og produksjonsarbeiderne, og deretter vurdert som tilstrekkelig å gjennomføre spørreundersøkelser til de resterende frontlinjearbeiderne. Intervjukjemaet ble noe omformulert etter observasjoner gjort under intervjuene for å legge en større vekt på personlige følelser rundt tema, og for å demme opp for at arbeiderne ikke kunne komme med spørsmål knyttet til skjema og for å gjøre undersøkelsen mer kortfatende (5-10 minutter). Spørsmål ble f.eks. omformet fra å være konkrete, «Hva er de vanligste årsakene til stans i produksjonen?», til å bli mer vinklet inn mot hver ansatt, «Hva er de vanligste

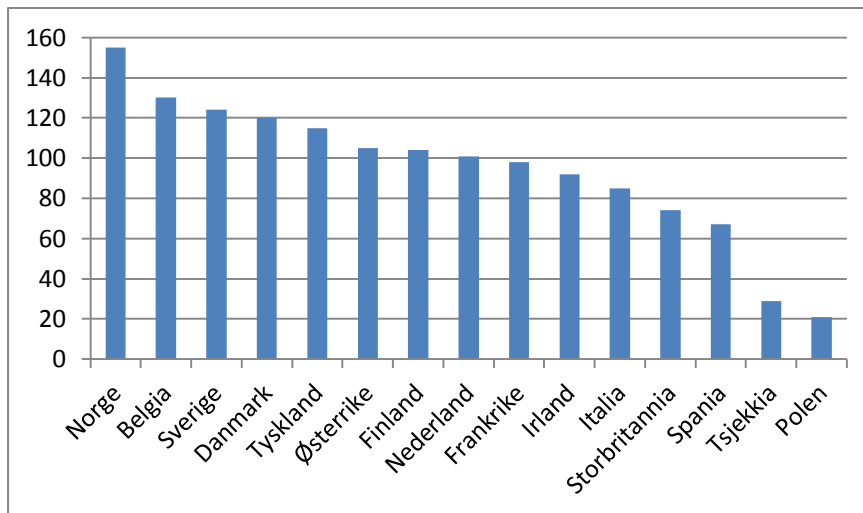
årsakene til stans i din arbeidshverdag?». Spørreskjemaet ble også utarbeidet på engelsk, da Lycro AS har en del utenlandsk arbeidskraft.

## 2.4 Valg av teori

Valg av teori for oppgaven er gjort som grunnlag i studentenes personlige kompetanse og erfaring, samt Lycro AS ønsker og de igangsatte prosjektene deres; "Lean prosjekt 2014" og automatiseringstiltak ved bedriften. Det vil gås dypere i detalj ved de spesifikke teoriene under.

Valget av **Lean** som teori er basert på Lycro AS igangsatte Lean-prosjekt og studentenes erfaringer opparbeidet gjennom studiet. Studentene har hatt flere fag hvor Lean har vært tema, og det ble med bakgrunn av Lycro AS igangsatte prosjekt og studentenes erfaring vurdert som hensiktsmessig å se på Lean-teori i effektiviseringsprosessen. Teorien vil benyttes som et verktøy for å kunne kartlegge hindringer til en effektiv produksjon, altså en produksjon med minst mulig sløsing av ressurser og med best mulig flyt av informasjon, råvarer og ferdigprodukter. Lean-filosofien sikter på å minke kostnader, ha null defekte/vrak og minimalt med lager, og selv om Lycro AS har behov for lagerhold grunnet sine kunder, som f. eks Håg og deres JIT-system, ble det valgt å fokusere på en Lean orientert effektivisering. JIT ble ikke vurdert for Lycro AS da oppgaven hovedsakelig er rettet mot produksjonsprosessen, hvor en kontinuerlig forbedring av kostnader, vrak, lager og produktvariasjon er sentrale stikkord. Lean-teorien vil kunne brukes til å kartlegge forbedringsaspekter, men også til å foreslå endringer i bedriften for å kunne utbedre disse. Et eksempel på en slik endring er effektivisering ved hjelp av automatisering.

**Automatisering** er et verktøy for å oppnå lønnsom drift, høy sikkerhet, god kvalitet, energieffektivitet og bærekraftige løsninger med minst mulig grad av menneskelig interaksjon. Automatisering tas i bruk mer og mer i Norge, som følge av dagens globale markeder som gir en økt konkurranse fra utlandet, og da spesielt med tanke på kostnader knyttet til arbeidskraft. Ser man på de gjennomsnittlige timelønnskostnadene innen Norsk industri var de i 2013 anslagsvis 55 % høyere enn et handelsvektet gjennomsnitt av Norges handelspartnere i EU. Alternativt til automatisering kunne man utbedret nye designteknikker og planleggingsmetodikker for å oppfylle kundekrav, dette blir imidlertid ikke redegjort for i denne oppgaven.



Figur 6: Timelønnskostnader for 2013 i industrien i Norge, i forhold til industrien hos handelspartnene i EU20, i felles valuta. Handelspartnernes gjennomsnitt er 100, i figuren. Kilde: (TBU, 2014).

Norske bedrifter har derfor et behov for å effektivisere for å kunne konkurrere med land hvor det er lavere timelønnskostnader. Videre er arbeidskraft en knapp faktor, som impliserer at lønningsnivået øker relativt til kapitalprisene i det lange løp, noe som gjør automatisering økende lønnsomt, se f. eks (Acemoglu, 2003). Produktiviteten kan således påvirkes positivt av en automatisering.

For å kunne gjennomføre endringer i bedrifter er det viktig at det foreligger en forståelse om at endring er nødvendig. I den sammenheng har man sett på endringsledelse, og da spesielt Kotter's 8-stegsmodell som poengterer viktigheten av gjennomføringen av organisasjonsendringer, denne modellen styrkes videre ved bruk av PDCA-sirkelen, som setter fokus på kontinuerlig endring, hvor A3 kan sees som en praktisk anvendelse av PDCA-sirkelen. Til sammen kan de ansvarliggjøre ansatte fra alle avdelinger i bedriften, noe som er å finne igjen i Lean-teorien om ansvarliggjøring av ansatte.

## 3 Teori

### 3.1 Lean

Lean, eller *Lean Production*, er en populær tankegang innenfor effektivisering og bedriftsutvikling. Lean er en tilnærming av total-systemkontroll hvor man skal utvikle effektive operasjoner ved bruk av beste praksis konsepter, eksempelvis just-in-time, verdikjedestyring(SCM) og total-kvalitetsledelse(TQM) (Reid & Sanders, 2005, s 18). Begrepet ble internasjonalt kjent i forbindelse med det amerikanske studiet av den japanske bilindustrien på 1990-tallet av Womack et al. (2007). Utgangspunktet for trenden var Toyota Production System (TPS), som i sin tid skiftet fokuset fra de enkelte maskiner og deres bruk, til strømmen av produkter gjennom den totale prosessen. Liker (2004) har samlet en rekke begreper i 14 prinsipper som utgjør en oppskrift, som han kaller for The Toyota Way. Det er imidlertid to begreper som fremheves av Liker som de viktigste grunnsteinene i TPS, nemlig *JIT*<sup>20</sup> og *Jidoka*<sup>21</sup>, som sier at oppnåelse av kvalitet og «null feil» er hovedfilosofien.

Lean er imidlertid ikke begrenset til bilindustrien, det er en tankegang og filosofi som kan anvendes på flere områder. Man har for eksempel Lean Construction som ganske enkelt er tilpasset prosjektbasert industri. Det overordnede konkrete målet for både Lean Production, Lean Construction og andre former for Lean er å; «produsere mer, ved mindre arbeid og mindre ressurser.»

I Norden blir strukturen og organiseringen av arbeidslivet ofte kalt for den norske samarbeidsmodellen (Gustavsen, 2007), hvor *bred medvirkning* fra ansatte fremstår som det sentrale kjennetegnet ved modellen (Toulmin & Gustavsen, 1996). Modellen integrerer teknisk-organisatoriske forhold, som blant annet Jidoka, i en organisasjonsmodell som fokuserer på evnen til å skape endring (Klev & Levin, 2009). Videre har den norske modellen flere likhetstrekk med Lean-tankegang, blant annet demokrati, som følge av en «bottom-up» tankegang som muliggjør medvirkning og ansvarliggjøring av ansatte.

#### 3.1.1 Redusert ledetid

Effektiv styring av ledetid er fundamentalt for å gjennomføre en sunn strategi, definert som, et sett planer og retningslinjer for hvordan bedriftens ressurser best kan utnyttes for å skaffe seg fordeler vis-à-vis konkurrentene. Sløsing som forekommer i løpet av prosessen vil være tapt tid, denne tapte tiden fører igjen til økt ledetid i prosessen. Under følger en formell for beregning av ledetid, nyttiggjort av blant annet Koskela (2000), som redegjør for muligheter til å påvirke ledetiden.

---

<sup>20</sup> JIT = Just-in-time; Tilpasset levering av varer slik at det ikke forekommer sløsing i form av venting og lagerhold.

<sup>21</sup> Jidoka = Automatisering kombinert med menneskelig intelligens.

**Ledetid** = Prosesseringstid + inspeksjonstid + ventetid + tid til bevegelse

Det tas imidlertid noen forutsetninger, nemlig at sløst tid stiger ved økende grad av kompleksitet og avhengigheter. Det vil derfor finnes et betydelig potensial for å redusere ledetiden og sløsing med tanke på Lycro AS sin produktmiks, både med hensyn til vekt, størrelse og form på produktene som lages.

Toyota utviklet sitt eget produksjonssystem, hvor de la fokus på å fjerne sløsing i produksjonen, som resulterte i syv kategorier for sløsing.

### 3.1.2 De syv formene for sløsing

Sløsing, eller «muda» er et uttrykk som stammer fra «The Toyota Production System» (TPS), som betegner aktiviteter i prosessen som ikke tilfører produktet noe verdi. De aktivitetene som tilfører verdi blir kalt «verdiskapende aktiviteter», og de som ikke tilfører verdi blir kalt «ikke-verdiskapende aktiviteter», eller sløsing. Det finnes også en blanding av de to, nemlig «nødvendige, men ikke-verdiskapende aktiviteter», som ikke tilfører produktet noen verdi, men som er nødvendig for å kunne utføre verdiskapende aktiviteter. Målet for enhver organisasjon bør være kun å utføre de aktivitetene kunden er villig til å betale for (Liker, 2004).

### 3.1.3 Transformasjon, flyt og verdiskapning i produksjonsprosessen

Produksjon kan deles opp i tre separate deler, nemlig transformasjon, flyt og verdiskapning, som også blir kalt for TFV-modellen. Koskela, Rooke, Bertelsen og Henrich (2007) beskriver **transformasjon** metafysisk som forandring og tilblivelse, men også økonomisk; som forholdet mellom input og output. I den tradisjonelle oppfattelsen av produksjon blir input og output sett på som ting eller materie, hvor transformasjonen blir sett på som en svart boks. Transformasjonen kan videre deles opp i mindre svarte bokser, deltransformasjoner, som forklarer forandring ved å se bort ifra selve arbeidet som blir gjort, altså illustreres produktets egenskaper over tid. Man kan se for seg 5 forskjellige bilder av et produkt i produksjonen, hvor bildet blir tatt etter hver arbeidsstasjon i produksjonen, også kalt deltransformasjoner. Koskela m.fl. (2007) presiserer derfor at det tradisjonelle synet på produksjon går inn under ting-basert metafysikk, hvor transformasjonen blir sett på som lineær, flyten ikke lineær og hvor verdiskapningen er oppdukkende. Dette skaper i sin tur feil resultater om én bruker en ting-basert metafysisk konseptualisering.

En motsetning til den ting-baserte forståelsen av transformasjon, flyt og verdiskapning, med inspirasjon fra Shingo (1988), er å bytte ut det tradisjonelle synet av transformasjon med arbeid (Koskela, 2007), altså at transformasjonen skjer via menneskelig eller maskinelt arbeid. Den prosessorienterte forståelsen av TFV ser på transformasjon som en interaksjon mellom maskin, mennesker og materiale, flyt er bevegelsen av materiale og informasjon (tradisjonelt kalt logistikk),

mens verdiskapning blir sett på som prosessen med å designe og produsere produkter som oppfyller kundenes krav.

Hvordan **Flyt** fungerer blir av Kalsaas (2013) forklart via en metafor om en elv. Elva renner med en viss glatthet, intensitet og kvalitet (mer eller mindre turbulent). Vannet representerer tilgjengelige arbeidstimer for arbeidsgiver – som er delt mellom produktivt arbeid (direkte arbeid, indirekte arbeid, planlegging og HMS arbeid) og sløsing (venting, nedetid o.l) (Kalsaas, 2013).

Flyten mellom aktivitetene, eller mellom arbeidet, kan deles opp i to faktorer, en beskrivende for intensitet/mengde, og en for jevnhet/fravær av variasjon (Salthaug & Sørensen, 2010). Jevnhet kan sees i sammenheng med de syv forutsetningene for sunne aktiviteter, hvor man ved å ha sunne aktiviteter vil kunne forutsi arbeidsintensitet, materialbruk, bemanning etc. i en tidlig fase og på den måte være klar til å motta, utføre og sende videre en sunn aktivitet til neste stasjon. Dette medfører at en produksjonsprosess hvor man produserer i høyt volum, men med jevnlig avbrudd, ikke vil inneha god flyt. Det samme gjelder en produksjonsprosess med lite volum uten hyppige avbrudd. For å ha en god flyt er man altså avhengig av at produksjonsprosessen har både høyt volum og en stor grad av jevnhet.

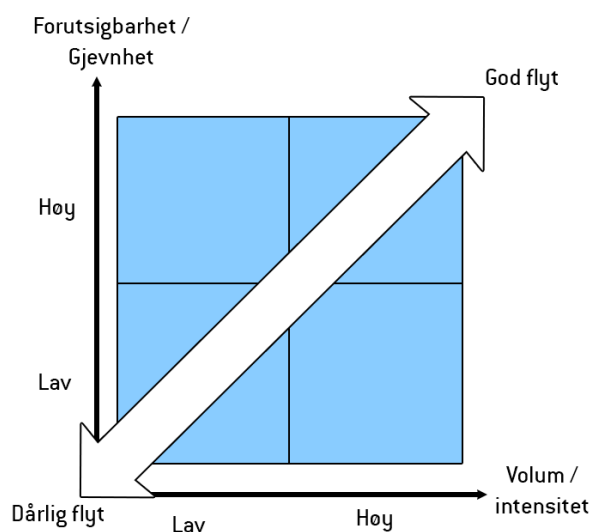
Som figur 7 viser, kan produksjon skje med ulike kombinasjoner av jevnhet og volum, som resulterer i ulik flyt, men for å oppnå god flyt er man avhengig av at begge verdiene er høye.

En høy grad av jevnhet muliggjør en mer nøyaktig planlegging, kalibrering og plassering av ressurser (Ellingsen & Fredriksen, 2012). I tillegg vil den redusere innslag av making-do (Koskela, 2004).

Således er jevnhet viktig for å utvikle en

stabil produksjon da stor variabilitet ved mengde og tidsbruk øker sannsynligheten for at sløsing oppstår. Tilsvarende ved få forstyrrelser, vil vi ha en indikator på at flyten er god, som tilsvarer den intuitive forståelsen av flytbegrepet (Kalsaas, 2013)

Koskela (2000) presenterer flere teknikker for hvordan flyt kan skapes, blant annet reduksjon av varer i arbeid, lager samt andelen ikke-verdiskapende aktiviteter. Videre hevder han at de



Figur 7: Sammenhengen mellom volum og jevnhet, som til sammen utgjør flyt.



forhold som skaper variasjon, må angripes. Det påpekes også at fleksibiliteten må økes, prosessene må forenkles med hensyn på antallet trinn og relasjoner og det må tilrettelegges for økt gjennomsiktighet.

Det tredje og siste perspektivet er **verdiskapning**. Verdi er et relativt uttrykk, og vil inneha forskjellige betydninger om sett fra forskjellige synsvinkler. I denne sammenheng defineres det ikke av aksjonærene i bedriften, ikke av innovasjons og utviklingsavdelingen, men av den personen som skriver ut sjekken, nemlig kunden. Verdiskapning omhandler kundefokuset, som kan ivaretas ved å produsere etter kundens krav, ønsker og behov (Koskela, 2000). Man kan si at verdi er hva som helst kunden er villig til å betale for.

Disse tre perspektivene erkjenner at det er tre essensielle entiteter i produksjon: Arbeidere, ofte omtalt som ressurser, materialer og kunder. Så vell som prosessene som er knyttet opp til hver av de, som må dekkes for å kunne nå en komplett konseptualisering av produktet.

Under følger syv usorterte avsnitt om sløsing, basert på de syv formene for sløsing fra (Toyota Production System (TPS)). Man kan bemerke seg at dersom aktiviteter kan klassifiseres innenfor en av disse syv kategoriene anses det å være synlig sløsing.

**Overproduksjon**, altså produksjon av produkter som kunden ikke har bestilt, og som da bedriften ikke får betalt for, er ifølge Ohno (1988) den verste formen for sløsing da dette igjen bidrar til blant annet de 6 andre formene for sløsing. Eksempelvis kan en overproduksjon av et produkt medføre unødvendig lagerhold og overbemanning, som er to kategorier innenfor TPS syv former for sløsing.

**Overdrevent stort lagerhold** medfører unødvendige kostnader i form av lagerkostnader, men kan også forårsake forsinkelse av informasjon eller produkter som resulterer i dårlig kundeservice. Råvarelagre, ferdigvarelagre og bufferlagre kan skjule dårlig produksjonsplanlegging og dermed holde problemer skjult under overflaten. Slike problemer kan være sene leveranser fra leverandører, unødvendige lange omstillingstider, stopp i produksjonen og feil på produkter.

**Overprosessering** er utøvelsen av arbeidsprosesser med feil bearbeiding, dette kan være feil bruk av verktøy, prosedyrer eller systemer. Dette blir sett på som sløsing da det foreligger en enklere tilnærming som kan være mer effektiv. Dersom et produkt produseres med bedre kvalitet eller behandlingen av produktet gjøres mer komplisert, enn nødvendig, kategoriseres det som sløsing og blir ofte kalt «overbehandling».

**Unødvendig transport** medfører unødvendig forflytning av mennesker, varer og informasjon som resulterer i sløsing av tid og kostnader. Flytting av varer som er i arbeid går også innenfor denne kategorien, som vil si at uten en god layout i produksjonslokalet vil man ha sløsing. For eksempel vil flytting av varer fra et prosesssteg til et lager og så til neste prosesssteg, når det andre steget kunne vært lokalisert rett etter det første steget, inneha sløsing i prosessen. Dette begrunnes i at all form for transport regnes som ikke-verdiskapende arbeid, om det skal være komponenter eller råvarer som flyttes mellom transformasjonsprosesser eller mellom lager.

**Venting** vil si at perioder med inaktivitet, hvor mennesker, informasjon eller varer står på vent, medfører sløsing. Dette kan være operatører som står uvirksomme mens maskiner går, fordi utstyr feiler, nødvendige deler ikke dukker opp, etc. Dette resulterer i dårlig flyt og lengre ledetid.

**Unødvendig bevegelse** kan komme av et dårlig utformet arbeidsmiljø hvor det er dårlig ergonomi på arbeidsplassen. Dette kan resultere i operatører som gjør bevegelser som er slitsomme eller unødvendige, slik som å lete etter deler, verktøy, dokumenter etc.

Dersom det forekommer **produksjon med feil/mangler** kan det medføre defekte komponenter, som igjen må inspiseres, omarbeides eller kasseres. Dette medfører sløsing av tid og ressurser.

Dersom man ikke tar hensyn til at de syv forholdene skal være oppfylte før neste aktivitet iverksettes, vil utfallet være at den planlagte aktiviteten gjennomføres med suboptimale løsninger. Følgen av dette vil igjen være at produktiviteten minker (Koskela, 2000). Han argumenterer videre at dersom en aktivitet settes i gang uten de syv forutsetningene, vil de påfølgende suboptimale løsningene resultere i en dårligere kvalitet og produktivitet, samt en økt sløsing av materialer og en større sannsynlighet for at uhell inntreffer.

Det er viktig å merke seg at det finnes andre former for sløsing som ikke er inkludert i de klassiske syv. For eksempel kan det være at en arbeiders kunnskap og talent ikke blir brukt, som medfører at verdifulle ressurser ikke brukes. Dette kan igjen redusere de aktuelle arbeidernes totale tilfredsstillelse i jobben, som påvirker arbeidernes motivasjon og energi og dermed deres effektivitet.

I praksis er det vanlig at mange aktiviteter ikke møter de syv forholdene nevnt over. Følgen av dette er som regel at man improviserer etter beste evne for å gjennomføre med de forutsetningene man har. Om mulig bør man vurdere å utsette de usunne aktivitetene, da de påvirker flyten negativt, men veldig ofte i industrien vil man være avhengig av en aktivitet for å kunne utføre en annen, og dermed blir *making-do* praktisert.

### 3.1.4 Making-do

I Koskelas bok fra 2004, «Making-do - the eighth category of waste», redegjør han for en åttende faktor for sløsing, kalt Making-do. Dette begrepet omfatter å sette i gang prosesser uten at de syv forutsetningene for sunne aktiviteter er til stede. Med andre ord må man gjennomføre en prosess med mangelfulle ressurser som igjen kan føre til andre mangler i prosessen eller på produktet/delen. Making-do forekommer hovedsakelig ved stans i fremdriften, da stopp i fremdriften er mindre ønskelig enn en suboptimalisert prosess. Spørsmålet om å iverksette making-do er spontant, og kan bære preg av brannslukning. Konseptuelt er making-do en motsetning til bufferlagring som kommer på plass før prosessen starter, hvor making-do tiltaket iverksettes etter at prosessen er startet. For å redusere bruken av making-do vil en hensiktsmessig planleggingsmetodikk som fokuserer på de syv foregående faktorene til sløsing styre unna situasjoner der den åttende formen kan forekomme.

Ronen (1992) definerte ikke making-do, men beskrev heller den ideelle situasjonen hvor making-do ikke var nødvendig; den komplette utstyrspakken. En komplett utstyrspakke er, ifølge Ronen, settet av komponenter, tegninger og informasjon som trengs for å gjennomføre en gitt montering, delemontering eller en prosess. Konklusjonen er derfor at arbeid skal ikke starte før alt av utstyr som kreves av prosessen, er tilgjengelig.

Det viktigste med tanke på å eliminere making-do, er å ha en standard for handlingsforløpet, samt de oppgavene som til enhver tid skal utføres. Slik vil man unngå at ting blir tatt på sparket.

Det er imidlertid viktig å poengtere at making-do i seg selv ikke nødvendigvis er sløsing, men at det er en prosess som kan føre til sløsing. Vi har likevel valgt å kategorisere det som en kilde for sløsing da vårt fokus ligger på endringsarbeid i forbindelse med produksjonslokalet, hvor man sikter etter «best practice» og ikke halvferdige løsninger som bare fungerer.

#### *Hva er konsekvensene av making-do?*

Fra et teknisk synspunkt vil prosesseringstiden være varierende, men likevel økende. Denne økte variabiliteten fører til mer pågående arbeid, som er ekvivalent med lengre ledetider. Den økte prosesseringstiden leder til en nedgang i produktivitet og en økning i driftskostnader. Videre vil en økt andel pågående arbeid kreve en økning i kompleksitets kontroll. En intrikat konsekvens av making-do er også dårlig kvalitet, hvor det forekommer flere vrak og mer omarbeid.

Atferdsmessig vil man se en nedgang i sikkerhet på arbeidsplassen, forårsaket av making-do. Forklaringen til denne nedgangen finner man i arbeidsforholdene ved making-do. Ved å arbeide etter en making-do strategi vil man merke en nedgang i arbeidernes motivasjon så vell som en dårligere innsats med tanke på å sikre manglende faktorer i produksjonen for å ivareta sunne aktiviteter og for å unngå making-do.

### 3.1.5 Endringsledelse

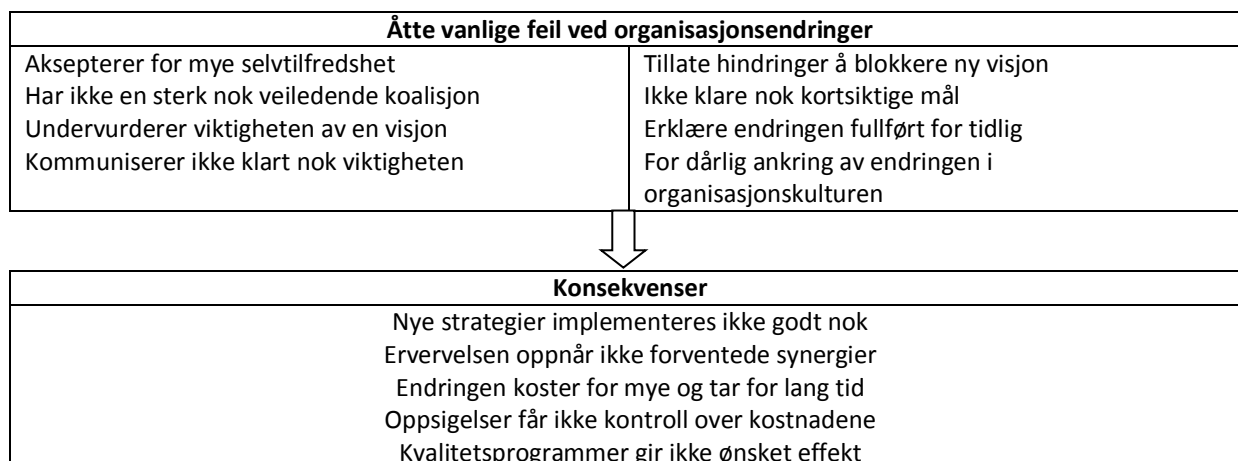
Endringsledelse er fenomenet ved å tilrettelegge for at organisasjonen skal komme seg til ønsket situasjon med akseptabel risiko, og ingen eller positiv innvirkning på produktiviteten. Med dette menes å mestre utvikling av endringskapasitet i organisasjonen samt å kunne iverksette og lede utviklingsprosesser.

Steven Spear (2004) redegjør for i sin artikkel «Learning to Lead at Toyota», problematikken med at bedrifter som implementerer Lean, fokuserer alt for mye på verktøy som A3, Gemba walks, 5S og 5 why's, og ikke på de grunnleggende tankene fra TPS om hvordan man skal gjennomføre endringer.

Videre er en av de viktigste årsakene til at endringsprosjekter ikke fører frem, at endringsprosessene ikke ledes. Det er ofte fordi endring og endringsledelse ikke er definert som en konkret oppgave og utfordring (Hennestad, Revang & Strønen, 2012).

#### *Kotters modell*

De metoder som benyttes i enhver suksessfull endring har generelt én ting til felles; en forståelse for at større endringer ikke skjer enkelt, som følge av en rekke årsaker. Dette gjelder blant annet dårlige produkter, høye kostnader, lav tillit og en generell frykt for det ukjente. Det vil mest sannsynlig alltid forekomme problemer/ulempene i forbindelse med organisasjonsendringer, og til dels vil noen av disse ulempene være uunngåelige. Likevel kunne flere av de negative effekter av endringer vært unngått dersom problemene hadde vært adressert på en hensiktsmessig måte. Kotter (1996) identifiserte åtte fundamentale feil som blir begått ved organisasjonsendringer og hvilke konsekvenser disse medfører, som visst i figur 8.



Figur 8:Åtte vanlige feil og konsekvenser av disse, oversatt og basert på Kotter (1996).

Deretter har Kotter utviklet en modell med åtte steg som adresserer de fundamentale feilene for å danne et grunnlag hvor man kan gjennomføre endringer på en hensiktsmessig måte. Modellen er anvendbar ved enhver endring av enhver størrelse. Modellen kan videre deles opp i tre deler, som samsvarer med Lewins modell. De fire første stegene skal «tine opp» organisasjonen, steg fem til sju

skal introdusere ny praksis til organisasjonen, og det siste steget skal forankre endringene slik at de bli vedvarende. For dypere lesning angående Lewins modell henviser vi til (Hatch & Cunliffe, 2006).

Åtte steg for å håndtere endringer
<b>Forbered endringen</b>
<b>Steg 1 - Skape en forståelse for at endringen haster og er nødvendig</b> Undersøke markedet og konkurransen Identifisere og diskutere kriser, potensielle kriser og muligheter i markedet/bransjen
<b>Steg 2 - Opprette en veiledende koalisjon</b> Sette sammen en gruppe med nok makt til å lede endringen Engasjere gruppen til å jobbe sammen som et team
<b>Planleggingsfasen</b>
<b>Steg 3 - Utvikle en visjon og en strategi</b> Utvikle en visjon for å vise vei for endringsprosessen og strategier for å oppnå visjonen Klargjøre konkret hva som skiller det nye fra det gamle
<b>Få ting til å skje</b>
<b>Steg 4 - Kommunisere endringsvisjonen</b> Bruke ethvert tilgjengelig hjelpemiddel for å kommunisere den nye visjonen og strategien, slik at flest mulig forstår og aksepterer endringen Etablere den veiledende gruppen som rollemodeller for ny atferd
<b>Steg 5 - Sørg for bred handling</b> Fjerne flest mulig barrierer slik at sannsynligheten for at visjonen og strategien blir til faktisk handling øker Endre strukturer og systemer som undergraver visjonen Oppmuntre til utradisjonelle ideer, aktiviteter og handlinger
<b>Steg 6 - Skape kortsiktige mål</b> Skape fremskritt som ikke er for ambisiøse, så tidlig som mulig. Små raske endringer som resulterer i den ene store Planlegg synlige forbedringer ("seiere") å nå disse målene Synliggjør og anerkjenn personer som gjorde målene mulig
<b>Steg 7 - Gå på etter de første suksessene og skap mer endring</b> Bruk den økte troverdigheten til å endre systemer og strukturer som ikke passer med den nye visjonen Ansett, promoter og utvikle personer som kan implementere endringsvisjonen Tilfør endringsprosessen liv med nye prosjekter, temaer og endringsagenter
<b>Opprettholdelse av endringsprosessen</b>
<b>Steg 8 - Forankre nye tilnærminger i kulturen</b> Hold på den endrede atferden og strukturen slik at den ikke går tilbake Utrykk sammenhenger mellom ny atferd og organisatorisk suksess Utvikle midler for å sikre lederutvikling og suksessjon

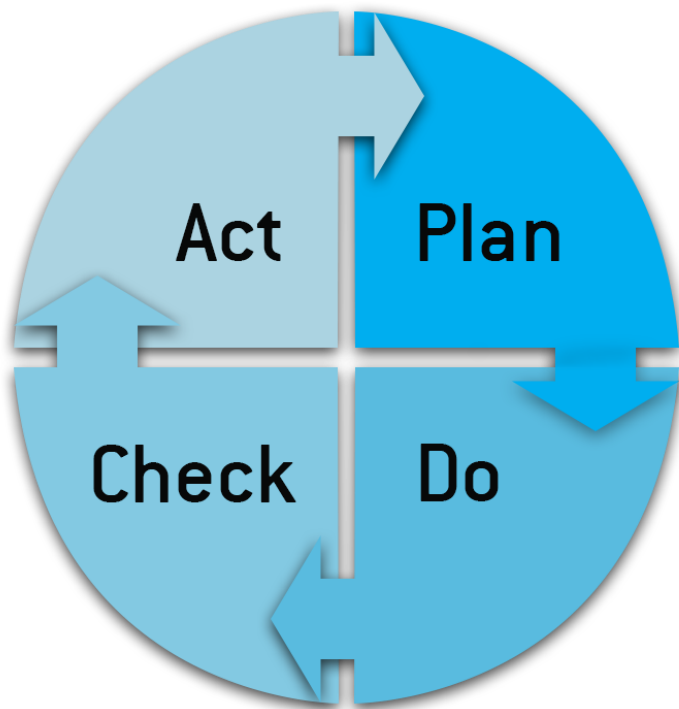
Figur 9: Kotters modell i åtte steg, oversatt og basert på Kotter (1996).

Videre vil vi fremheve at det er en tendens til å ha for lite fokus på kommunikasjon i endringsprosesser, som er et viktig verktøy, og Kotter (1996) definerer det slik: «Kommunikasjon i en endringsammenheng kan defineres som en prosess det endringens ledende koalisjon formidler, forklarer og vier visjonen som ligger bak endringen for andre interessenter». Kommunikasjon øker dermed forståelsen for endringer og skaper tilknytningen til den (Beckhard & Pritchard, 1992), og reduserer motstand (Kotter & Schlesinger, 1979).

### 3.1.6 PDCA

En sentral del av Lean-tankegangen er fokuset på kontinuerlig forbedring. PDCA-sirkelen<sup>22</sup> er en anerkjent modell for kontinuerlig prosess utvikling (CPI)<sup>23</sup>. Modellen lærer en å planlegge en aksjon, gjennomføre den, studere hvordan den forholder seg til planen, og til slutt ta aksjon ut i fra hva en har lært. På denne måten vil PDCA-sirkelen understreke viktigheten av repeterende feil, ved å etablere standarder og kontinuerlig utvikle disse videre.

Modellen har vært gjennom en rekke endringer siden Deming først etablerte modellen og er derfor kjent under flere navn, blant annet «The Shewhart cycle» og «The Deming cycle». Deming kalte modellen både for PDCA-sirkelen, og etter hvert PDSA-sirkelen. Årsaken til dette var at fasen «Check» kunne med fordel byttes ut med «Study». Modellen står altså i henhold til Lean teori med fokus på kontinuerlig læring og utvikling, se f. eks Klev og Levin (2009).



Figur 10: PDCA-sirkelen, basert på figur redegjort av Edward Deming.

Ifølge Sobek & Smalley (2008) utgjør ledelsessirkelen en noe skjør metode som står seg svært godt i teorien, da den er enkel og oversiktlig, men som ofte svikter i implementeringsfasen. Forskjellen mellom teorien og praksis utgjør et kritisk område, og det kan derfor tenkes at man bør supplere teorien med en metodikk som kan forenkle implementeringen av en slik kontinuerligforbedringssirkel.

<sup>22</sup> PDCA = Plan, Do, Check, Act

<sup>23</sup> CPI = Continual Process improvement, kilde: (Tague, 1995)

### 3.1.7 A3

Ledelsessirkler utgjør gode teorier, men er noe skjøre i praksis da den faktiske gjennomføringen av alle stegene i modellen er varierende (Sobek & Smalley, 2008). Implementeringsprosessen ved innføringen av teorier som PDCA-sirkelen anbefales derfor å støttes av en supplerende metodikk som kan forenkle implementeringsprosessen.

En slik metodikk er A3, som ikke bare er en internasjonal standard for papirark i størrelsen 420 mm × 297 mm, men det er også et velkjent verktøy innenfor Lean-tenking i Toyota (Shook, 2008). A3 metodikken er bruken av A3-ark til problemløsning eller forslag til endringer. Problemet eller forslaget skildres innenfor A3-arkets rammer, som vil legge en naturlig begrensning på innholdet i arket da det tvinger skribenten til å gå rett til kjernen av temaet. Dette resulterer i at budskapet som skal frem på A3-arket blir svært lettfattelig (Sobek & Smalley, 2008).

Et typisk A3-ark består gjerne av følgende ni steg (Shook, 2008):

1. **Tittel:** Forklarer navn på prosjektet, problemet eller utfordringen.
2. **Eier/dato:** Identifikasjon av eieren av A3-arket og dato for siste oppdatering.
3. **Bakgrunn:** Kontekst forklaring.
4. **Nåsituasjon:** Informasjon om problemet/utfordringen per dags dato.
5. **Mål:** Forklarer hva man ønsker å oppnå.
6. **Analyse:** Analyserer situasjonen.
7. **Pågående tiltak:** Forklarer hvilke tiltak som gjennomføres for å nå målet.
8. **Plan:** Illustrerer hvem som gjør hva for å nå målet.
9. **Oppfølging:** Forklarer hvordan gjennomføringen har gått.

Når A3-arket har tatt form med dets relevante innhold distribueres det så på kryss og tvers i organisasjonen, der tilbakemeldinger fra ansatte utgjør en konsensus, som er en av flere avgjørende faktorer for hvorvidt endringen faktisk lar seg gjennomføre (Schein, 1987). På denne måten kan A3 betraktes som et endringsverktøy med et sterkt involverende og demokratisk preg, i motsetning til f. eks Kotters 8-steps modell som er et eksempel på mer toppstyrte endringsverktøy. Dette passer imidlertid godt med tanke på den norske arbeidslivsmodellen og dens likhet til Lean-tankegangen.

A3-tankegangen blir av Sobek & Smalley (2008) omtalt som «PDCA for viderekomne», den er altså ikke en byggestein for Lean-tankegangen, men heller en komplementær strategi som kan styrke utviklingen og utbredelsen av Lean-tankegangen.

## 3.2 Automatisering

Automatisering er navnet på teknikken for å få systemer til å fungere uten, eller med liten grad av menneskelig medvirkning. Samlebegrepet omfatter mekanisering, styring og regulering av prosesser, samt fremskaffing og bearbeiding av nødvendig informasjon for å utføre disse funksjonene.

Automatisering blir ofte sett på som den viktigste løsningen for å forbedre effektiviteten i industrien (Winroth et al, 2006) og potensielt forbedre konkurranseevnen til industribedrifter (Säfsten et al., 2007). Videre ansees automatisering som en enten «på» eller «av» -beslutning, altså at systemet er enten fullstendig manuelt eller helautomatisk (Winroth et al, 2006). Noe som står i kontrast til Harris & Harris (2008) sine fem nivåer for automatisering, hvor nivå en utgjør en manuell prosess og nivå fem en helautomatisert prosess. Noe som tilsier at en prosess kan være delvis automatisert eller delvis manuell, Dette vil drøftes i kapittel «4.9.2 Lean og automatisering; en sammenkobling».

Den knyttes også opp mot en høyere produksjonsrate, høyere nivå av produktivitet og en større verdi tilføring (Orr, 1997). På den andre siden gjør prispresset på produktene i markedet at produksjonen må oppnå en høyere takt som vanskelig kan oppnås uten å automatisere noen prosesser (Ribeiro and Barata, 2011).

Automatisering benyttes således på alle områder hvor det er ønskelig å erstatte menneskelig arbeidskraft, med selvvirkende systemer (Andersen, 2014). Dette gjelder alt fra industri, handel og kontor, transport, kommunikasjon til helsevesen og i hjemmene. Dører som åpnes og lukkes automatisk, ABS-bremser<sup>24</sup>, og termostyrte varmeovner er eksempler på automatiseringsløsninger som mennesker omgir seg med til daglig.

Faktum er at det finnes produkter som ikke kan produseres uten hjelp av automatiserte prosesser, f. eks elementer med svært smale toleranser, små elektroniske komponenter, tunge deler som ikke lar seg håndtere manuelt eller medisinske produkter som ikke kan bli berørt av mennesker (Harris & Harris, 2008). Den vanligste årsaken til automatisering av prosesser er dens ergonomiske utfordring, produkter kan være tunge og uhåndterlige i utformingen som gjør de vanskelig å manipulere for mennesker (Kochan, 1998).

Det finnes også situasjoner hvor man helst bør unngå en automatisering i følge Winroth, Säfsten og Stahre, (2006); Som ved fremstilling av nye produkter, produksjon av et stort utvalg produkter og varianter i små volum, ved meget korte produkt livssykluser samt spesifikke forutsetninger for produktet, eksempelvis visuell inspeksjon.

---

<sup>24</sup>ABS bremser er på godt norsk blokkeringsfrie bremser.



En av de drivende kreftene for å ta i bruk automatisering innen industri er reduksjon av kostnader. Innen bilindustrien eksisterer det en merkbar endring med tanke på automatisering, mellom selskaper som holder til i land med høye arbeiderkostnader, og motsatt i land hvor arbeiderkostnadene er lave (Hedelind & Jackson, 2008). Videre representerer industribedrifter teknologiske vanskeligheter for automatisering, noe som gjør investeringene for disse ulønnsomme, med tanke på kort sikt. Dette gjør det tydelig at automatisering kan regnes som en langsiktig investering for slike bedrifter (Orr, 1997). Automatisering er imidlertid ingen billig investering da den i mange tilfeller kan sees på som for dyrt og teknisk avansert, spesielt for små og mellomstore bedrifter.

Helt siden de første industrirobotene ble tatt i bruk for å hjelpe, kanskje hovedsakelig for bilindustrien tidlig på 1960-tallet, har roboter blitt brukt til å erstatte mennesker ved arbeidsoppgaver som er uegnet for mennesker av ulike årsaker. Dette kan være grunnet tunge løft, monotone bevegelser eller rett og slett at det er et farlig arbeidsmiljø (Jackson et al, 2011). Andre fordeler typisk knyttet til automatisering er kostnadsreduksjoner og evnen til å produsere større volum med eksisterende produksjonsressurser (Orr, 1997). Viktige suksessfaktorer synes videre å være innomhus-produktutvikling og god kontroll på produksjonsprosessen, som inkluderer verktøy produksjon og planleggingsmetodikker.

Selv om begrepet «automatisering» ikke ble tatt i bruk før etter 2. verdenskrig, dekker begrepet også eldre virksomhet i feltet, og man kan således finne automatisering anvendt langt tilbake i historien. Et klassisk eksempel er sentrifugalregulatoren for dampmaskiner, som holder omdreiningstallet konstant uavhengig av belastningen. Det kan nevnes at det store gjennombruddet for automatisering kom i 1920-årene i Henry Ford sin bilfabrikk i USA, hvor det ble satt i gang en utvikling innen automatisering av industriell produksjon som har vart helt frem til i dag.

Ankomsten av automatisering i industribedrifter kom som følge av en teknologisk utvikling og økonomiske årsaker. Mye grunnet at billig og mer pålitelig utstyr som kunne arbeide 24 timer i døgnet ble tilgjengelig (Ribeiro & Barata, 2011). Dersom man ser på historien til automatisering gjennom tidene er det flere epoker hvor fokusområdet har vært forskjellig. Opprinnelig ble automatisering brukt til å styre store effekter, eksempelvis sentrifugalregulatoren. Deretter ble automatisering nyttet som et rasjonaliseringsmiddel for å øke ytelsen av arbeidskraften. En senere epoke var knyttet til automatisering for styring av prosesser hvor kvalitetskravene var store eller hvor prosessene var farlige eller ustabile. I dag preges anvendelsen av automatisering ikke minst av ønsket om å bedre arbeidsplassenes kvalitet ved at belastningene pga. støy, støv, varme, tungt fysisk arbeid og skiftarbeid kan reduseres.

Som element i automatiseringen i produksjonsbedrifter blir ofte industriellroboter brukt. Roboter finnes i mange former, men den mest utbredte formen kan sies å være automatisk styrte manipulatorarmer som kan utføre kompliserte bevegelsesmønstre. Det kan dermed tenkes at arbeidsoppgaver som belager seg på sammensatte og varierte bevegelsesmønstre kan benytte roboter og muligens gjennomføres bedre ved hjelp av disse.

### 3.2.1 Roboter og deres anvendelsesområde

Roboter har lenge vært akseptert innen industrien som en metode for å forbedre kvalitet, ytelse og effektivitet, faktisk har roboter de siste tre tiårene vært akseptert som en nøkkelteknologi innen produksjonsindustrien (Jackson et al, 2011).

En robot er en datastyrt enhet som ved hjelp av sensorer kan motta data fra omgivelsene, bearbeide disse og reagere ved å iverksette handlinger i henhold til forhåndsprogrammerte regler. Ordet *Robot* ble brukt for første gang i sin moderne form av forfatteren Karel Capek i 1920 i hans brors teaterstykke *R.U.R : Rossum's Universal Robots* og har sitt utspring i det tsjekkiske ordet *robota* som betyr arbeid. Således har det i praksis eksistert roboter etter ordets moderne betydning i flere hundre år.

Begrepet robot dekker et bredt spekter av konstruksjoner og anvendelser. Mobile, verktøyutstyrte roboter spiller en økende rolle i forbindelse med arbeidsoppdrag i områder med stråle- eller eksplosjonsfare. I denne besvarelsen vil vi imidlertid fokusere på roboters anvendelse innenfor industrien og da spesielt sprøytstøpe- og mekanisk industri.

I motsetning til oss mennesker som er bundet av begrensningene av kroppen vår, er roboter bundet av begrensningene i teknologisk oppfinnsomhet. Dess lenger vi skyver inn i ukjente farvann av robotsystemer, dess farligere og vanskeligere oppgaver kan vi takle. Roboter er således i stand til å overvåke, samhandle og vedlikeholde prosesser i miljøer langt utover menneskelige arbeidsforhold. Smarte sensorer kan formidle viktig informasjon slik at prosessingeniører er i stand til å takle vanskelige situasjoner når de oppstår.

Industrirobotene tar over stadig mer rutinearbeid som sveising, montering, prosessovervåking og kvalitetskontroll. Robotenes evne til å sanse, bearbeide sensordata og gjøre vurderinger på grunnlag av disse ligger i avansert programvare, utviklet gjennom mange års forskning omkring kunstig intelligens. I likhet med interaktive dataprogrammer bygger funksjonen på tilbakekoplingsprinsippet; man får meldinger underveis, som styrer hva som blir utført videre. De første robotene kunne gjøre små operasjoner og helt fra starten var presisjon i gjentatte bevegelser viktig.

## *Industriroboter*

Industriroboter er den nådeløse arbeidsstyrken for industrien. De kan deles inn i de to kategoriene industri og service, ifølge en definisjon tilrettelagt av "The International Federation of Robotics", som er en industriallianse basert i Frankfurt, Tyskland. I oppgaven vil fokus ligge på industrirobotene og ikke de som anvendes innenfor servicebransjen. Robotene brukes i mange ulike sammenhenger: de henter, plasserer, maler, sveiser og laster deler som strekker seg fra å være ørsmå til store, tunge deler som mennesker ikke klarer å flytte på uten verktøy. De er automatstyrte, programmerbare, multifunksjonsmanipulatorer, som kan avlaste den menneskelige arbeidskraften for bla. rutinemessige og farlige arbeidsoppgaver. Ryggraden for deres handlinger er sensorer og software som driver de. Software representerer implementering av avanserte algoritmer og matematiske modeller utviklet for å øke nøyaktighet, pålitelighet og effektivitet av manipulatorer. Kjennskap til miljøet, og modulære verktøyhåndtering gir industriroboter evnen til å håndtere et bredt utvalg av oppgaver. Etersom anvendelsesområdet for industriroboter er økende, er også det menneskelige arbeidsbildet i endring.

Slik situasjonen er i dag ser man en tendens til at industriroboter brukes utstrakt i produksjonsprosesser som er rutinemessige og/eller farlige for mennesker. Utvikling av slike industriroboter startet parallelt med utviklingen av datamaskiner og på 1960-tallet var de først tatt i bruk ved produksjonslinjer. Roboter innehar videre per i dag store muligheter for å erstatte den menneskelige arbeideren i produksjonslokalet. Årsaken til at menneskelig arbeidskraft har vedvart ligger i vår evne til å adoptere og tilegne oss nye ferdigheter vha. utdanning (Goldin and Katz, 2009). Dette vil imidlertid endre seg ettersom databehandling entrer de mer kognitive domeneene.

Typiske oppgaver for roboter i produksjonsanlegget kan være palletering, kvalitetskontroll, kassehåndtering, sveising, håndtering av produkter på lager mm. En moderne robot kan håndtere flere ulike arbeidsoppgaver, innehar en sterk samhandlingsevne med andre automasjonsprosesser og er enkle å omstille til nye oppgaver. De kombinerer høy nyttelast med rask og enkel programmering - som presisjonsroboter med høy presisjon og nøyaktighet for behandling av eksplosive materier.

Elton Mayo (1933) foreslo at kjedsomhet og repetitive arbeidsoppgaver førte til en redusert motivasjon blant arbeiderne. Dette bekreftes videre av Filstad (2010) som mener at; «det avgjørende er ønsket om utfordrende arbeidsoppgaver og dermed et ønske om kunnskapsutvikling på arbeidsplassen». En naturlig slutning ut fra dette vil være at ansatte misliker kjedelige arbeidsoppgaver som ikke er utfordrende, slik repetitive arbeidsoppgaver gjerne er. Mayo (1933) poengterer likevel at opplevelsen av kjedsomhet i stor grad er avhengig av individuelle egenskaper og tendenser. Videre poengterer han at arbeidere av «overlegen» intelligens lettere blir lei, men at de

likevel som oftest er over gjennomsnittet effektive. Med dette hersker det en usikkerhet i om arbeidspersonell faktisk misliker, og muligens blir mindre effektive som følge av repetitive arbeidsoppgaver. Det er stor enighet i både litteratur og industri, se. f. eks Mayo (1933), at repetitive arbeidsoppgaver utgjør noe av de mest gunstige områdene å automatisere da vi belager oss på at mennesker flest, heller vil ha varierende og utfordrende arbeidsoppgaver fremfor de som er repetitive og simple (ibid).

Med dette legger vi følgende logiske sitat til grunn for den videre drøftingen av repetitive arbeidsoppgaver. «Much of the research on boredom has focused on extremely low stimulation tasks such as repetitive and/or machine paced assembly operations, vigilance or inspection tasks and continuous control activities like tracking, driving, or piloting. These tasks demand attention yet provide very little stimulation in return, and there is no question that prolonged exposure reduces physiological arousal and causes boredom in most people» (Davies & Parasuraman, 1982; Thackray, 1981).

Innenfor produksjon finnes det flere arbeidsoppgaver som kan erfares som repetitive og være mangelfulle med tanke på utfordringer, vi velger i denne besvarelsen å fokusere på noen utvalgte prosesser, nemlig: kvalitetskontroll og pakking og palletering av varer. Dersom man hadde erstattet de menneskelige arbeiderne med roboter, innenfor disse prosessene, ville det frigjort arbeidskapasitet som man kan prioritere til andre områder i produksjonen, foruten kontroll av robotene.

### **Kvalitetskontroll**

Kvalitetskontroll utføres gjerne for å sikre en konsistent og høy kvalitet på produktene man leverer til sine kunder, slik at de får det de betaler for. Dersom man kontrollerer produktene for sent i prosessen, eller at kontrollen er mangelfull, kan hele partier falle utenfor spesifikasjonene og dermed kan det potensielt forekomme reklamasjoner fra kunde. Alternativt at man må skrote/repasere produktene før de blir sendt til kunden. Produksjonsfeil kan forekomme som små forskjeller i farger, skade på belegg,

Kontrollpunkt :	Angitte akseptgrenser :
1.	Fullstøpt (Vektkontroll ved seriestart og etter produksjonsstopp)
2.	Fri for skjegg
3.	Funksjonstest mellom hus og kappe, sjekk låsing.
4.	Destruktiv sprengetest. Eget skjema
5.	Riktig datomerking
6.	Forma vaskes ren i lufting/kjernetetting og deleplan 2 ganger pr skift
7.	Vektkontroll (produktvekt +/- 2%)
8.	
9.	
10.	Batch nr.
Kontr.intervall.:	Hovedkontroll utføres av skiftleder1 – en gang per skift. ( dok. 1009 A ) Operatørkontroll ved maskina hver 2. time, eller oftere. ( dok. 1121 ) Sprengetest utføres av kontrollør 1. gang pr. time. ( dok. 1114b )
Anmerkning :	Eskene merkes med art.navn,art.nr.strekkode,antall, dato og signatur

Figur 11: Bilde av Lycro's kontrollpunkter for manuellkontroll av produkter.

skjegg<sup>25</sup> på de støpte produktene og feil design. Dette medfører store ekstra kostnader, samt risiko for å miste kunden. Derfor er det viktig å sørge for at produksjonsparameterne er innenfor angitte grenser.

Frem til dagens teknologiutvikling har det i stor grad blitt gjennomført kvalitetskontroll av manuell arbeidskraft. Et trent og opplagt menneske kan fungere tilfredsstillende og til og med meget godt i en kvalitetskontroll. Det er imidlertid dilemmaer man ikke kommer utenom ved manuell arbeidskraft. En person kan utføre prosessen tilnærmet lik hver gang, om trent til jobben, men hva skjer når denne personen er trett og utslitt. Eller, om det er flere personer som utfører den samme jobben på skift, hvordan sikrer man at de ulike personene har den samme oppfatning av rett kvalitet. Dette er ikke spørsmål vi vil svare på, men det baner imidlertid vei for nye systemer og metoder.

Et aktuelt alternativ til den menneskelige kontrolløren er 6-akse-roboter med såkalt «*Vision-system*» som det redegjøres for senere i inneværende kapittel.

### **Pakking og palletering**

Pakking og palletering er en meget arbeidskrevende, fysisk hard og repeterende arbeidsprosess, og er således meget utsatt for en robotisering<sup>26</sup>. Pakking og palletering vil omhandle prosessen fra produktet er produsert og kommet ut av maskinen, plassering og flytting av produktet for pakking og emballasje på pall som skjer før den blir satt på lager for henting av kunde / levering til kunde. Før var det normalt å frakte produktene fra produksjonslinjen til pakkelinjen manuelt. Dette kan i dag gjøres automatisk vha. roboter som frakter produktene eller kanskje mer aktuelt samleband, som for dette formålet ville vært en rimeligere og mer allsidig løsning. Deretter var det vanlig at selve pakkingen av produktene var manuelt utført, dette er kanskje det området innen industriproduksjon som har opplevd den største overgangen til automatiserte verktøy.

Årsaken til dette ligger mye i den enkle og rutinemessige arbeidsutførelsen som lett kan overføres til automatiserte verktøy som f. eks 6-akse-robotarmer.



Figur 12: En manuell arbeidsutførelse av pakke og palleterings prosessen.

<sup>25</sup> Skjegg er en følge av slitasje ved former, som fører til at plastmasse siger mellom metallvegger i støpeformen, som opprinnelig skal være tette. Dette resulterer i et tynt lag med plastikk på støpte produkter, som ikke er tiltenkt.

<sup>26</sup> Robotisering = Effektivisering vha. roboter.

Det finnes flere automatiserte løsninger for håndtering, plassering, pakking og palletering av produkter innen industriproduksjon (Se, f.eks. (KUKA, palletering)).

### 6-akse-roboter

Manipulatorarmer innen industriroboter består av ulike akser som kan sammenlignes med menneskets bevegelige ledd, albueledd osv. De aller fleste robotarmene i dag består av 6 akser, hvor det typisk før var 4, som også kalles 6 grader av frihet. 6-akse-roboter tillater en stor fleksibilitet som følge av dens mange bevegelige ledd og kan utføre et bredere utvalg av programmer utført av roboter som besitter færre akser.

For å posisjonere en robotarms ytterpunkt(endestykke) korrekt i et tredimensjonalt rom, kreves det et minimum av 6 akser på armen. Dette er logisk og intuitivt da beskrivelsen av et objekt i et rom, krever seks parametere; tre for posisjon, og tre for orientering (Craig, 2005).

**Akse 1:** Denne aksen, som ligger ved roboten bunn, gjør roboten kapabel til å rotere til venstre og høyre, og den oppnår således en full 180 graders fleksibilitet.

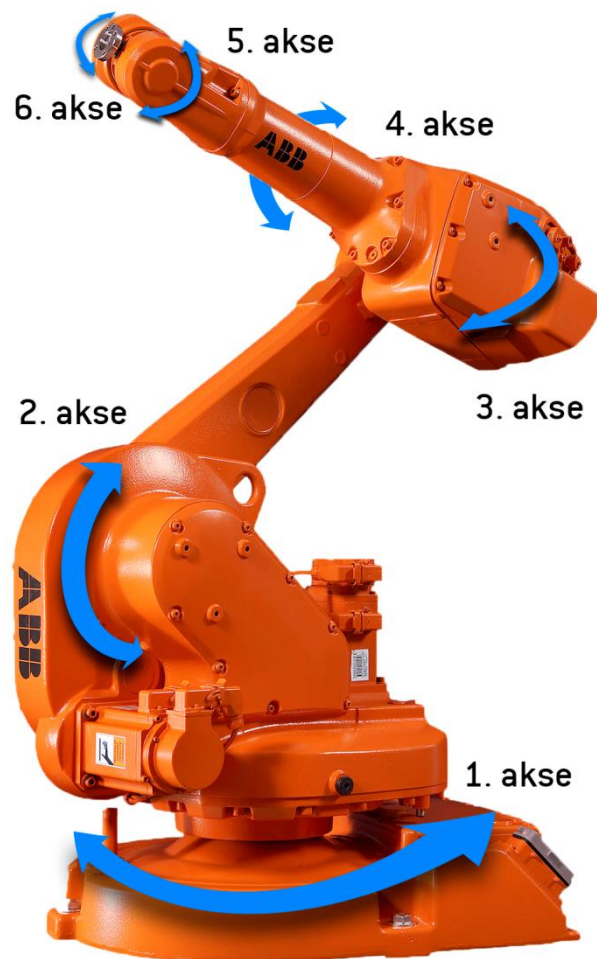
**Akse 2:** Aksen gjør det mulig for robotarmen å strekke seg fremover og bakover

**Akse 3:** Den tredje aksen utvider robotens vertikale rekkevidde, da den tillater den øvre armen å heves og senkes.

**Akse 4:** Denne aksen som et hjelpemiddel i posisjoneringen av robotens påmonterte verktøy og kan enklest sammenlignes med et håndledd da den roterer armen i en sirkulær bevegelse.

**Akse 5:** Aksen tillater håndleddet (akse 4) å vippe opp og ned.

**Akse 6:** Denne aksen fungerer i stor grad på samme måte som akse 4, og brukes for manipulasjon av deler. Den er videre typisk i stand til å rotere mer enn 360 grader enten med eller mot klokken.



Figur 13: En 6-akse-robot med illustrerte akser.

Det vil med oppgavens fokus ikke være hensiktsmessig å dykke dypere ned i litteratur angående 6-akse-roboter og dens tekniske utforming, men for videre lesning henvises man til (Campion et al., 2005).

### *Vision system*

Roboter i dag er veldig ofte en integrert del av mange produksjonsprosesser. Roboter, som 6-akse-roboter, er imidlertid designet for å handle ut ifra forhåndsinnstilte parametere som gjør at de kan fungere godt til behandling av en eller flere typer produkter. Dersom man implementerer roboten med et vision-system blir imidlertid roboten i stand til å interagere med omgivelsene rundt en, slik at en ikke er begrenset til å kun handle ut ifra forhåndsinnstilte parametere. Dette gjør roboten i stand til selv å finne ut av hva slags produkt den ser på og skal behandle.

Et vision-system består av en datamaskin, programvare, kamera, linse, lyskilder og et grensesnitt mot en produksjonslinje. Kameraet brukes bla. til deteksjon, sammenstillingsverifikasjon, måling, robotstyring, samt lese tekst eller koder.

Systemet kan f. eks brukes ved kvalitetskontroll, hvor det basert på kontraster i bilder, finner kanter, linjer, hjørner, arealer, tekst eller koder. Ved å kombinere denne informasjonen og kunnskap om produktet, etableres det tilstander. Slik kan altså feil i produksjonen lukes ut med en gang, og gi mindre forbruk av varer og mer tilgjengelig produksjonstid.

Et vision-system fungerer på den måten at det registrerer dimensjoner, arealer, utforming osv. som tilsier at alle parameterne i kravspesifikasjonen må spesifiseres som en grenseverdi, med det tilhørende godkjente avviket. Vision-systemet må imidlertid spesifiseres for hvordan det skal utføre kontrollen, spesielt med tanke på overflatekvalitet som f. eks flekker eller ujevnheter på kanter. Det foreligger også en svakhet i at vision-systemet er meget avhengig av at produktene det måler ligger på en slik måte at parameterne kan måles vha. kamera, noe som drøftes i kapittel «4.9.5 Roboters bruksområder innen Lean produksjon».



Figur 14: ABB Group (tidligere Asea Brown Boveri) sitt vision-kamera for vision-system.

Den viktigste faktoren ved et vision-system er genereringen av gode bilder som kan brukes til beregninger av ulike slag. Dagens vision-systemer består av mange teknikker og algoritmer, som behandler bildene for å finne detaljer som er ønskelig å inspisere. Kvalitetskravet til kamera og lysforhold er derfor meget avhengig av kvalitetskravene til produktene som produseres. Noen oppgaver krever kamera med høy oppløsning og kvalitet, kanskje til og med flere kamera, og noen oppgaver kan gjøres med et enkelt lavkosts-kamera. Å sørge for at et vision-system generer gode bilder er videre avhengig av fire elementer:

1. Tilstrekkelig oppløsning og kvalitet på kamera.
2. Linse som passer med objektets størrelse og avstand, med akseptabel fortegning<sup>27</sup>.
3. Gode lysforhold av produktene som skal kontrolleres, slik at det er optimal kontrast rundt detaljene som skal måles, samt beskyttelse mot eksterne lyskilder for å sikre konstante lysforhold.

**Kamera:** Tradisjonelt har det blitt brukt såkalte frame grabbere<sup>28</sup> for å fange bilder til bruk i vision-system, i dag finnes det imidlertid et stort utvalg av Smart-kamera og vision sensorer, som er kamera med innebygget PC. Noe som gjør at den eneste oppkoblingen man trenger å foreta er mot PC for å konfigurere software til systemet, før det kan operere selvstendig. Dette er altså kamera som tilbyr en oppløsning og kvalitet i et bredt spekter for alle behov.

**Linse:** Ved valg av linse er det to ting man er avhengig av; nemlig hvilken synsvinkel (FOW)<sup>29</sup> det er behov for og avstanden fra kamera til enhetene som skal inspiseres. For å minske perspektiv og linse fortegning er det derfor ønskelig å montere selve kameraet 1-2 meter unna enhetene. Det er imidlertid viktig å huske at dersom toleransene for kontrollene er små, vil det være viktig å velge linse med en minimal linsefortegning, og i tillegg bør det utføres linsekalibrering av vision-systemet.

**Lysforhold:** Belysning er meget viktig for et vision-system, da det innehar to viktige oppgaver. Det skal først og fremst belyse objektet som skal kontrolleres tilstrekkelig for å fremheve de ønskelige kontrastene. Videre skal det sikre et konstant lys, som medfører et robust system som virker på akkurat samme måte 24/7, 365 dager i året. Derfor er det meget viktig å sette av tid og ressurser til å kalibrere lysforholdene. Videre bør man tenke på om objektene som skal kontrolleres f. eks ligger på et bevegende samlebånd, som tilsier at man må justere lukkertiden for ikke å miste oppløsning.

---

<sup>27</sup> En form for optisk avvik, mer presist et avvik fra rettlinjert projeksjon.

<sup>28</sup> En elektronisk enhet som fanger individuelle stillbilder fra et analogt/digitalt video signal.

<sup>29</sup> Field Of View, som er den engelske og fagspråklige versjonen av det norske ordet synsvinkel.



Det vil altså kunne gå med en del tid til kalibrering av et slikt system, noe man bør ta høyde for da lysforhold og grenseverdier sammen kan komplisere ulike prosesser for en høyere skrapproduksjon enn først antatt.

### *Kort oppsummering*

For å oppsummere, automatisering er ofte sett som «silver bullet»<sup>30</sup> løsningen for å øke effektivitet og kvalitet, produktivitet og reduksjon av kostnader. Automatisering kan ved riktig implementering tillate en mye større grad av fleksibilitet slik at produksjon av ergonomisk vanskelige produkter eller høyvolums produkter, kan bli produsert på en enkel måte. Automatiseringsstrategier er ofte behandlet som menneskelige ingeniør problemer og man bør derfor observere grad av automatisering mellom menneskene og arbeidsutstyret.

---

<sup>30</sup> Fagspråklig begrep som refererer til løsninger som er ekstremt effektive.

## 4 Empirisk analyse og drøfting

Ved forbedringstiltak kan det være hensiktsmessig å kartlegge forutsetninger som ligger til grunne, for forbedringene. Det er også viktig å kartlegge de berørtes holdninger og tanker rundt situasjonen, måtte det tanker og holdninger til dagens situasjon eller fremtiden. Som utenforstående er det derfor viktig å foreta datainnsamlinger med høy gyldighet og relevans for å kunne se sammenhenger og forskjeller, og deretter drøfte hvorfor dataen er slik den er. Det foreligger derfor datainnsamlinger i form av observasjoner, intervjuer og spørreundersøkelse hos både Lycro AS og Pipelife Norge AS i tillegg til teoretisk og kvantifisert data fra sekundærkilder. Dataene blir sett på i sammenheng med hverandre for å underbygge deres gyldighet og pålitelighet.

Ved innføring av Lean-tankegang og en automatisering av produksjonen, vil det være gunstig for bedrifter å inneha en flat organisasjonsstruktur, da det vil ansvarliggjøre frontlinjearbeiderne. Videre bør det foreligge en vilje for endring og læring blant bedriftens ansatte. Dette begrunnes i at bedrifter med en sterk hierarkisk struktur og/eller svake forutsetninger for endring og læring mest sannsynlig vil bruke lengre tid på implementeringen av forbedringene.

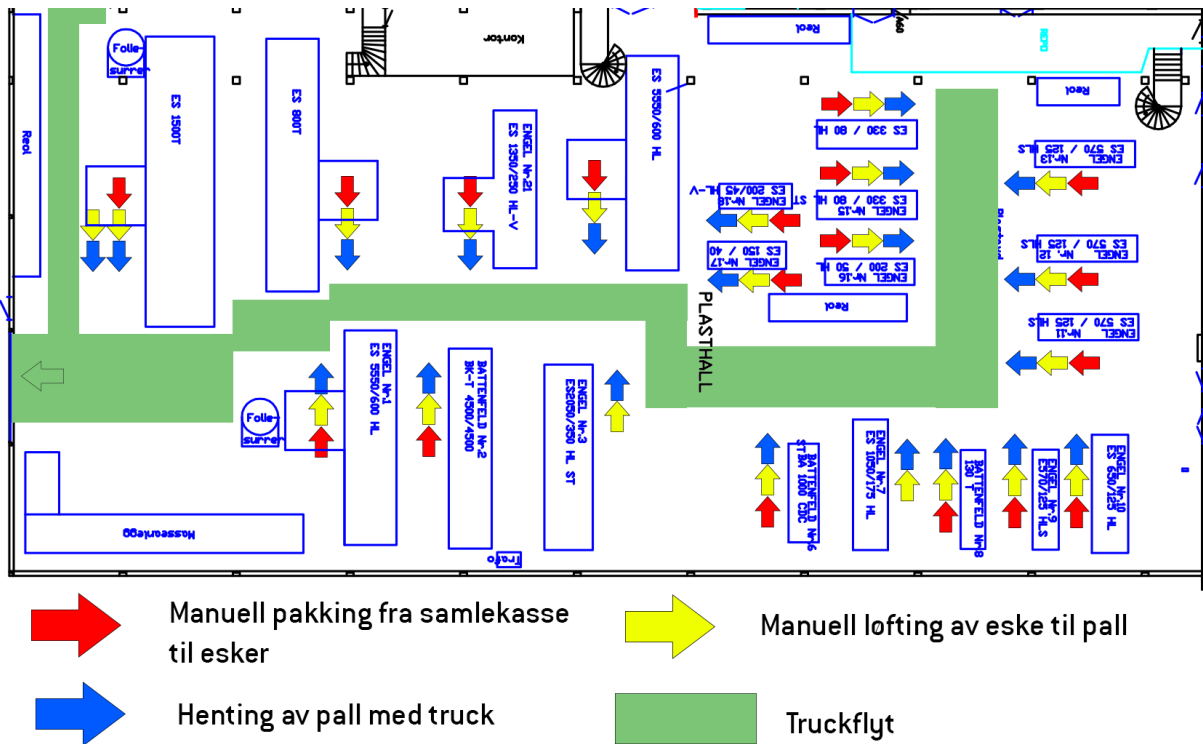
### 4.1 Observasjoner ved ulike produksjonslokaler

#### 4.1.1 Observasjoner ved Lycro AS' produksjonslokale

Observasjoner hos Lycro AS har vært en kontinuerlig prosess hvor man har hatt fri tilgang til produksjonshallen fra starten av prosjektet. Allerede ved det første møtet hos Lycro AS ble det poengtert av ledergruppen at selve bygget var lite egnet til produksjon. Plassmangel er et viktig stikkord, både med tanke på produksjonen og med tanke på lagerhold av former, ferdigvarer og råstoff. Det vil bli fokusert på produksjonen med tilhørende støtteaktiviteter.

#### *Lycro AS' produksjonshall*

Lycro AS' produksjonshall, plantegning figur 15, er fylt opp av sprøyttestøpemaskiner i forskjellige størrelser. Dette er en allsidig maskinpark, hvor de minste maskinene har et lukketrykk fra 45 tonn og de største 600-1500 tonn, og som man ser av plantegningen foreligger det store forskjeller i maskinstørrelsen, hvor de minste maskinene er plassert til høyre i figuren.



Figur 15: Plantering av Lycro's produksjonslokale med illustrert grad av manuelt/automatisert arbeid. (Vedlegg 4)

Under følger et bilde tatt fra produksjonshallen hvor det tydelig forekommer en arbeidsprosess som ikke er optimalisert for effektivitet pga. dens svake struktur med tanke på gulvplass ol.



Figur 16: Viser produksjonshallens kortside.

Figur 16 viser produksjonshallens langside, bildet er tatt fra øverst til høyre på plantegningen. Man ser tydelig et produksjonsområde uten stor grad av struktur, hvor man bruker mye gulvplass på tomme paller og esker, vrakdelar og løpsgrener. Bildet viser også i stor grad avhengigheten Lycro AS har til manuell arbeidskraft ved maskinene i produksjonen. Man ser det ved hver maskin er oppsamlingskurver hvor ferdige produkter samles. Figur 17 viser dette i mer detalj.

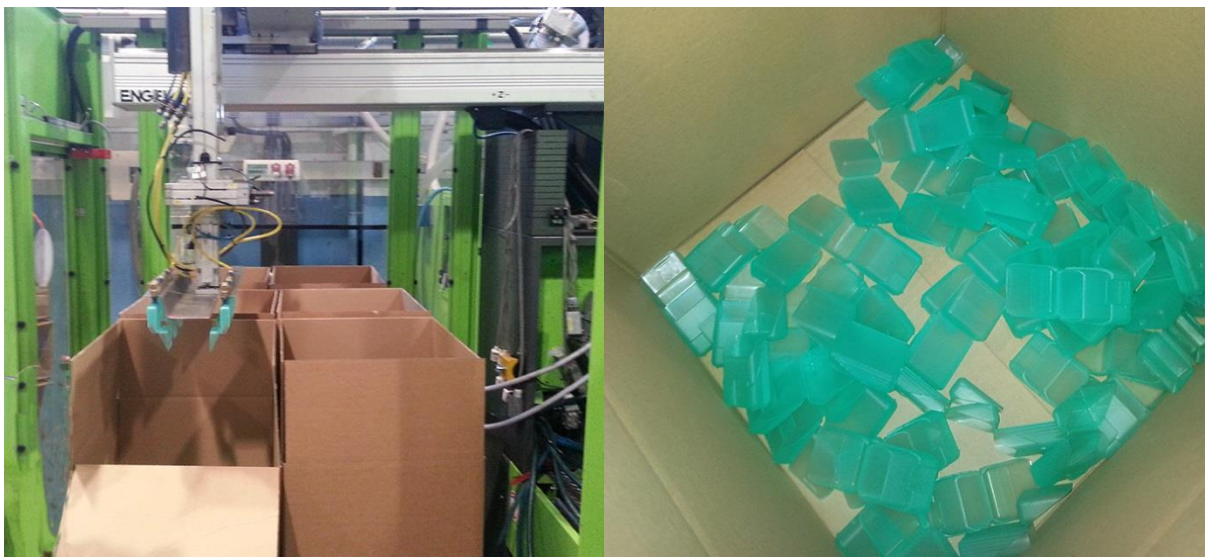
### *Pakking*



**Figur 17: Manuell pakking av ferdigprodukter.**

Bildet viser hvordan ferdige produkter ligger i en samlekurv etter at de har blitt utstøtt fra formen og fraktet på et samlebånd (Pilen). I samlekassen ligger ferdige produkter til en operatør løfter de over i en pappeske, når esken er full løfter operatøren esken over på pall. Dette er ikke noe som er spesielt for de mindre maskinene, men ved de største maskinene kan det foreligge en noe annen ordning da det ikke alltid er ønskelig å pakke produkter i esker, men heller ta de fra en samlekasse og legge de rett på pall. Dette gjelder da typisk store rørdeler eller andre produkter hvor det foreligger andre krav til pakking eller at produktet er for stort. Det må ved produksjon være operatører til stede for manuell plukking av deler.

Lycro AS sitt brede spekter av forskjellige produkter krever en versatil pakkeprosess ved automasjon, den dag i dag løses dette hovedsakelig av operatører, med enkelte innslag av samarbeid mellom mennesker og roboter. Som man ser av figur 18 kan enkelte produkter slippes rett i pappesker, det foreligger her bare krav til eskens totalvekt. Ved større produkter, produkter med spesiell form, eller produkter hvor det foreligger veldig strenge krav til kvalitet, pakkes produkter i esker på spesielle måter. Dette for å sikre at produktet ikke har overflateskader ol. ved ankomst. Produkter til Håg er gode eksempler på produkter hvor kravet til kvalitet er skyhøyt, hvor strenge krav til produktets utseende, og valg av spesielle overflater og materialer gjør enkelte deler krevende å produsere og pakke. Produktets utforming spiller også inn på hvordan det pakkes. Figur 18 og 19 viser hvordan Lycro AS har valgt å benytte seg av de få roboter de har ved enkelte maskiner.



**Figur 18: Automatisk pakking av ferdigprodukter ved maskin.**

Figur 18 viser at roboten slipper ferdig støpt produkt i pappesker, maskinen benytter seg av to og to esker og fyller opp disse, når to esker er fulle flytter en operatør eskene over til pall og rullebåndet flytter to tomme kasser et hakk frem. Til høyre i figur 15 ser man hvordan produktet ligger i esken etter at roboten slipper de. Figur 19 viser den andre måten Lycro AS har benyttet seg av robotarmer og samlebånd, eksempelbilder er fra produksjonen av to forskjellige produktgrupper, men med lik benyttelse av teknologi.



Figur 19: Ferdigproduktets flyt, fra maskin til pall.

I likhet med pakking fra mindre maskiner tar operatører ferdig produkt fra samlekasser og over i kasser på pall. En høyere grad av utnyttelse av de roboter de allerede har kan eliminere behovet for manuell arbeidskraft ved disse maskinene ved at robotene plasserer produktene rett i kasser. Robotene Lycro AS har i dag er i stand til å operere med høy presisjon, og en myk og presis plassering i kasser er ikke noe problem, utfordringen ligger i en smart bruk og god programmering av robotene. Robotene brukes i dag bare til å plassere disse produktene forsiktig på samlebåndet. Lycro AS har i dag 5 maskiner som innehar denne muligheten, men som beskrevet foreligger det forskjellig bruk og utnyttelse. Lycro AS benytter seg av pakking fra robot i kasser, men med manuell flytting av kasser over til pall (figur 18), og de benytter seg av manuell pakking fra samlebånd eller samlekasse (figur 19). En bedre utnyttelse av robotene vil kunne gi en mer automatisert pakkeprosess, men Lycro AS mangler et system for behandling av esker og paller. Lycro AS sitt system vil senere drøftes mot Pipelife Surnadals produksjonslinje for Smartline, hvor de har helautomatisert pakkeprosessen fra pappesker slås ut til varer ankommer lager.

Lycro AS har som nevnt et vidt spekter av produkter de leverer til forskjellige kunder, enkelte produkter har en slik form at man må pakke på spesielle måter for å få flest mulig produkter på minst mulig plass. Figur 20 viser et eksempel hvordan slike produkter pakkes av operatørene.



**Figur 20: Manuell pakke-metode optimalisert for spesifikke produkter.**

Operatører stabler her lagvis og skiller hvert lag med en skilleplate. Produkter blir lagt ved hverandre med annenhver bit plassert litt ovenfor eller under den foregående for å få flest mulig produkter i bredden. Grunnet stor variasjon i produktporteføljen og produktenes form har Lycro AS en del utfordringer i forhold til krav fra kunde om antall produkter i hver levering. Ved manuell pakking kan man justere og trikse på plass produkter, Figur 20 viser hvor tett produktene ligger, men ved automatisk pakking har man ikke samme mulighet for å justere hvordan foregående produkter ligger og man kan derfor få en noe annen pakkeprosess. Roboters svakhet er at de må være programmerte for oppgavene de skal utføre, og produktmangfoldet hos Lycro AS gir utfordringer i forhold til robotprogrammering. Men utfordringene er ikke umulig å løse, da man kan tilpasse hver pakkeprosess til hvert produkt.

### ***Vedlikehold.***

Ved vedlikehold varsels dette ved behov til skiftleder eller produksjonsleder. Det foreligger ingen plan for forebyggende vedlikehold. Når man oppfatter feil ved formen beskriver man dette og vedlikeholdsansvarlig vil så prioritere formverktøyet ut i fra en vedlikeholdsplan basert på når formen skal inn i produksjonene igjen. Behovet for vedlikehold varierer med produkter og hvilken type plastmateriale man benytter. Et eksempel på produkter som sliter formene er produkter til RWG,

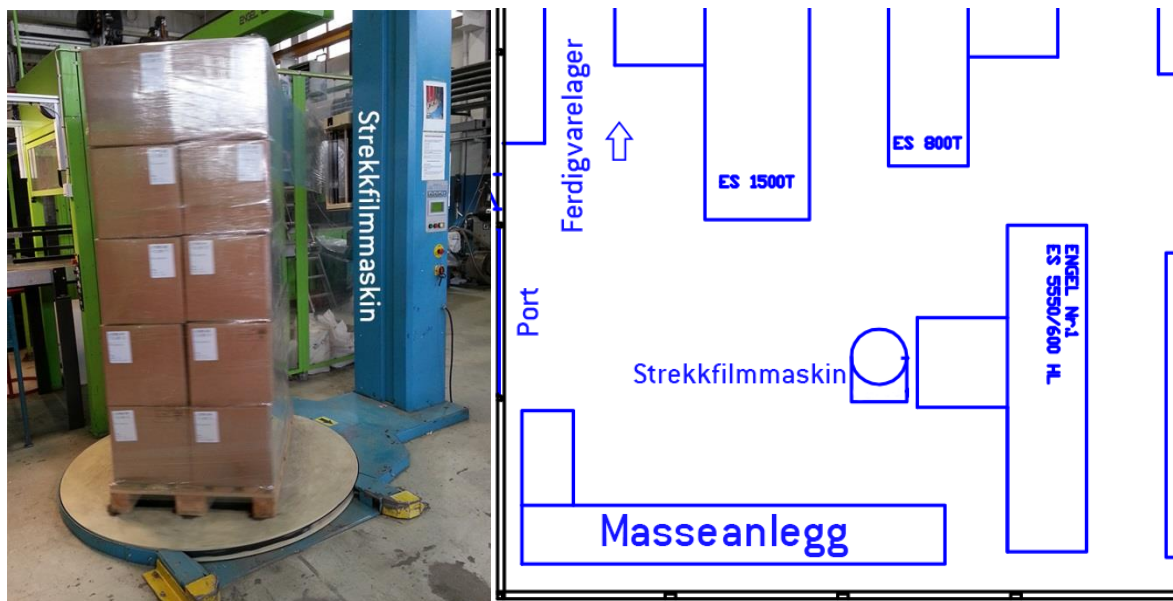
hvor glassfiber er en del av plastmassen.



Figur 21: Daglig vedlikehold av formverktøy ved vedlikeholdsavdelingen, i Leksvik.

### *Pallebehandling*

Etter at produkter er blitt pakket i kasser og står på pall blir pallen hentet med truck og deretter omringet med strekkfilm. Figur 22 viser hvordan strekkfilm blir påført en fullastet pall.



Figur 22: En delvis manuell/automatisert strekkfilm emballering av ferdigvarer på pall, samt plassering av strekkfilmmaskin i produksjonslokalet.

Hos Lycro AS skjer denne prosessen manuelt ved at man fysisk frakter full pall fra hver maskin og deretter omfavner den med strekkfilm ved hjelp av en strekkfilmmaskin. I en helautomatisk pakkeprosess ville man f.eks. flyttet pallen på rullebånd. Ved automasjon av denne aktiviteten vil man frigi mye gulvplass, da man vil få flyttet tomme og halvtomme paller bort fra arbeidsflaten, og



man vil unngå tilhørende trucktrafikk gjennom produksjonshallen (figur 15). Figur 15 viser trucktrafikken i produksjonshallen, plasseringen av strekkfilmmaskinen er nederst til venstre i figur (produksjonsområdet) vist i figur 22.

### *Vrak og løpsgrener*

Operatører brukes også til manuell fjerning av løpsgrener, dette er en oppgave som er delvis automatisert hos Lycro AS. Løp eller innløp er sprøytemasse som ikke er en del av det ferdige produktet, men som kommer med grunnet formverktøyets design. De innehar bare et fåtall maskiner som har roboter som er i stand å fjerne løp selv. På de øvrige maskinene må løp fjernes manuelt, enten ved at man bryter deler fra hverandre eller at man bruker tang for fjerning av løp, figur 23 viser hvordan en slik del kan se ut. Som nevnt har Lycro AS noen maskiner hvor denne prosessen skjer automatisk, da også med egen kvern for gjenbruk av råstoff, se til høyre i figur 23.



**Figur 23: Løp ved produkter som fjernes manuelt vha. tang, og tilhørende massesuger for kverning av løpsgrener til termoplast.**

Som følge av mange omstillinger og prøverunder får Lycro AS i dag et høyt antall vrak som følge av ujevn fordeling av fargestoff, feil på formkjøling eller slitte formverktøy. Vrakdelene og løpsgrener blir samlet, se til venstre i figur 24, og deretter kvernet for å kunne bruke massen om igjen. Til høyre i figur 24 ser man hvordan den dedikerte kvernen ser ut. Gjenbruk av masse har blitt gjort hos Lycro AS så si fra grunnet det økonomiske aspektet ved det. De kjøper også slik masse fra en leverandør i Sverige da det ved enkelte produkter foreligger krav om resirkulasjon av masse og at de ikke produserer nok selv. Dette for at Lycro AS sine kunder skal kunne ha de miljøsertifikatene de ønsker.



Figur 24: Vrakdeler og løpsgrener samlet for felles kverning til ny termoplast.

### *Lager og logistikk*

Når det gjelder lagerhold har Lycro AS den dag i dag lite struktur. Deres fabrikkområde har et ferdigvarelager, råvarelager og branncellerlager på hovedbygget, samt 3 separate plasthaller. Det ble observert god struktur på ferdigvarelageret, hvor varer blir sendt ifra daglig, men det foreligger dermed mindre struktur på øvrig lagerhold. Lagring av masse kan man tenke seg foregår på masselager, dette stemmer bare delvis. Det er blitt observert lagring av masse ved sprøytestøpemaskinene, i branncellerlageret, i samtlige plasthaller og på uteområdet. Det forekommer ofte lengre perioder med leting blant arbeiderne etter former, sprøytemasse, fargestoff ol. Det er også lagring av former ved maskinene, i masselager og i vedlikeholdsavdelingen. Lagring av former foregår hovedsakelig i branncellen, men større former blir lagret hvor de har plass eller anledning til å lagre de.

### *Formskift*

Formskift er en nødvendig støtteprosess for å kunne produsere. Formskift skjer ved omstilling til andre produkter enn det som allerede kjører i en maskin. Det er vanskelig å si noe teknisk om prosessen da det er en tung og teknisk prosess utført av trente arbeidere, og data fra intervjuer med formskifttere vil derfor ha en høyere gyldighet. Det man for øvrig observerte var at de ved større former ikke har mulighet for å frakte formverktøyet med truck, og de tyr da til bruk av en lånt traktor. Lycro AS leier da traktoren til en ansatt og kjører formverktøy rundt bygget for lagring i vedlikeholdsavdelingen. Bildeserien figur 25 viser prosessen. Bilde (1) viser hvordan formskifttere samarbeider, hvor en formskifter rygger på plass traktoren og den andre behandler traverskranen. Former som krever slik behandling er for tunge til å behandles med truck da disse har en maksvekt på 2 tonn, Lycro AS har flere tunge former hvor den tyngste er på over 8 tonn. Bilde (2) viser hvordan formen står på traktorplanet. På bilde (3) ankommer formverktøyet vedlikeholdsavdelingen, bilde (4) viser hvordan formverktøyet blir plassert der de finner plass. Dette er ikke en optimal løsning, men

grunnet fabrikkens layout og enkelte formverktøys vekt har de ikke mulighet til å frakte de til lager med traverskraner eller truck. Observert tidsbruk ved frakt og behandling av formverktøyet var henholdsvis 10-15 minutter, dette kommer da utenom den ordinære formskiftprosessen som tar ca. 15 minutter. En økning av tidsbruk på rundt 100 % ved bruk av traktor er ikke det eneste som følger av verktøylagring preget av making-do, men man vil over tid miste oversikten over hvor ting er plassert og unødig tid vil da gå med til leting etter utstyret.



Figur 25: Making-do utførelse av formskifte av tyngre former (over 2 tonn).

### ***Sammendrag***

Lycro AS sitt produksjonslokale ble først diskutert, hvor man fikk observert et produksjonslokale som er preget av lite gulvplass og dårlig arbeidsflyt. Lycro AS har også et stort behov for manuell arbeidskraft ved maskinene, da måten produksjonssystemet er designet på legger opp til mange steg i pakkeprosessen. Produktene kommer på små samlebånd fra maskinene og samler produkter i en samlekasse, operatører samler så disse over i pappesker, før full eske settes på pall. Fulle paller fraktes så gjennom det trange produksjonslokalet til strekkfilmmaskinen. Lycro AS har også maskiner som slipper produkter rett i kasser, og noen maskiner som legger produkter forsiktig på samlebånd. Sistnevnte pakkes så fra samlebånd over til pall eller i esker av operatørene. Produkter fra disse maskinene kan plasseres rett i kasser om man designer prosessen spesifikt for hvert produkt eller

implementerer en versatil pakkeprosess. Manglende vedlikeholdsrutiner er også noe som kom frem under observasjonene. Man fikk da vite at Lycro AS i dag ikke har noe plan for forebyggende vedlikehold, og at det er først når man oppdager feil at man rapporterer og utbedrer de. Produksjon av vrak er et resultat av formfeil, små serier og ujevn fordeling av fargestoff, og blir i likhet med løp kvernet om for gjenbruk av masse. Lycro AS har også mange lagre, og bedriftens manglende struktur medfører mye lagring på måfå, noe som kan bli sett på som making-do, i dette tilfelle at man setter noe på lager som kan medføre sløsing ved en senere anledning. For å avslutte litt der man startet runder man av med formskift som blir gjort mer tungvint enn man kunne gjort grunnet produksjonslokalets layout. Man fikk observert formskift av store former, hvor innendørs fraktesystem ikke strekker til og at man må ty til bruk av privattractor. Ved formskift med traktor må man frakte formene rundt produksjonsområdet for lagring i verkstedhallen, noe som ofte også her resulterer i lagring på måfå.

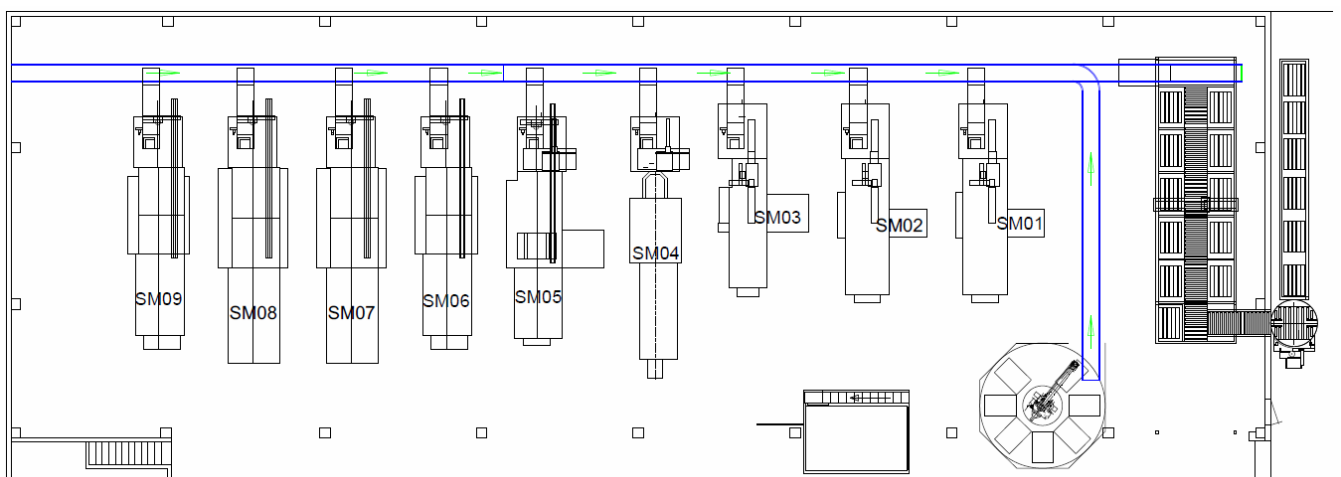
#### 4.1.2 Observasjoner ved Pipelife Norge AS' produksjonslokale

Studentene besøkte i løpet av mars måned Pipelife Norge AS sitt produksjonsanlegg i Surnadal hvor de nylig har fått på plass et helautomatisert produksjonsanlegg for sprøytstøping. Formålet med besøket var å kartlegge ulike forbedringstiltak Pipelife Norge AS har gjennomført både med tanke på Lean-inspirerte effektiviseringstiltak og en overgang fra manuell arbeidskraft til en automatisert arbeidsstyrke.

Smartline er PipeLife Norge AS sitt innomhus avløpsrørssystem som produseres i et automatisert produksjonslokale hvor det er kun arbeider en frontlinjearbeider til enhver tid.

##### Layout

Ved første øyekast av selve produksjonslokalet for sprøytstøping og dens struktur er det klart at her er det lagt vekt på en strømlinjeformet produksjonshall som skal være oversiktlig, standardisert og enkel å orientere seg i. Sprøytstøpemaskinene som er helautomatiserte, er plassert langs produksjonslokalets nordlige yttervegg med et tilkoblet 2-etajers samleband. Samlebandet er koblet til en pakke-robot og et palleteringssystem som automatisk sender ferdig pakkede produkter til



Figur 26: PipeLife's Smartline for sprøytstøpeproduksjon i Surnadal.

ferdigvarelager, som befinner seg på den andre siden av den østlige veggen hvor palleteringsanlegget er koblet opp. Videre er alle robotene koblet opp til et råstoffanlegg som automatisk mater maskinene med aktuelt råstoff, ved behov.

Man finner ingenting som er malplassert eller ligger på en plass det ikke skal. Verktøy har sin faste plass med et påmalt omriss av verktøyet slik at det ikke er noen tvil om hvor hvert enkelt verktøy skal henge. På samme måte er pappesker til pakking, allokert til sin standardiserte plass og råstoff finner man i siloer på utsiden av lokalet. I tillegg har man dedikerte hvilesteder til frontlinjearbeiderne dersom de skulle ha tid til å ta seg et pust i bakken.

Pipelife Norge AS sitt **formlager** ligger ved sprøytestøpelokalets vestre yttervegg. Formlageret i seg selv er en branncelle som bestod av høye seksjoner hvor selve formene lå oversiktlig lagret etter nummer på forskjellige nivå i seksjonene. Det er god gulvplass på lageret slik at formene kan leveres eller hentes på enkelt vis uten mye om og men. Dette står i sterk kontrast til Lycro AS sin egen lagring av former som i stor grad foregår etter «making-do» prinsippet, noe vi kommer tilbake til i et senere kapittel. Dette har Pipelife løst på en meget god måte da det er et dedikert lager til formålet.

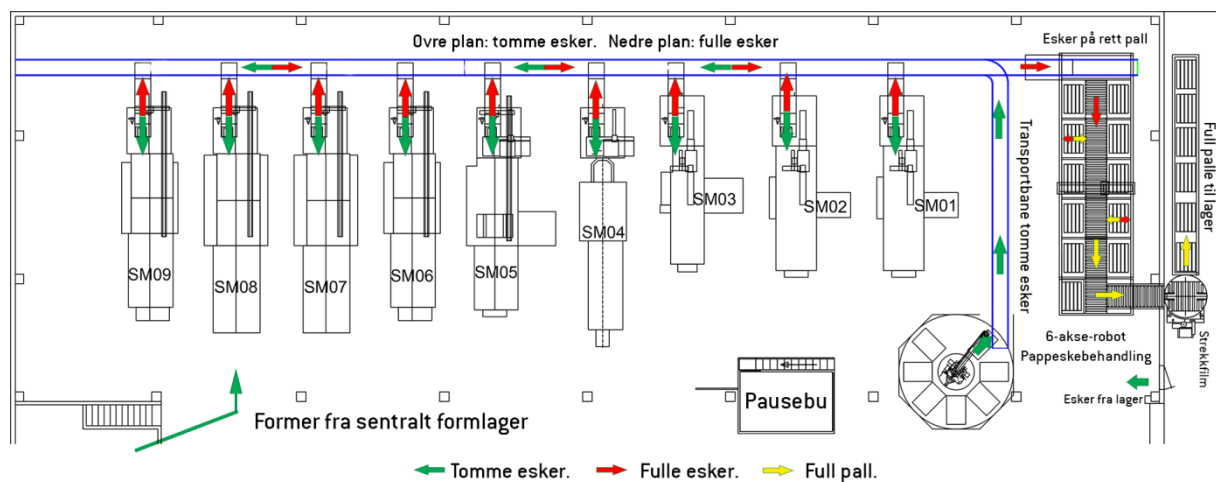
**Råstoff** til maskinene er lagret i en silo som står ved produksjonslokalets nordlige yttervegg, derfra blir det via et rørsystem som er lagt i gulvet sugd råstoff fra siloen til maskinene. Slik vil maskinene til enhver tid inneha råstoffet som trengs til produksjonen. Det kan kommenteres at for Pipelife sin sprøytestøpe produksjon produserer de enheter i kun et råstoff, nemlig polypropylen (PP). Dette forenkler prosessen angående maskinenes råstoff om man ser det opp mot Lycro AS sin sprøytestøpeproduksjon hvor det brukes over 20 ulike råstoff.

Pipelife Norge AS sin **pakke og palleteringsløsning** er interessant, da det fremstår som meget fleksibelt og automatisert. Systemet fungerer på det vis at eskene som ferdigproduktene pakkes i, plukkes opp av en 6-akset-robotarm som trer de flatpakkede eskene på en metallkant ved samlebandet som i et samarbeid mellom seg pakker ut eskene og teiper undersiden slik at den er klar til å pakkes med produkter. Eskene vil være av forskjellig størrelse ut ifra hvilke produkter som skal pakkes i dem. Deretter sendes esken via samlebandets 2. nivå til den aktuelle roboten hvor roboten pakker esken full av ferdigprodukter. Videre sendes så esken via samlebandets 1. nivå til pakke og palleteringsmaskinen hvor esken teipes og løftes på rett pall, når pallen er full sendes den til lager gjennom en åpning i produksjonslokalets østre vegg. Det er verdt å merke seg at selve pakkingen av produktene i eskene ble utført manuelt før, og med overgangen til automatisk pakking har Pipelife Norge AS redusert antall enheter per eske for å ta høyde for en noe mer ugunstig pakking med tanke på volumutnyttelse.

Vi merket oss imidlertid at roboten som plukker opp og pakker ut eskene er dårlig utnyttet da de øvelsene den utfører er enkle og således lette for et utall industriroboter på markedet. Derfor ser vi det unødvendig med en kostbar robot som med fordel kunne blitt benyttet til mer kompliserte oppgaver. Derfor drar vi frem Universal Robots to nye roboter som egner seg for enkle å lette nyttebelastnings oppgaver, i kapittel «4.9.1 Diskutering av noen positive effekter av roboter».

### Produksjonens flyt

Det er verdt å merke seg at produksjonslokalet hos Pipelife Norge AS i Surnadal er meget godt innredet med tanke på å unngå unødvendig transport av ressurser og ferdigvarer samt for å unngå unødvendig bevegelse hos den gjenværende frontlinjearbeider. Dette gjenspeiles av bildet under hvor flyten av materiell i lokalet er visualisert.



Figur 27: Flyt i Pipelifes produksjonslokale. (vedlegg 5)

Før Pipelife Norge AS sine automatiseringstiltak bestod hvert skift av 6 arbeidere som hadde ulike oppgaver som var alt fra pakking, fylle på råstoff, klargjøre produkter ved å klippe/kutte av løp til flytting av ferdig pakkede varer til lager. Alt dette skjer automatisk i dag, foruten noe jobb med maskiner som ikke er en del av Smartline produksjonslinjen.

Ikke alle av Pipelife Norge AS sine sprøyttestøpmaskiner er automatisert i like stor grad, maskinene som ikke er fullt automatiserte i lokalet befinner seg utenfor bildet av deres Smartline. Det er flere årsaker til at det fortsatt finnes maskiner som ikke er automatisert. F. eks produktets utforming, produktets etterspørsel, maskinenes funksjoner og muligheter for å utbedre de med nye roboter. Samlet sett gjør dette det mindre lønnsomt å effektivisere maskinene det er snakk om.

### Making do

I sterk kontrast til Lycro AS er det ved Pipelife Norge AS sin Smartline ikke et eneste snev av making-do. Med andre ord er produksjonen optimalisert og fungerer slik det skal uten at arbeidere må

steppe inn å finne finurlige og midlertidige løsninger for å fortsette produksjonen. Dersom man tar en kikk på noen av sprøytestøpemaskinene som ikke er helautomatisert og en direkte del av Smartlinen, kan man imidlertid legge merke til noen innslag av making-do. Som f. eks ved en av maskinene er en av arbeidsoppgavene til den ene frontlinjearbeideren i produksjonslokalet å kappe av løp på produkter som ikke har automatiserte prosesser for å gjøre dette. Dette anser vi å være innslag av making-do da maskinene kan effektiviseres slik at de tar seg av avkappet på egen hånd.

Per Holten fortalte videre om innslag av making do som han har erfart ved andre produksjonsanlegg. Det ble blant annet gjennomført innslag av making-do i kvalitetskontrollen ved et produksjonsanlegg. De hadde automatisert prosessen vha. et vision-system, men kameraet klarte visstnok ikke å registrere hvilke produkter som lå på samlebåndet 100 % av gangene. Derfor ble det etablert en sløyfe på samlebåndet hvor ferdigproduktene kom flytende. En videre drøfting av dette problemet ved vision-system kommer i kapittel «4.9.4 Roboter og vision-system».

Videre fortalte han om en bedrift som hadde innslag av tomme esker på sitt lager, noe de ikke skjønnte hvorfor forekom. Etersom de visstnok ikke fant årsaken til problemet, ble det løst ved å sette inn en vifte som stod ovenfor samlebåndet som førte inn mot lager. Dette førte til at de tomme eskene ble blåst av samlebåndet og dermed forårsaket de ikke forsinkelser i systemet.

### *Erfarte endringer ved automatisering*

Per Holten, vår kontaktperson ved Pipelife Norge AS, har ansvaret for forskning og utvikling av produksjonsanlegget i Surnadal. Han forklarte at de tidligere hadde 6 frontlinjearbeidere ved et vanlig dagskift, men trenger i dag etter automatiseringen av produksjonen, kun 1 frontlinjearbeider til enhver tid. Dette er en meget god reduksjon av frontlinjearbeidere og muliggjøres i stor grad av Pipelife Norge AS sin bruk av magnetbord ved formskift, fremfor klamper slik Lycro AS bruker i dag. Om ikke hadde minimumsantallet arbeidere til enhver tid vært 2, som følge av klampeskiftingens natur.

Slike klamper krever minimum 2 formskiftere og tar typisk 10-15 minutter å omstille. Hos Pipelife Norge AS skjer en slik omstilling av former gjerne på 2 minutter. Årsaken til dette ligger i magnetenes enkle anvendelsesområde, hvor man enkelt plasserer formen ovenfor magnetbordene og trykker på en knapp så henger formen på plass. Ved et tradisjonelt klampesystem må man ikke bare posisjonere formen opp mot klampene, men man må også feste de, som er en tidkrevende prosess sett opp mot et system som benytter magnetbord.

## **4.2 Intervjuer av produksjonsarbeidere og ledergruppen**

Opgavens fokus på produksjon og prosessen fra ferdig produkt støttes ut av formen til det pakkes og sendes til kunde, gjør de intervjuede produksjonsarbeiderne til respondenter da de innehar

informasjon og kunnskap om produksjonen og tilhørende prosesser. Respondenter utgjør arbeidere som har en direkte tilknytning til produksjonen av plaststøp hos Lycro AS, og som innehar store mengder kunnskap om produksjonen, mulige forbedringstiltak og hva som er bra den dag i dag. Intervjuobjektene hadde ulike arbeidsoppgaver, med stor varians i ansettelsestid (fra ca. 10år opp mot 40år) og tidligere erfaringer fra liknende bedrifter. Ledergruppen er informanter under intervjuene. Det vises til Metode for nærmere beskrivelse av metodikk benyttet.

### *Om arbeids- og informasjonsflyt*

Ved spørsmål om årsaker til stans i produksjonen var det i produksjonsavdelingen gjennomgående enighet om at feil på form var den vanligste årsaken til stans. Feil på form kan omhandle at deler sitter fast, lekkasje av kjølevæsker (olje og vann) etc. Hvor den vanligste feilen er feil på produkter som følge av formslitasje. Faktorer for stans i arbeidet er mer avhengig av type stilling, hvor f. eks en formskifter svarer at «feil på form» er vanligste årsak for stans i arbeidet grunnet typen arbeidsoppgaver som følger stillingen, altså at de ved formfeil må ta ut formen for så å eventuelt sette inn en ny for å holde produksjonen i gang. Arbeidere med ansvar for at det foreligger sprøytemasse svarer i tur at vanligste form for stans i arbeidet er mangel på råstoff. Mangel på råstoff er også nevnt av flere respondenter som en vanlig årsak til stans i produksjonen. Råstoffmangel kan oppstå av flere grunner, blant annet at den automatiske massetransporten stopper, kort leveringsfrist til kunde og lang leveringstid fra råstoffleverandør og rett og slett at det er glemt å foreta bestilling. Intervjuer av ledergruppen bygger også opp om at den vanligste årsaken til stans i produksjonen er feil på former, men ledergruppen ordlegger seg noe annerledes da de har et bredere syn på saken. For eksempel blir avvik på produkter nevnt før man innser at informanten snakker om avvik på produkt som følge av formfeil. Spørsmålet om stopp i arbeidet ble tolket av ledergruppen som stopp i produksjonsarbeidernes arbeid, dette kommer frem av svarene som omhandlet feilutsatte produktkategorier som f.eks. komposittdeler til Raufoss Water & Gas AS (RWG) hvor formfeil ofte forekommer grunnet lekkasje av kjølevæske (olje). Ledergruppen nevner også omstillinger som følge av korte serier, hvor man må bytte formverktøy, fargestoff og råstoff, som årsak til stopp i arbeidet. Viktigheten av god produksjonsplanlegging blir også nevnt som en kommentar til formfeil da det er viktig å få i gang produksjonen igjen. Forbedringer til ledergruppens arbeidshverdag er ikke like sammenfallende som produksjonsarbeidernes ønske om bedre informasjonsflyt, selv om en bedre tilgang på informasjon blir nevnt som forbedringstiltak hos enkelte. Det foreligger her forskjeller knyttet til ansvarsområdet informanten innehar i organisasjonen. En person med overordnet personalansvar ønsker god ansvarsallokering og god kommunikasjon, mens personer med ansvar for produksjonsaspekter nevner bedre vedlikehold,



friske produksjonsarbeidere og fungerende former som viktige aspekter for å forbedre sin arbeidshverdag.

Ved spørsmål om forbedringer til egen arbeidshverdag var svarene fra respondentene igjen veldig sammenfallende. Så godt som alle respondentene svarte på ett eller annet vis at en større tilgang til relevant informasjon ville vært med på å forbedre arbeidshverdagen. Spørsmålet «Får du tilstrekkelig informasjon til å jobbe effektivt i din arbeidshverdag» er neste spørsmål på skjema, og man kan da anta at respondentene ikke i noen grad er blitt påvirket til å tenke på tilgangen på informasjon ved dette spørsmålet, da respondentene enda ikke er blitt spurt om informasjon på noen måte. Som med årsaker til stopp i arbeidet varierer behovet for informasjon ut i fra respondentenes stilling, hvor f. eks formskiftere vil vite hvor en spesiell form befinner seg og formens status. Gjennomgående for alle produksjonsarbeidere var ønsket om en bedre og tidligere belysning av arbeidsoppgaver. Av skiftleder ble det også nevnt at en bedre opplæring av operatører vil minke deres behov for hjelp, slik at de kan være mer selvstendige i det daglige arbeidet.

Ingen av de spurte produksjonsarbeiderne mente at de fikk tilstrekkelig informasjon til å kunne jobbe effektivt i sin arbeidshverdag. Som nevnt over savner man tilgang på informasjon om formers status og plassering, men også en bedre oversikt over produksjonsplanen og fremtidige arbeidsoppgaver. Det blir også ytret ønsker om tilgang til det kommende ERP-systemet fra produksjonsarbeiderne for å kunne ha tilgang til arbeidsaktuell informasjon. Ved dagens ordning sier alle respondenter at de flere ganger daglig må gå på lengre turer for å lete etter formverktøy eller etter nødvendig informasjon. Ved formskift må de ofte lete etter 50-60 % av formene. Ledelsen svar på spørsmålet om «tiltak for effektivisering av ditt/andres arbeide» er i tråd med produksjonsarbeidernes ønske. Det foreligger en god forståelse om at det ved innføring av ERP-systemet vil bli bedre informasjonsflyt i bedriften, produksjonsarbeiderne kan da få tilgang til den informasjonen som er tilgjengelig. I et uoffisielt møte med hovedaksjonær i Lycro AS ble produksjonsarbeidernes ønske om informasjon belyst, og det kom da frem at det ved nytt ERP-system skal komme terminaler i produksjonslokalet hvor man får tilgang til tilgjengelig informasjon.

Når produksjonsarbeiderne ble spurt om «tiltak for effektivisering av ditt/andres arbeide» ble det fokusert på forskjellige aspekter, hvor noen nok en gang ville ha mer informasjon og andre fokuserte på aspekter som ville vært med på å forenkle sin egen arbeidshverdag. Eksempelvis kan man ved å gå over fra jernklemmer (skiftetid: 10-12 minutter) til elektromagnet (skiftetid: 1-2 minutter) ved formskift korte ned tiden ved formskift betraktelig. Visstnok skulle det her foreligge hindringer i forhold til dagens sprøyttestøpprosesser som gjorde elektromagneter lite egnet til formskift hos Lycro AS. Magnetbordene tar i forhold til dagens klampesystem betydelig mer plass i

sprøytestøpemaskinene, som fører til at de største formene ikke får plass i maskinen. Dette medfører igjen at noen produkter ikke kan produseres etter dagens design, med magnetbord. Med andre ord må man ved overgang til magnetbord igangsette en designprosess slik at alle de eksisterende produktene likevel kan produseres. Det foreligger også en gjensidig oppfattelse hos alle i Lycro AS om at produksjonslokalene er lite egnet til produksjon, og at det ved dagens lagerordning blir mye unødig transport. Det er et hovedlager lokalisert ved produksjonshallen, og tre separate teltlager. Med unødvendig transport menes det at man en dag må sende varer til teltlager for å så hente varene inn igjen til hovedlager for levering til kunde neste dag. Ledelsens fokus rundt tiltak for effektivisering gikk mer konkret på automatisering. Automatisering omhandler ERP-systemer, roboter, transportbånd og fargemiksere etc. for å kunne fjerne dagens manuelt utførte aktiviteter.

### *Lycro AS kontra konkurrenter*

For å få en forståelse av de ansattes syn på bedriften, konkurrenter og markedet ble det spurt om hvordan *de* tror Lycro AS skiller seg fra sine konkurrenter. Dette for å finne ut om de mener Lycro AS har et behov for endringer og hvordan de selv mener virkeligheten er.

Et fellestrekk var produksjonsarbeiderne og ledergruppens felles forståelse om at Lycro AS sin spesielle kundebase medfører korte serier. Lycro AS kjører ofte serier på 0,5-1,0 dag, mens de hos Pipelife Norge AS har 14 dagers serier. Korte serier medfører mye vrak da man må kjøre tester og innkjøre maskiner etter formskifte, på grunn av endring i råmateriale, farge eller slitasje på formene som brukes. Men Lycro AS sin mangfoldige kundebase medfører seg også positive aspekter. Både ledelsen og produksjonsarbeiderne poengterer at de innehar en utrolig bred kompetanse på forskjellige materialtyper, hvor Lycro AS bruker 20 forskjellige typer råstoff i de forskjellige produktene de produserer og Pipelife Norge AS bruker 1. Ledergruppen poengterer også at Lycro AS skiller seg ut ved at de kan tilby både vedlikehold og utforming av formverktøy til sine kunder. Lycro AS sin manglende grad av automasjon blir også nevnt i denne sammenhengen, men noe overraskende bare fra respondentene og ikke fra ledergruppen. De kommenterer Lycro AS sin dårlige utnyttelse av de roboter som allerede er en del av maskinparken, men også operatørens arbeidsoppgaver som de mener kan automatiseres. En god beskrivende kommentar er at «kunder snur i døra når de ser graden av manuell vareplukking».

En betryggende faktor er alle informantenes svar om at kompetanse var den viktigste faktoren som burde ivaretas fra dagens produksjon. Her ble automasjon nevnt som en viktig faktor for å kunne overføre kompetanse til viktige aspekter som kvalitetskontroll, vedlikehold og formskift. Produksjonsarbeidernes svar var noe mer varierende, hvor svarene inkluderte viktigheten av kompetanse og det å ivareta RWG som kunde. Det er kanskje vanskelig for produksjonsarbeiderne å

se på seg selv som å inneha viktig kompetanse, og dette kan være en delforklaring til at det er i hovedsak ledelsen som poengterer viktigheten av kompetanse i bedriften.

Som et avsluttende spørsmål ble intervjuobjektene spurt om hvordan de ser for seg Lycro AS om 5 år, spørsmålet ble spurt for å kartlegge de ansattes syn på bedriften og hvordan de stiller seg til fremtidige endringer. Det er her naturlig å starte med ledelsens syn, da de innehar mye mer informasjon om fremtidige endringer og valg som må tas. Alle intervjuobjektene kom med positive svar. Ledergruppen ser for seg en mer effektiv, strømlinjeformet produksjon med opp mot en dobling av omsetningen fra 2014. For å få til dette nevnes blant annet en større andel automatiserte aktiviteter samt en endring i produktsegmentet slik at det kan produseres i større serier med mindre ikke verdiskapende aktiviteter som f.eks. omstillinger knyttet til formskift.

### 4.3 Resultater fra spørreskjema

Spørreskjema ble delt ut til produksjonsarbeiderne og noen få i 2.etg., svarene fra disse vil vi ikke gå nærmere inn på, da spørreundersøkelsen hovedsakelig var ment for produksjonsarbeiderne. Det skal sies at svarene fra de i 2.etg. var helt i tråd med det som har kommet frem i intervjuene av informantene, hvor det ble fokusert på optimalisering av produksjonsprosessen og tilgangen på informasjon.

Spørreskjemaet var ment for operatørene, disse ble ikke intervjuet grunnet deres travle og uregelmessige arbeidshverdag som følge av skiftarbeid. Spørreskjemaet er basert på intervjuene, med enkelte forenklinger for å gjøre spørsmålene mer lettfattelige. Det ble delt ut spørreskjema til alle operatører i bedriften, av disse har vi fått tilbake 2/9. Produksjonsarbeidernes oppgaver er hovedsakelig pakking av produkter, med kvalitetskontroll av hver N-te del, fylle råstoff og fargestoff ved behov og noe rydding i lokalet. De rapporterer også til skiftleder ved maskinfeil. Da deres arbeidshverdag hovedsakelig dreier seg om interaksjon med maskinene og ferdige produkter er det naturlig at årsaker til stopp i arbeidet kommer av feil på produkter eller maskinfeil. Det kommer da ikke som noe sjokk at deres forslag til forbedringer dreier seg om tiltak knyttet nettopp opp mot dette. De etterspør mer kjennskap til maskinene, slik at de selv kan korrigere og gjøre små justeringer uten å måtte kontakte skiftleder.

Operatørene mener at de har den informasjonene de trenger for å jobbe effektivt, men noen nevner likevel at de gjerne skulle hatt mer kjennskap til produktene. Operatørenes arbeidsoppgaver er ikke preget av å trenge noe spesiell informasjon da de hovedsakelig har ansvar for å ta produkter over i esker og foreta enkle kvalitetssjekker, for ressurser gjelder det samme. Et godt forslag til tiltak for å forenkle operatørenes arbeidshverdag var en håndbok med standardiserte pakkeprosedyrer og prosedyrer for kvalitetskontroll. På hver sprøyttestøpemaskin er det i dag et ark hvor det står hvilket

produkt som produseres av maskinen og hvilke krav man har til kvalitet, det etterspørres en mer konkret prosedyre for hvordan man skal undersøke hvorvidt disse kravene er oppfylte. Kvalitet er noe operatørene mener Lycro AS skiller seg fra konkurrentene på. De mener at kvalitetskontroll og produksjon av høykvalitetsprodukter er Lycro AS sine kjerneaspekter, og her kan Lycro AS enkelt forbedre prosedyrene om ønskelig da det foreligger et ønske om faste prosedyrer på kvalitetskontroll. Men Lycro AS sin økende inkorporering av teknologi blir også nevnt som noe som skiller de fra konkurrentene. Hvorvidt dette er noe som skiller Lycro AS fra konkurrentene er vanskelig å si uten å ha befart flere av disse, men de har sett behovet for forbedring på dette området og fremtiden vil vise hvordan de løser de foreliggende utfordringer. Inkorporering av roboter og teknologi for kvalitetskontroll er bare noen av mulighetene i fremtiden.

Som omtalt i metodekapitlet gjør få respondenter resultatet fra disse undersøkelsene noe mindre holdbart. I tillegg viste det seg at flere operatører hadde vanskeligheter med å svare når de ble usikre, selv om spørsmålene var av subjektiv art og utformet slik at ingen svar skulle være feil. Dette gjør at disse resultatene har en svekket grad av gyldighet, men brukes likevel som supplement til de utførte intervjuene.

#### **4.4 Lycro Kick-off 2014**

I 2014 gjennomførte Lycro et internt «kick-off», selv om dette ikke skjedde før iverksetting av oppgaven har det supplert oppgaven og bidratt til økt kunnskapsutbytte for både studenter og bedrift, i den form av at den har gitt en økt reliabilitet til innsamlet data.

I arbeidet med masteroppgaven fikk vi av styreleder Ivar S. Alsaker tilgang til data samlet inn ved Lycro kick-off 2014, (LKO). Dette inkluderer forslag til forbedringer med kommentarer fra styreleder, hva arbeiderne er mest og minst fornøyde med og mål for 2014. Under møtet satt arbeiderne i grupper og sammen utarbeidet tiltak de ville ha utbedret.

#### **Ryddighet**

Arbeiderne fokuserer her på det samme som ved tidligere intervjuer, med enkelte tilleggs punkter. Ryddighet og renslighet var ikke tema under intervjuer eller spørreskjema fra studentene, da undersøkelsene hadde et mer overordnet fokus på stans og hindringer i produksjonen. Det skal derimot sies at ryddighet og renslighet tidlig ble nevnt til ledelsen som et godt utgangspunkt for å starte med små endringer for å få raske og små seire. Det er ønsket en gjennomgående kultur hvor det er alles ansvar å holde fabrikken ryddig. Det skal her innføres en ordning kalt ordensmann med overordnet ansvar for rydding. Ryddighet skal være en del av det Lycro AS sitt Lean-prosjekt, og vil være et godt utgangspunkt til forbedring for å få enkeltpersoner med på endringsprosessen.

### *Råstoff*

Tidligere råstoffmangel var også et tema under møtet, som kommentar til dette sier ledelsen at slike hendelser historisk har forekommet grunnet likviditetsproblemer i bedriften, og at de i dag er i en bedre likviditetssituasjon hvor slikt ikke skal skje. Det kan forekomme at Håg kommer med hastebestillinger, f. eks kom de med en bestilling som var 3 ganger så stor som tidligere kommunisert like før kick-off-møtet. Det sier seg selv at det kan oppstå problemer når Håg skal ha så korte leveringstider grunnet deres JIT-system og i tillegg ikke kommuniserer riktig informasjon til Lycro AS.

### *Planlegging og informasjon*

I samsvar med intervjuene ønsker de ansatte mer informasjon, dette kommer frem ved at de etterspør bedre kommunikasjon mellom ledelsen og arbeiderne. I dette ligger bedre planlegging av produksjon, bedre kommunikasjon mellom ledelsen og arbeiderne, bedre ressursplanlegging, tidligere beskjeder, forbedring av formverktøy og en mer strømlinjeformet produksjon. Ledelsen har kommentert at det ved innføring av ERP-systemet IQMS vil bli bedre informasjonsflyt, hvor de har planlagt å installere 2 terminaler i produksjonshallen og 1 i vaktskiftebuene. De ansatte vil da få tilgang til den nødvendige informasjonen de trenger uten å måtte gå på lengre turer å lete etter den. IQMS vil også bidra til å effektivisere produksjonsplanleggingen ved at den vet hvilke maskiner som kan bruke hvilke former og deretter legger opp produksjonen slik at man får maksimal utnyttelse. Systemet vil også bidra til bedre ressursbruk da man f. eks kan fokusere tiden som i dag går til leting, produksjonsplanlegging etc. på aspekter som i dag blir underprioritert. ERP-systemet vil f. eks overvåke hvor former ligger, hvor lenge formverktøyet har kjørt og når man bør foreta vedlikehold for å holde kvaliteten ved like.

### *2013 på godt og vondt*

De ansatte ble også bedt om komme med hva de var fornøyde og misfornøyde med innen sitt område og generelt i bedriften. Det var store forskjeller i svarene fra de ansatte, da noen svarte at de var mest fornøyd med at de trivdes på jobb, mens andre svarte at de var fornøyde med at de klarer å fikse det meste selv uten dyrt servicepersonale. Svar av første art vil bli sett bort fra. Følgende kommer positive og negative aspekter gjennom 2013 knyttet til pågående og fremtidige endringer. Svarene er blitt generaliserte og urelaterte svar er blitt filtrert bort.

### Positive aspekter

- God kompetanse generelt i bedriften
  - o F.eks. kompetanse til å fikse maskiner og formverktøy uten dyre eksterne servicefolk
- Nye eiere med giv.
  - o Har gitt ny giv blant de ansatte.
  - o Ca. 18 % omsetningsvekst 2012 -> 2013

### Negative aspekter

- Dårlig intern kommunikasjon
  - o Bedriftskulturen bygger ikke på god kommunikasjon og åpenhet.
    - Mye ris og lite ros. Flinkere å kritisere enn å hjelpe hverandre.
- Dårlig oppfølging av former fra Lycro AS Kina
- Mye vrak i produksjonen
  - o Henger etter på vedlikehold av formverktøy.
  - o Vanskelig å følge opp rutiner og prosedyrer i kvalitetssystemet.
- Uoversiktlig lagerhold.
- Dårlig produksjonsplanlegging.

De positive aspektene viser at bedriftens kompetanse er viktig, kompetansen gjør Lycro AS rustet til å utføre vedlikehold på maskiner og verktøy uten å måtte betale en tredjepart, dette gir arbeiderne rom til å lære av arbeidet slik at kompetansen vil økes ytterligere. Det kommer også frem at arbeiderne har tro på de nye eierne, og at deres engasjement i bedriften gir ny giv til de ansatte. Disse dataene er samlet i regi av eierne, og gyldigheten til disse utsagnene kan vurderes mot at det kan foreligge en undersøkereffekt som følge av at de ansatte ikke tør å være helt ærlige ovenfor ledelsen eller eierne. Sett i sammenheng med andre metoder for datainnsamling vurderes graden av undersøkereffekt som liten, da dette er i tråd med informasjon innhentet fra intervjuer og gjennom uformelle dialoger. En forklaring kan være ledelsens formidling av omsetningsvekst, som er en god pekepinn på at bedriften går mot det bedre.

De negative aspektene fokuserer på de samme aspektene som ved intervjuene, hvor kommunikasjon og informasjon er viktige stikkord. ERP-systemet vil oppfylle mange ønsker i bedriften om bedre informasjon og kommunikasjon, bedriftskulturen er noe annet. Bedriftskulturen derimot krever tid å endre, og riktig gjennomføring av organisatoriske endringer vil over tid forbedre og endre kulturen hos Lycro AS. Det har også tidligere vært dårlig oppfølging av formverktøy fra Kina, noe som har medført problemer ved benyttelse av formverktøyene. Dette kom også frem ved vårt møte med Pipelife Norge AS, hvor de nevnte at Lycro AS leverer former med «Kina-kvalitet». Dette har eierne jobbet med i lengre perioder, og kommunikasjonen mellom Lycro ved Leksvik og Lycro i Kina har forbedret seg betraktelig, som følge av dette har kvaliteten på formene også blitt bedre. Som følge av dårlige former, tidligere fra Lycro AS Kina, men også eldre og slitte former, produseres det en god del vrakdeler som tar tid å produsere, i tillegg må opphavet til feilen utbedres slik at man kan levere produkter av høy kvalitet til kunden. Bedre ressursallokering skal bidra til bedre vedlikehold ved å

frigjøre arbeidskraft fra andre disipliner, mens det nye ERP-systemet skal kunne kontrollere prosedyrene og bidra til en vedlikeholdsplan som øker reliabiliteten til formverktøyet og kvaliteten på produserte produkter.

Andre negative aspekter som ble nevnt var et oversiktlig lagerhold og produksjonsplanlegging, begge er aspekter som man har erfart gjennom observasjoner og intervjuer. Som kommentarer til disse har ledelsen at innføringen av IQMS vil bidra til mye bedre oversikt over alle lagerartikler, måtte det være råvarer, fargestoff, formverktøy og ferdigprodukter. IQMS vil også forenkle produksjonsplanleggingen som i dag hovedsakelig skjer i excel-ark. Det sier seg selv at å holde styr på lagerplasser og beholdning uten noen fast struktur, og det å planlegge produksjonen for ca. 20 maskiner i excel-ark, ikke bidrar til optimal drift og produksjon. Det positive derimot er at ansatte gjennom hele bedriften ser behovet og etterspør et system som inkorporerer alle aspekter av driften for å kunne drive bedriften fremover.

#### **4.5 Sammenfallende data**

Ved data fra flere kilder er det ønskelig å sammenfatte dataen for å vise graden av sammenheng og for å bygge opp om dataens validitet. Fra observasjoner, intervjuer, spørreskjema og sekundærkilder har man data fra forskjellige kilder med forskjeller i kontekst. Det er derfor ønskelig å sammenfatte dataen for å vise graden av sammenheng i de gitte svarene og for å bygge opp om dataens validitet.

Under observasjonene ble det observert at en større grad av automasjon vil kunne effektivisere produksjonen hos Lycro AS, dette ble også nevnt av flere under intervjuene som fremtidige forbedringstiltak. Sammenfallende data bygger opp om svarenes pålitelighet, mer spesifikt observerte man at det ved så si alle maskiner var mye manuelt arbeid som med fordel kunne vært automatisert, slik som hos Pipelife Norge AS. Lycro AS har i dag en manuell pakkeprosess for produktene, Pipelife Norge AS hadde automatisert denne aktiviteten fullstendig. Dette behovet ble nevnt fra både ledelsen og arbeiderne, og det er tydelig at det foreligger en forståelse om at bedriften må effektiviseres for å kunne eksistere i fremtiden. Behovet stemmer også overens med lønnsutviklingen i Norge, da det norske lønnsnivået ligger ca. 55 % over gjennomsnittet i EU-landene, se kapittel «2.4 Valg av teori».

Det er ikke bare pakkeprosessen som kan automatiseres, ved observasjonene så man også at løpsbehandling og kvalitetskontroll med fordel kan automatiseres. Pipelife Norge AS hadde automatisert disse aktivitetene, hos Lycro AS har de automatisert løpsbehandling ved noen få maskiner. Skal man kunne få en automatisert produksjon slik som hos Pipelife Norge AS er det viktig at man får til et system som sikrer god flyt i produksjonen og som sikrer at kvaliteten på produktene er så god som Lycro AS ønsker.

Skal man se på automasjon som en fremtidig løsning må man også få mest mulig ut av de roboter de allerede har i produksjonen. Vi observerte at de robotene som i dag brukes til å legge produkter på samlebånd ble noe underbenyttet da robotenes presisjon ikke er noen begrensning. Lycro AS vide produktspekter derimot kan gjøre tilretteleggingsprosessen lang og krevende, og mer versatile roboter med større bruksområder vil kunne løse dette for de mest komplekse produktene. Hos Pipelife Norge AS har de etter automatiseringen redusert antall frontlinjearbeidere fra 6 til 1 pr skift, og det er rimelig å anta at Lycro AS ved en like høy grad av automasjon vil kunne redusere antall operatører i produksjonen til 1 de også. Besparelser vil da utgjøre sparte lønnskostnader og brukes som et grunnlag for investeringer.

Det kommer også frem av intervjuene og fra Lycro AS Kick-off at det foreligger et ønske og en interesserte for å beholde kunnskapen i bedriften. Ved effektivisering ser man for seg å overføre arbeidskraft til viktige aspekter som kvalitetssikring, i dette ligger et større fokus på vedlikehold av former, bedre designprosesser og mer kompetanse. Det er ikke bare i intervjuer og ved LKO at dette har blitt nevnt, men også i uformelle samtaler. At dataen bygger opp hverandre gjør den mer pålitelighet og troverdig. Ett større fokus på preventivt vedlikehold vil kunne få ned antall formfeil og stans i produksjonen. Spesielt på grunnlag av at det i intervjuene ble sakt av flere at formfeil var vanligste årsak til stans i produksjonen, vil det være naturlig å anta at antall stans vil reduseres, det vil også være naturlig å starte fokusere på preventivt vedlikehold da man vil få både færre stopp i produksjonen og bedre kvalitet på produktene. Bedre kvalitet vil igjen medføre færre vrak og færre klager fra kunder, synergieffekten ved å fjerne de største grunnene til slike usunne aktiviteter er stor.

Når det kommer til behovet for informasjon, var ikke dette noe man fikk observert, men noe som kom frem under intervjuene og LKO. Dette strekker seg fra at de ansatte vil ha tidligere belysninger av arbeidsoppgaver, at de vil ha tilgang til arbeidsrelevant informasjon i forhold til sin arbeidsstilling eller rett og slett bedre kommunikasjon mellom avdelingene. En tidligere belysning av arbeidsoppgaver vil si at arbeiderne vil vite hvordan produksjonen vil bli de neste 3-4 dagene, ved dagens ordning får de informasjonen tidligst ved arbeidsdagens start. I intervjuene kom det frem at det ofte må letes etter former og råstoff som følge av manglende informasjon om plassering, dette skyldes delvis av Lycro AS manglende struktur ved lagring da dette kan skje så si overalt. Behovet for informasjon kommer også frem av LKO, hvor ledelsen her har kommentert at det nye ERP-systemet, IQMS, vil bedre informasjonsflyten i bedriften, ved at ansatte skal få tilgang til stillingsrelevant informasjon.

IQMS vil gjøre informasjonen i Lycro AS tilgjengelig til alle aktører, slik at produksjonsarbeidere kan få relevant informasjon og slik at ledelsen får informasjonen de trenger. ERP-systemet vil bidra til bedre



produksjonsplanlegging, mer oversiktlig lagerhold og til en mer gjennomsliktig bedrift med færre innslag av ikke-verdiskapende aktiviteter. Bare riktig bruk av det nye ERP-systemet vil eliminere mye av sløsing som i dag er blitt erfart. En bedre produksjonsplanlegging vil kunne redusere lagerhold, riktig informasjon ut i bedriften vil eliminere leting og vandring og dermed eliminere denne ventingen på informasjon og de unødige bevegelsene. utfordringene ligger i hvordan systemet blir brukt av arbeiderne, og man må arbeide for å skape en forståelse om at systemet ikke bare er der for å hjelpe den enkelte, men også for at hver enkelt arbeider skal hjelpe hverandre ved å oppdatere systemet med korrekt informasjon. Det hjelper lite med et altomfattende system om dataen i systemet ikke er oppdatert.

#### 4.6 Kontinuerlig endringsledelse

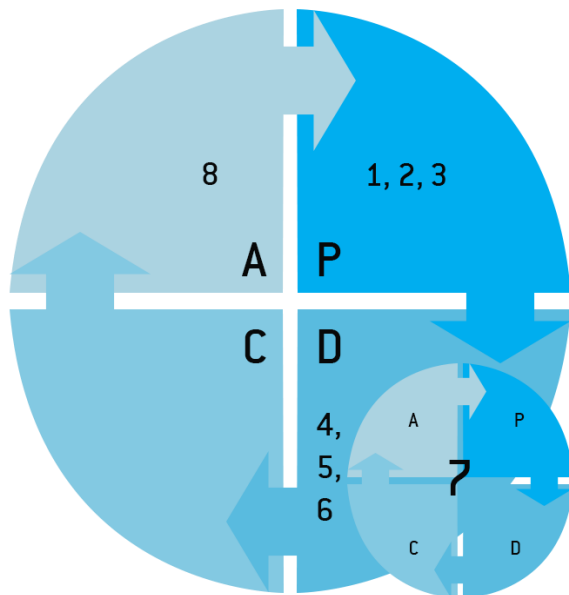
Steven Spear mener bedrifter som innfører Lean fokuserer for lite på selve gjennomføringen av endringer, og for mye på Lean-verktøy som A3, Gemba, 5S og 5 whys. Dette er gode verktøy for å kartlegge sløsing, skape trivsel, bedre kommunikasjon, skape læring og system i en bedrift, men slike verktøy står ikke på egne ben. Innføring av endringer krever endringsledelse, innføring av Lean-metodikk og verktøy er intet unntak. John P. Kotter identifiserte åtte fundamentale feil som blir begått ved organisasjonsendringer og hvordan man bør gå frem for å unngå dem. Konsekvenser ved å gjennomføre organisasjonsendringer feil kan være at nye strategier ikke implementeres i tilstrekkelig grad, man oppnår ikke forventede synergier, det koster mye energi og tid, kvalitetsprogrammer gir ikke ønsket effekt. Slike negative aspekter minker motivasjonen til de ansatte, slik at motstand mot endringer oppstår.

Endringsledelse er tilrettelegging slik at man kan komme seg fra en situasjon til en ønsket situasjon med minst mulig risiko og innvirkning på produktiviteten, Kotter's modell for gjennomføring av organisasjonsendringer er en toppstyrt metode for endringsledelse, hvor ledelsen eller mellomledelsen forbereder endringen, planlegger, får ting til å skje og opprettholder endringsprosessen, Kotter's modell blir redegjort for i kapittel «3.1.5 Endringsledelse».

Organisasjoner som gjennomfører endringer glemmer ofte å fortsette med endringsprosessen etter at man har gjennomført en endring, steg 7 i Kotter's modell, hvor man skal fortsette endringsprosessen etter første suksess og videre endre systemer og strukturer som ikke stemmer overens med den nye visjonen. Steg 8 er et resultat av å gjennomføre steg 7 riktig hvor man da over tid forankrer endringene og endringsprosessene i kulturen. Ved å forankre endringene i kulturen i en bedrift vil man forhindre at man går tilbake til «gamle metoder». Man kan se endringsprosessen i lys av kontinuerlig læring i bedriften, hvor man gjennom endringer lærer noe nytt som man igjen bruker som pådriver for videre læring og endring.

Man kan se Kotter's 8-steg for endringsledelse i lys av læringshjulet (PDCA-sirkelen) som er en modell for kontinuerlig prosessutvikling. PDCA-sirkelen er ofte brukt til å beskrive kontinuerlig læring, og man kan se disse to metodene sammen for å kunne beskrive viktigheten av kontinuerlig læring.

Tabell 2: Basert på Kotters 8 steg for endringsledelse.



1 – Skape en forståelse for at endringen er nødvendig.
2 – Opprette en veiledende koalisjon.
3 – Utvikle en visjon og strategi
4 – Kommunisere endringsvisjonen
5 – Sørge for bred handling
6 – Skape kortsiktige mål
7 – Gå på etter første suksesser, skap mer endring.
8 – Forankre det nye i kulturen.

Figur 28: PDCA + Kotters 8 stegs modell = Kontinuerlig læring i praksis

Steg 1,2 og 3 er planleggingssteg og kommer inn under planlegging(Plan) i PDCA-sirkelen. Steg 4,5 og 6 er steg hvor man får ting til å skje, altså at man utfører(Do) handlingene man har planlagt. Vi har også valgt å plassere steg 7 fra Kotter's modell i utførelsesfasen i PDCA-sirkelen, men vi har valgt å se på steg 7 som et eget læringshjul hvor man etter fullført endring skal ri på suksessen og fortsette endringsprosessen med nye endringer som passer inn under den nye visjonen. Vi har valgt å plassere Steg 7 i utførelsesfasen, slik at man ved steg 8 har gjennomført mange endringsprosesser over tid slik at man får forankret «det nye» i bedriftskulturen. Å skape varige endringer tar tid, og det er ikke bare å presentere fine ord og verktøy som Gemba, 5S, A3 osv. og anta at det blir brukt. Mennesker har en tendens til å gå tilbake til det kjente, og det er en av grunnene til at «det nye» må komme inn i bedriftskulturen slik at «det nye» over tid kan bli det man er kjent med.

## 4.7 Lean-verktøy hos Lycro AS

Med grunnlag i observasjonene og intervjuene fra tidligere kapitler vil man her komme med forbedringstiltak med grunnlag i nevnt Lean teori. Hovedfokus vil være produksjonen, med de tilhørende støttefunksjonene.

For at Lycro AS skal kunne tjene penger er det viktig å produsere produkter som tilfredsstillende kundenes krav. Det vil si at man produserer produkter med de egenskaper og attributter som kunden etterspør og/eller er villig til å betale for, altså at det har en verdi for kunden, se teorikapittel «3.1.3 Transformasjon, flyt og verdiskapning i produksjonsprosessen». Kundenes bruksområder varierer i stor grad, hvor noen bare skal ha rørprodukter som er ment for å graves ned, noen produserer stoler og andre rørkoblinger for vann og gass. Dette er 3 eksempler på forskjeller som foreligger i Lycro AS sin kundebase, hvor definisjonen av «kunde verdi» er forskjellig. Rørdeler som skal graves ned eller skjules på en annen måte har ikke like strenge krav til utseende som f. eks kontorstoler fra Håg, hvor man ikke skal ha noe form for skjegg eller misfarging. Det er viktig å påpeke at selv om det foreligger forskjeller som nevnt, har man visse grenser på hva man godtar og ikke innenfor alle produktkategorier. Rørkoblinger for vann og gass er et annet eksempel på produkter hvor det er forskjeller i hva kunden etterspør, her er både utseende, utforming og kvaliteten sentralt. Utseende, utforming og kvalitet er selvfølgelig viktig for alle kunder, men det foreligger forskjeller i arbeidstid, råvarer, utseende, utforming og kvalitet som igjen er utslagsgivende for prisen, kvaliteten og verdien for kunden. Rørkoblinger skal f.eks. være fri for skjegg, ha flere kvalitetssjekkintervaller, og vekten skal ikke variere med mer enn +/- 2 % fra produktvekten. Når man vet hva som er av verdi for kunden bør man oppfylle dette, og eventuelt skape et behov om man kjenner kunden godt. For det sier seg selv at man ved de nevnte rørdelene ikke trenger å ha de samme kravene til f.eks. skjegg og utseende som ved stoldeler eller rørkoblinger. Hadde man hatt det ville kostnader knyttet til tester og krav til kvalitet medført dyrere produkter, uten at det hadde gitt kunden noe mer verdi. Det er derfor viktig å vite hvilke aspekter som kan øke verdien hos kunder eller redusere kostnader for Lycro AS slik at man får en effektiv produksjon med størst mulig grad av verdiskapende aktiviteter.

Fra observasjoner og intervjuer har man flere aspekter man kan effektivisere, gjøre mer «Lean», og med mindre innslag av ikke-verdiskapende aktiviteter. Ikke-verdiskapende aktiviteter driver kostnader og utgjør de aktiviteter som utføres i produksjonen som ikke er nødvendige og som ikke er av verdi for kunden. Man har også ikke-verdiskapende aktiviteter, som er nødvendige, for å kunne utføre verdiskapende aktiviteter.

Det er ønskelig å kartlegge hvilke aspekter av produksjonen som er verdiskapende, ikke-verdiskapende og nødvendige slik at man kan eliminere mest mulig av sløsing hos Lycro AS. Det er

naturlig å se på transformasjonsprosessen som verdiskapende, da man uten denne ikke har noe produkt av verdi å selge til kunder. Videre kan man se på flere prosesser som verdiskapende, fordi man uten de ikke ville fått sendt produkter til kunde, et eksempel her er operatørens pakking. Det vil falle mer naturlig å omtale en slik prosess som nødvendig, da man er avhengig av å få pakket og transportert produktene. Men det er flere aspekter man må ta hensyn til, en av disse er hvorvidt de nødvendige aktivitetene blir utført på en effektiv måte og om man kan utføre de mer effektivt, både tids- og kostnadmessig. Er det tilfelle kan man se på måten aktiviteten er løst på som sløsing. Hos Lycro AS ble det observert flere aspekter av slik sløsing.

#### **4.7.1 Sløsing i produksjonen**

Som nevnt over er sløsing aktiviteter som ikke gir verdi til kunden, det vil først bli sett på sløsing i behandlingen av produkter etter at de er blitt støtt ut av formen. Som man kan lese i observasjonskapittelet ble det observert at det i dag er manuell pakking av produkter i kasser eller på pall. Denne aktiviteten tilføyer ikke noe verdi til produktet, men er nødvendig for å kunne selge og tjene penger. Sammenligner man Lycro AS mot Pipelife Norge AS ser man to forskjellige måter å løse pakkingen på, hvor den ene er med liten grad av automatisering og den andre er helautomatisert. Det kan her diskuteres om hvorvidt pakkeprosessen hos Lycro er preget av sløsing, da man har operatører som utfører aktiviteter som kunne vært utført automatisk. Det man må tenke på er kostnader knyttet opp mot innføringen av et slikt system, og deretter se dette opp mot kostnadene man har ved dagens system. Man må da også se på hvordan effektiviteten i produksjonen påvirkes, blir effektiviteten bedre ved automatisering og kostnaden for innføring ikke får for lang inntjeningstid, vil valget være enkelt. Som man kan lese av observasjoner hos Lycro AS og Pipelife Norge AS, har operatørene også som oppgave å foreta kvalitetskontroll av produktene, Pipelife Norge AS hadde automatisert denne prosessen for å kunne ha en produksjon med høy grad av automatisering. En automatisert produksjon krever derfor færre operatører, og man kan derfor se på Lycro sin pakke- og kvalitetskontroll som preget av sløsing. Av de syv formene for sløsing fra TPS nevnt i teorikapittel «3.1.3 Transformasjon, flyt og verdiskapning i produksjonsprosessen», kan man diskutere hvorvidt det kan anses å være synlig sløsing.

Av de syv formene for sløsing har man erfart overprosessering, unødvendig transport, venting, unødvendig bevegelse, produksjon med feil og making-do i produksjonen hos Lycro.

#### **Overprosessering**

Man kan se på behovet for å etterarbeide enkelte produkter som overprosessering og sløsing da dette bare medfører ekstrakostnader for Lycro AS. Lycro AS har som nevnt i observasjoner maskiner som automatisk klipper løp og behandler disse, dette må sees på som en enklere tilnærming til behandling av løp enn den manuelle klippingen av løp ved de fleste maskiner. Det er også naturlig å

nevne fjerning av skjegg på produkter som overprosessering da aktiviteten ikke er noe som øker verdien for kunden, produktkravet er allerede fri for skjegg. Skjegg på produkter kommer av slitte former, og er et direkte resultat av manglende preventivt vedlikehold.

### *Unødvendig transport*

Som nevnt i tidligere kapitler er produksjonsområdet hos Lycro AS lite egnet til produksjon, dette fikk man observert og erfart i dialoger med de ansatte. Som man kunne se på figur 15, er det trangt i produksjonslokalet, noe som medfører at det er vanskelig å forflytte enkelte produkter til ønsket lagringsplass, som medfører sløsing ved transport. Sammenligner man Lycro sin prosess med Pipelife Norge AS sin transport av ferdigprodukter vil man se at det foreligger unødvendig transport av ferdigvarer. Pipelife Norge AS har automatisert transporten for esker og paller, noe som medfører at de ikke trenger separate aktiviteter for transport.

Det ble også observert at formskiftere ved skifte av større former, over 2 tonn, ikke kan transportere former innendørs med traverskran eller truck, grunnet at formenes vekt overstiger bærekraften til truckene og at traverskranen ikke har dekning. Dette blir løst ved å transportere former rundt produksjonsbygget og inn i verkstedhallen. Dette medfører unødvendig transport og tidsbruk på to personer og må sees på som sløsing. Det at former blir plassert litt overalt kan også sees som making-do, som kan sees på som sløsing da man senere må utføre samme prosess i revers. Det kan også ende med at man må lete etter aktuelle formen da man ikke vet dens plasseringen ved en senere anledning, noe som igjen medfører sløsing.

### *Venting*

Den tiden en operatør venter på at maskinene skal produsere kan sees på som venting og sløsing. Det vil også forekomme venting om det oppstår feil ved maskinene da operatører ikke innehar kunnskap til å fikse slikt selv. Om det foreligger venting hos Pipelife Norge AS er en diskusjonssak, da man kan si at roboter også må vente til det er klart å utføre en aktivitet, men hvorvidt dette kan sees på som sløsing er mindre tydelig, da robotene ikke koster noe å ha inaktive og at roboter kan programmeres slik at man får minst mulig venting og best mulig flyt og gjennomløpstid. Det kan derfor være logisk å tolke det slik at man ved automatisering ikke har unødvendig venting, og at man ved manuell utførelse ikke vil kunne tilpasse seg på lik måte etter takttiden og dermed vil man få unødvendig venting i forhold til en «best practice» som hos Pipelife Norge AS. Man kan så påstå at mennesker kan utføre andre oppgaver i stedet for å vente og at venting derfor ikke trenger å oppstå, det må da vurderes om disse aktivitetene er verdiskapende for produktet. I produksjonen har man bare vurdert transformasjonen som verdiskapende, og man kan dermed si at venting oppstår og er ikke-verdiskapende.

### Unødvendig bevegelse

Lycro sitt lite egnede produksjonslokale medfører en del unødvendig bevegelse, ikke bare som resultat av utformingen av produksjonslokalet, men også grunnet bedriftens informasjonssystem og manglende struktur på hvor verktøy og materialer blir plassert. Fra intervjuene kom det fram at de ansatte flere ganger må lete etter former, verktøy og informasjon i løpet av arbeidsdagen. Slik unødvendig bevegelse kommer av dårlig struktur og orden og medfører at de ansatte må bruke arbeidstiden på ikke-verdiskapende aktiviteter som leting og venting, i stedet for å utføre aktiviteter som er verdiskapende eller nødvendige for å opprettholde god flyt og sunne aktiviteter gjennom produksjonen.

### Produksjon av produkter med feil

Produksjon av vrak, altså produkter med feil, er dessverre noe som forekommer ofte hos Lycro AS. Som resultat av manglende preventivt vedlikehold, korte serier, ujevn fordeling av fargestoff, formfeil etc. Produksjon av vrak gir ingen verdi til kunden, og driver kostnader i form av sløsing av tid og ressurser. Det vil også gå med tid for å kartlegge og utbedre feilkilder, og om produktet har kommet seg til kunde før feil ble påvist vil det medføre tid til kundebehandling og i verste fall at man må produsere forsendelsen på nytt.

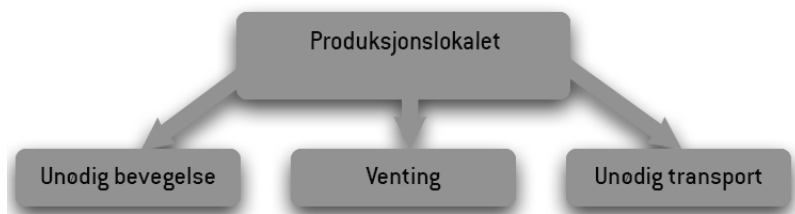
### Hvor skoen trykker

Man kan nå se sløsing i

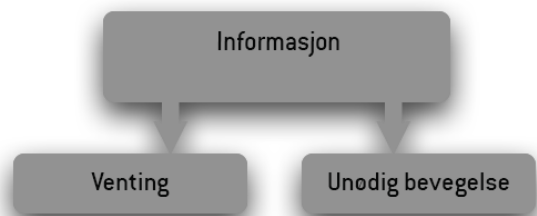
sammenheng og se at man har 3 hovedkilder til sløsing hos Lycro AS i dag, disse er et lite egnet produksjonslokale,

informasjonsmangel og manglende preventivt vedlikehold. Produksjonslokalet er lite egnet til produksjon, og dette medfører at arbeiderne beveger seg unødig, må vente unødig og transportere unødig. Et godt eksempel er ved formskift av større former hvor disse tre formene for sløsing er til stede. Arbeiderne må her samarbeide to og to, hvor den ene må vente på at den andre henter og

rygger til traktor, så må de transportere formen rundt produksjonsområdet, formen blir så lagret hvor man finner plass. Som igjen kan medføre at man ikke finner formen ved en senere anledning.



Figur 29: Sløsing forårsaket av produksjonslokalets layout.

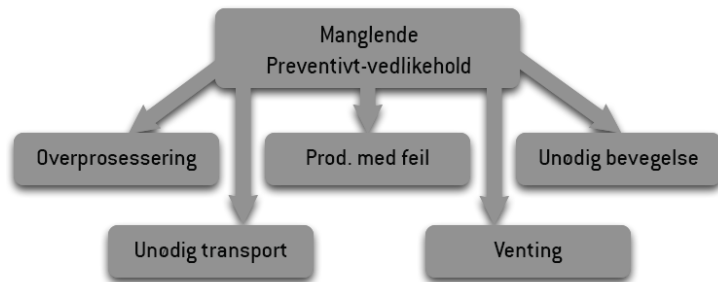


Figur 30: Sløsing forårsaket av informasjonsmangel.

Produksjonslokalet medfører også at det foregår lagring av ressurser sporadisk, som også medfører unødvendig leting og bevegelse rundt omkring i lokalet.

Det at de ansatte sa at de måtte lete etter ressurser henger sammen med at de ikke har arbeidsrelevant informasjon, dette er ofte informasjon om hvor ting er lagret eller plassert noe som medfører leting etter ressurser eller informasjon.

Til sist må man nevnte manglende preventiv vedlikehold som en kilde til sløsing. Manglende preventiv vedlikehold kan medføre overprosessering, unødvendig transport, venting, unødvendig bevegelse og produksjon med feil. Man



Figur 31:Sløsing forårsaket av manglende preventivt vedlikehold.

kan også diskutere om manglende

preventivt-vedlikehold er en form for making-do i vedlikeholdssystemet som medfører at flere påfølgende prosesser får innslag av sløsing. Ved slitte former medfører dette skjegg og andre småfeil noe som kan medføre at produktet blir sett på som vrak, eller at man må ty til manuell fjerning av skjegg eller løp noe som kan bli sett på som overprosessering. Venting kan også oppstå ved at man arbeiderne må vente på at produksjonen stopper, at overordnet godkjenner avviket etc. Unødvendig transport vil også oppstå ved at man evt. må skifte formen og forflytte den til verksted eller ved at man må transportere vrak til kverning.

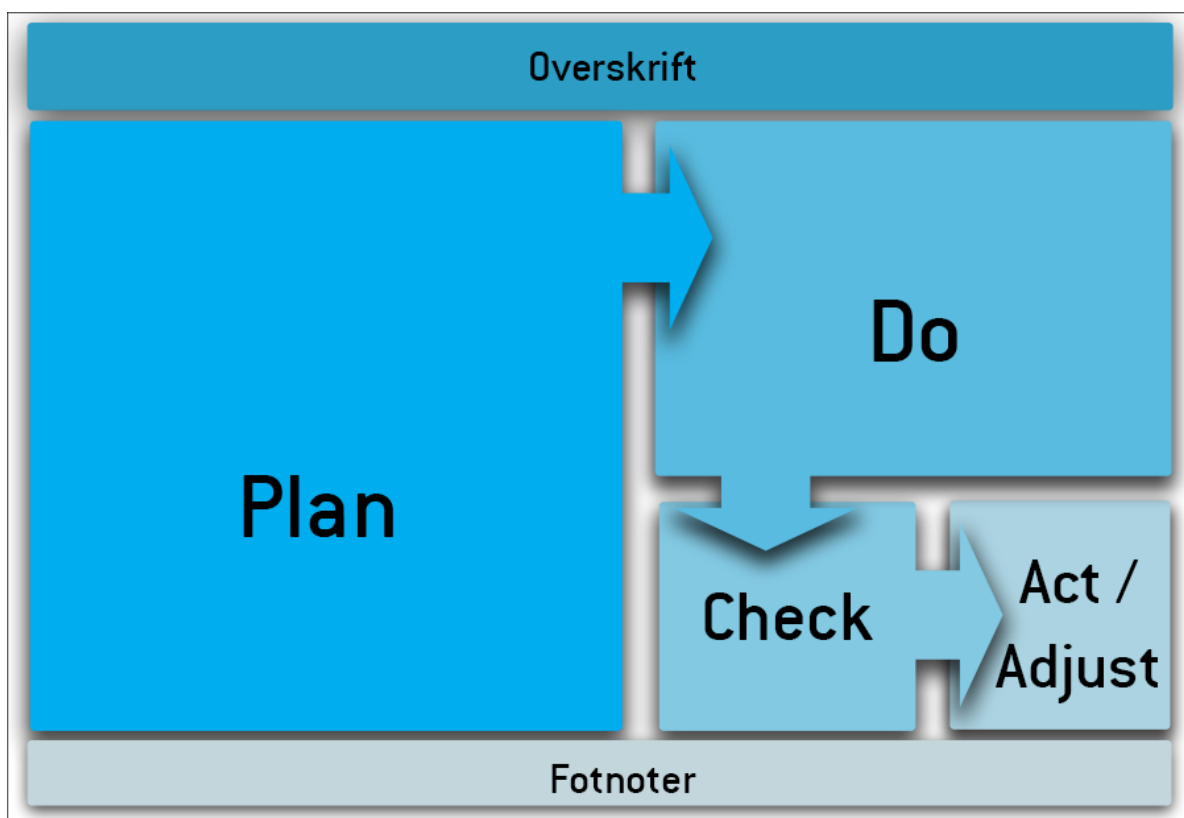
### Gemba

Gemba innenfor Lean manufacturing vil si at ledelsen i bedriften må vite hvordan aktiviteter og prosesser utføres, slik at de vet hva som må gjøres for at bedriften skal fungere best mulig. Dette kan løses ved at lederne observerer produksjonen, ofte kalt «Gemba walks». Ledelsen i Lycro AS vil da få observert og erfart hvor skoen trykker, slik at det blir lettere å hindre sløsing og unødig tidsbruk. En slik «Gemba» av ledelsen vil kunne skape en dialog med de ansatte, hvor man kan stille spørsmål og fremme viktigheten av de ansattes kompetanse. Det kom fram av intervjuene at det nærmest forelå et klaseskille mellom produksjonsarbeiderne og ledergruppen, dette kan komme av at gruppene er separerte og/eller av dårlig kommunikasjon og manglende åpenhet. Det kom frem av intervjuene at kompetansen i bedriften var viktig for ledelsen i Lycro AS, men at skillet mellom avdelingene hindret denne holdningen i å bli formidlet til produksjonsarbeiderne. Å gjennomføre «Gemba» vil kunne fremme positive meninger og holdninger ut i bedriften og bidra til å øke motivasjonen hos de ansatte, både ved å vise viktigheten av arbeidsrelevant kompetanse og ved å inkludere de ansatte i

prosessen. Et annet verktøy ledelsen kan bruke for å inkludere og øke motivasjonen hos de ansatte er A3.

### A3

A3 blir av Sobek & Smalley (2008) beskrevet som PDCA for viderekommende. A3 er ikke en byggestein, men en komplementær strategi for å styrke utbredelsen av Lean-tankegangen. Bruken av A3 vil kunne forenkle implementeringsprosessen og problemløsning ved at man får involvert arbeidere fra alle fagområder. Figur 32 viser hvordan A3-ark kan brukes som en praktisk utnyttelse av PDCA-sirkelen for en demokratisk diskusjon eller endringsprosess, for informasjon om de spesifikke stegene i PDCA-sirkelen se kapittel «3.1.6 PDCA».



Figur 32: Basert på David Lahote's figur for PDCA som A3 metode.



## 4.8 Informasjonsflyt hos Lycro AS i dag

Arbeidsprosessen ved Lycro AS kan deles i tre deler; Verdiskapende arbeid, tilretteleggende arbeid og dokumentasjon av dette arbeidet. Tredelingen gjelder hele verdikjeden for sprøytstøping, men spesielt i produksjonslokalet for sprøytstøping etter flere observasjoner der. Et eksempel er en produksjonsarbeider, som kvalitetskontrollerer produkter etter gitte kriterier fra en arbeidspakke, for så å melde fra til kvalitets- og produktansvarlig, dersom kvaliteten ved produktene ikke svarer til kriteriene i arbeidspakken. Rapporteringen foregår verbalt ved at produksjonsarbeideren varsler gruppeleder for skiftet, som igjen tar dette verbalt til kvalitets- og produktansvarlig, ansikt til ansikt ved lokalets 2. etasje. Utdelingen av arbeidspakker foregår typisk ved start av dagens skift.

I praksis medfører en verbal rapportering av utført arbeid at gruppeleder, evt. produksjonsarbeider må forlate produksjonslokalet i byggets 1. etasje for å oppsøke kvalitets- og produktansvarlig i byggets 2. etasje. Dette gjøres ved å benytte et av produksjonslokalets flere trapper og tar typisk ikke mer enn et par minutter hver vei, og vil således ikke belaste den verdiskapende arbeidstiden betraktelig. Vi erfarte likevel ved flere besøk at det ved byggets 2. etasje gjerne flere ganger for dag forekommer diskusjoner mellom kvalitets- og produktansvarlig og maskinstiller angående kvalitet på prøvekjørte produkter, og da har det spesielt vært mye snakk om skjegg på produktene. Tiltaket med å forflytte seg mellom produksjonslokale i 1. etasje og ledelsen i 2. etasjen kan således beslaglegge en del tid fra maskinstillernes opprinnelige arbeid og vi anser det dermed slik at det foreligger et forbedringspotensiale ved å ta kommunikasjonen av slikt via et elektronisk system.

Det fremkommer videre av intervjuer og evalueringsskjema at arbeidere ved ulike avdelinger mener et IKT-system vil forenkle og forbedre kommunikasjonen betraktelig ved Lycro AS Leksvik. Dette kommer frem som følge av et svakt kommunikasjonssystem mellom bedriftens 1. og 2. etasje, altså mellom frontlinjearbeiderne og de mer administrative arbeidsstillingene.

### 4.8.1 Fremtidig IKT-system

Med bakgrunn i forrige kapittel blir det klart at rapportering og samhandling mellom bedriftens 1. og 2. etasje har et betydelig forbedringspotensial. Det finnes flere ulike elektroniske styringssystemer, hvor Lycro AS per i dag benytter seg av excel-ark som distribueres over deres intranett<sup>31</sup>. Det er dermed klart at uavhengig av hvilket av de moderne IKT-systemene som produseres og brukes i dag vil det uansett foreligge betydelig forbedringer i forhold til dagens praksis. Det er derfor meget interessant at Lycro AS har gått for et ERP-system<sup>32</sup> som er skreddersydd for sprøytstøpebedrifter. Et mulig alternativ hadde vært et egenprodusert elektronisk informasjonssystem, men det kommer

---

<sup>31</sup> Intranett = Internt nettverk for en bedrift, hvor kun de ansatte i bedriften har tilgang.

<sup>32</sup> ERP system = Enterprise Resource Planning system; programvarepakke som omfatter minst to system.

frem etter samtaler med de ansatte i bedriften, at Lycro AS verken besitter kompetansen eller ledig arbeidskraft for å iverksette et slikt prosjekt. Uansett ville det krevd et betydelig antall arbeidstimer å utarbeide et så komplett system som det de skal implementere i dag. Den største fordelen med å utvikle det selv ville uansett vært at programmet hadde vært skreddersydd til bedriften og dens behov, disse kriteriene blir nå uansett oppfylt ved at de har gått for et skreddersydd system for sprøytestøpebedrifter. Vider poengterer administrerende direktør, Morten Theodor Sandaas, at det ikke er uvanlig at bedrifter bytter IKT-system hvert 4 år. Han poengterte videre at dette ikke er aktuelt for Lycro AS da han ser for seg en horisont på ca. 8 år med det systemet de skal innføre. Dette begrunnes i at selv om programmene videreutvikles vil ikke deres behov endre seg nevneverdig i løpet av denne tidshorizonten. Dette er også forklaringen på hvorfor Lycro AS valgte å investere i private servere som skal stå ved bedriftens eget bygg og driftes av deres egne ansatte. Alternativet var at serverne stod hos leverandør og at de driftet de, som blir betydelig dyrere, evt. å leie serverplass hos serverhotell<sup>33</sup>. Fordelen med valgt løsning er at de ikke blir påvirket av strømstans andre steder, og dersom det verst tenkelige skulle skje så har de en serviceavtale med 24/7 service. med avtale om reparasjon innen 4 timer.

### **Utforming av IKT-system**

Ved overgang fra arbeidspakker i papirform til elektroniske arbeidspakker vil informasjonen alltid være oppdatert. Dessuten vil et nettbrett som skal plasseres ved hver maskin være mer håndterlig og hendig enn dagens papirer som klistres opp på maskinene.

I praksis kan dette være et system hvor kvalitets- og produktansvarlig får beskjed om mulige problemer/endringer fra produksjonsavdelingen om hvilke produkter det har oppstått problemer med, evt. hvilke produkter som har hatt en tilfredsstillende innkjøringsprosess. Kvalitets- og produktansvarlig kan da enkelt godkjenne produkter ut i fra data som systemet tilbyr.

#### **4.8.2 Logistikkutfordringer - sporing av utstyr**

Ved samtale med administrerende direktør ved Lycro AS angående det nye ERP-systemets sporing av verktøy ble det klart at dette ikke enda er kartlagt, men at det er flere løsninger med tilhørende utfordringer.

Først vil vi ta for oss RFID som metode for å spore verktøy i produksjonslokalet og ved ulike lagre, for deretter å se på bruk av manuelle metoder, som blant annet strekkoder og skriftlig



**Figur 33: Bildet illustrerer RFID brikkenes størrelse som enkelt lar seg feste på ulike anordninger.**

<sup>33</sup> Serverhotell = Lagringsplass på server som selges av bedrifter som drifter disse.

registrering.

**RFID (Radio frekvens identifikasjon)** er en metode for å lagre og hente data ved hjelp av små enheter kalt RFID-brikker. Disse inneholder antenner, som gjør de i stand til å motta og sende radiofrekvenssignaler, og kalles ofte for RFID-sendere. Videre trenger de ingen strømkilde dersom man benytter seg av de såkalte passive versjonene. Brikkene festes til eller bygges inn i en enhet, verktøy o.l., som gjør den i stand til å kommunisere vha. radiofrekvenssignaler til ERP-systemet slik at alt personell ved bedriften får tilgang til informasjonen.

Ved implementeringen av en slik teknologi vil man automatisk løse problemet angående lokalisering av utstyr og tilknyttet informasjon. Med utstyr menes: verktøy, råvarematerialer, ferdigvarer ol.. Med andre ord vil man ikke behøve å iverksette en endringsledelse for å skape en kulturendring hvor de ansatte må bli vant til selv å registrere hvor utstyr ligger, som igjen kan være en tidkrevende prosess ved feil implementering.

**Manuell registrering** kan gjøres på et utall forskjellige måter, her har vi imidlertid valgt å se på strekkoder, som ble ytret som en mulig løsning for Lycro AS, og skriftlig registrering vha. terminaler.

Strekkoder vil på samme måte som RFID-brikker festes til utstyr, og kan i tillegg festes til nøkkellokasjoner som ved alle sprøytstøpemaskiner og lagerhold. På denne måten kan de ansatte vha. mobile enheter skanne strekkoden på utstyret, f. eks sprøytstøpeform og strekkoden på sprøytstøpemaskinen slik at disse to strekkodene til sammen fungerer som koordinater for hvor utstyret er, og at det er i bruk ved maskinen. Ved skriftlig registrering vha. terminaler og evt. smarttelefoner må man skrive inn aktuell informasjon og metoden vil slikt sett være en mer manuell prosess en ved bruk av strekkode.

Den utslagsgjørende forskjellen fra RFID brikker til de manuelle registreringsmetodene, er at de ansatte må utføre en prosess for at ERP-systemet skal reflektere virkeligheten i produksjonslokalet. For at de ansatte skal utføre denne prosessen er det viktig at den blir inkorporert i arbeidskulturen og således blir en vane i deres daglige arbeid. Om ikke kan det være lett for de ansatte å overse eller glemme denne prosessen, som igjen kan føre til at selve implementeringen av strekkodene er nytteløst. Dette fører til at systemet ikke representerer virkeligheten ved produksjonslokalet og kan således bli villedende å forårsake mer sløsing da arbeidere kan lete etter utstyr som er registrert på et lager, men i realiteten ligger en annen plass.

Med andre ord vil man ha brukt tid og ressurser på å implementere et system som ikke fungerer, som i praksis er lik dagens situasjon.

Problemet angående sporing av utstyr ved produksjonen vil altså ikke løses simpelthen ved implementeringen av strekkoder eller tilsvarende manuelle metoder, det kreves i tillegg at man iverksetter en endringsledelse med mål om en kultur endring. RFID brikker fungerer således som den klart enkleste metodikken med tanke på gi ERP-systemet et virkelig bilde av produksjonen, da den ikke trenger en kulturforankring som følge av at dens registreringer skjer automatisk uten innspill fra de ansatte.

### ***Vedlikehold - preventivt arbeid***

Lycro AS mangler som nevnt tidligere et system for preventivt vedlikehold, hvor dagens system hovedsakelig er basert på rapportering av oppståtte feil. Men bedriften har god kompetanse innen vedlikehold, og det har blitt nevnt at man ved effektivisering vil overføre frigjort arbeidskraft til områder som bla. vedlikehold. Preventivt vedlikehold vil øke den gjennomsnittlige kvaliteten på formene, og man vil også få et mindre antall formfeil som følge av at man får utbedret feilkilder før de blir for store eller at de forårsaker vrak og stopp i produksjonen. Det vil selvfølgelig ikke være mulig å forebygge alle feil, men null feil bør være et mål i det lange løp.

Et godt hjelpemiddel på veien mot preventivt vedlikehold og mindre formfeil er det nye ERP-systemet, IQMS, som vil overvåke produksjonen og kan deretter komme med prognoser på vedlikeholdsrutiner. Systemet vil ha oversikt over hvor mange produkter et formverktøy har produsert, brukt plastmasse og tiden siden siste vedlikehold. Som nevnt tidligere i kapittelet har systemet behov for å inneha den riktige informasjonen om virkeligheten det omfatter, så for Lycro sin del vil utfordringene ligge i det at systemet må være oppdatert med den dataen som behøves for å kunne foreta beregninger om vedlikeholdsrutiner. Over tid vil Lycro AS utvikle kunnskap om effekten av preventivt vedlikehold og deretter kunne justere prognosene for optimalt vedlikehold for å oppnå best mulig kvalitet og minst mulig feil.

### **4.8.3 Innspill til elektroniske arbeidspakker og terminaler**

Ved implementeringen av det nye IKT systemet ved Lycro AS, skal det settes ut nettbrett som er koblet opp mot systemet, på hver eneste sprøyttestøpemaskin og i tillegg en terminal i produksjonslokalet og en i operatørenes pauserom. Arbeiderne kan da i teorien ved å benytte hvilken som helst av disse enhetene, koble seg opp til IKT-systemet og tilegne seg ønsket informasjon som kan være alt fra arbeidspakker og fremdriftsplaner til produksjonskapasitet og lønnsberegninger. Dette er som sagt i teorien, da man av erfaring vet at det er vanlig å begrense tilgang til noen offentlige nettsider ved arbeidsplassen.

Svakheten med systemet er imidlertid at man må bevege seg bort til en terminal for å interagere med ERP-systemet, som kan være tidkrevende nok under visse omstendigheter. F. eks kan det hende at formskiftere tar med seg en form rundt bygget vha. traktor, slik det praktiseres i dag ved tunge former, og ved ankomst ved formlageret blir usikre på hvor formen skulle plasseres, i henhold til instruksene fra ERP-systemet. Da må en av formskifterne bevege seg fra formlageret og tilbake til produksjonslokalet, som utgjør sløsing i form av unødvendig bevegelse. Denne sløsing kan igjen minskes ved å plassere terminaler ved formlager, men faktum er at man ikke kan ha terminaler ved hver eneste posisjon ved produksjonsområdet man kan få behov for det. Vi foreslår derfor en utforming av en klient for mobile enheter, slik at ansatte kan aksessere systemet ved behov, uten unødvendig bevegelse. Dette fordrer

igjen spørsmålet om klienten skal gjøres tilgjengelig på de ansattes egne smarttelefoner, eller om man skal gå til innkjøp av telefoner til dette spesifikke formålet. De jobber tross alt i et industrimiljø som er preget av bruk av olje, kobberpasta og smurning. Dette og flere faktorer vil sannsynligvis sørge for at de ansatte ikke vil ta i bruk sin



Figur 34: Samsung Galaxy S5 Active, som er spesielt utformet for krevende arbeidsmiljø.

egen smarttelefon, da dens kvalitet fort kan forringes i et slikt miljø. Det anbefales derfor å heller se på muligheten for å gå til innkjøp av smarttelefoner til dette spesifikke formålet. Det kan da med fordel kartlegges hvilke arbeidsstillinger som har et klart behov for det, som kan redusere innkjøpets størrelse. Det poengteres videre at det i dag eksisterer smarttelefoner designet nettopp for å tåle belastning som eksisterer ved industri miljø, Samsung Galaxy S5 Active er et eksempel på en slik smarttelefon.

#### 4.8.4 A3 tankegang og IKT-systemer

Kjernen i A3-tankegang er å så effektivt som mulig kommunisere viktig informasjon. Med et standardisert utgangspunkt hvor det som skal kommuniseres må få plass på et A3-ark, kan filosofien sies å være utviklet for kontorjobber. Vi mener imidlertid at tankegangen kan og burde overføres til elektroniske system. Dette kan praktiseres ved hjelp av terminalene som skal plasseres rundt omkring i bedriften, samt det faktum at smarttelefoner og nettbrett er svært utbredt i dagens samfunn. Dette vil altså fjerne hindringen, fysisk avstand. I tillegg kan det tenkes at den elektroniske plattformen vil eliminere behovet for å filtrere informasjon gjennom arbeidere på ulike nivå.

Det påpekes videre at benyttelsen av elektroniske informasjonsplattformer kan styrke de lavutdannedes muligheter for læring, involvering og påvirkning. Dette vil igjen føre til en sterkere involvering av frontlinjearbeiderne og føre Lycro AS et steg nærmere en Lean-filosofi samt den norske arbeidslivsmodellen. Dette begrunnes i at effekten av en slik innføring vil kunne desentralisere makt og ansvar. Videre vil det fungere som et godt supplement til PDCA-sirkelen som fokuserer på kontinuerlig forbedring.

Et utbredt IKT-system bestående av håndholdte enheter og diverse sentraler i bedriftens lokaler vil styrke mulighetene for informasjonsinnhenting og -levering. Videre mener vi også at det vil føre til en økt ansvarliggjøring som igjen fører til en økt motivasjon som gir en følelse av være en viktig del av bedriften.

#### 4.9 Automatisering av Lean produksjon

Tradisjonelt har ikke roboter spilt en fremtredende rolle i gjennomføringen av Lean-strategier. Roboters evne til repeterbarhet, hurtighet, nøyaktighet og fleksibilitet gjør imidlertid deres rolle stadig mer fremtredende.

De siste tre tiårene har det foregått en robotisering av industrien, som har gjort det mulig for bedrifter å automatisere produksjonen. Denne robotiseringen har bidratt til *høyere produksjonsrater, forbedret kvalitet med redusert inngripen av manuell arbeidskraft*, samt at det har *hevet innholdet i arbeidet* for de ansatte ved å fjerne repetitive, kjedelige og farlige arbeidsoppgaver. De overnevnte årsakene til automatisering kan møtes som følge av roboters tydelige fordeler, se liste under, som forbedrer suksesskriterier som repeterbarhet, høy nøyaktighet, hurtighet og fleksibilitet:

- Robotene kan heve kvaliteten og konsistensen samt redusere sløsing ved sine gode evner for repeterbarhet.
- Roboter er raske og konsekvente arbeidere og kan således øke produksjonsraten og redusere ventetid i produksjonen.
- Roboter har en iboende evne for nøyaktighet som kan medføre færre skrap i produksjonen.

Det er imidlertid ikke slik at disse observerte fordelene garanterer at overnevnte suksesskriterier blir oppfylt, dette er hva man kan oppnå som følge av en automatisering vha. roboter. Det er altså ikke slik at man ved å innføre automatiserte systemer gjør produksjonen Lean. En ting som ofte blir oversett er det faktum at automatiserte systemer kan fremskynde skapningen av sløsing og dermed redusere profitabiliteten, dersom de ikke er hensiktsmessig designet for produksjonen. Dette

medfører igjen at automatiserte systemer og roboter ikke befinner seg naturlig i tråd med Lean-tankegangen, men at de likevel kan supplere Lean ved en hensiktsmessig implementering, noe som vil redegjøres for i kapittel «4.9.2 Lean-tankegang og automatisering; En sammenkobling».

#### 4.9.1 Diskutering av noen positive effekter av roboter

Som ved alle andre markeder foreligger det ekstremt mange positive uttalelser og grove antakelser omkring roboters bruk innen industrien, hvor noen av disse vil diskuteres her og eventuelle andre påstander vil forbli videre arbeid for bedriften.

**Introduksjonen av roboter innen industrien kan redusere produksjonskostnader og fastekostnader,** men vil i stor grad være avhengig av hvilken tidshorison man belager seg på og hvilke robotløsninger man velger. Utsagnet kan i stor grad være sant ved lang sikt da en robots faste kostnader (begrenset til strøm, og preventivt vedlikehold) er betydelig lavere enn kostnadene forbundet med ansatte operatører. Problemet med roboter er imidlertid deres høye innkjøps- og implementeringskostnader, som varierer voldsomt fra robot til robot og produsent til produsent og vil således gi dyre løsninger på kort sikt. Vi har valgt å begrense omfanget til kun å gjelde Universal Robots (UR) UR10 robot, vis innkjøpskostnad er på ca. 232 000 norske kroner, noe som er betydelig lavere enn de fleste roboter som selges for industriformål i dag. Kostnadsberegningene for strømbruk er tatt med utgangspunkt i UR's UR10 robot som bruker ca. 350 watt ved benyttelse av standard programvare, og videre beregnet ut ifra statistisk sentralbyrås gjennomsnittstrømpriser for 2013, 4.kvartall. Med tanke på preventivt vedlikehold har vi henvendt oss til RobotNorge<sup>34</sup> hvor man fikk opplyst at preventivt vedlikehold pr robot beløper seg til maks 5000 kroner i året, hvilket innebærer oljeskift og evt. bytte av filter i kontrolleren ved roboten. Det er altså ikke medberegnet servicekostnadene knyttet til at konsulenter skal forflytte seg til bedriften og tilbake igjen, som vil variere ut ifra bedriftens lokasjon eller om servicen skal utføres av eget opptrent personell ved bedriften.

Under følger en beregning av strømkostnader pr døgn, hvor vi antar at en robot kjører 24 timer i døgnet.

Tabell 3: Forenklet strømprisberegning pr. robot.

Watt pr time	Antall timer	kW per døgn	Øre per kWh	Øre per døgn	Kroner pr døgn
350	24	8,4	32,2	270,48	2,70

<sup>34</sup> RobotNorge AS er landets ledende robotiseringselskap og innehar 30 års erfaring innen salg, prosjektering, installasjon og service av automatiseringsløsninger for norsk industri med robot som naturlig midtpunkt.

Beregningene er gjort med utgangspunkt i strømforbruk ved Universal Robots modell UR10's standard program, og strømpris er hentet fra Statistisk sentral byrås elektrisitetspriser for industri(ikke kraftintensiv industri), for 4. kvartal 2013 (Statistisk Sentralbyrå, 2014).

De faste kostnadene forbundet til roboter vil som sagt være strømbruk og preventivt vedlikehold, beregnede tall forekommer under hvor de til sammen utgjør ca. 16,4 kroner pr. døgn, pr robot. Dette er som sagt faste kostnader, hvor det da ikke er medberegnet investeringskostnadene som følgelig kan deles opp pr døgn.

Faste kostnader for robot pr døgn	
Prev. Vedlikehold (i nkr)	13,70
Strøm (i nkr)	2,70
<b>Totale kostnader</b>	<b>16,40</b>

Figur 35: Faste kostnader uten mulig servicekostnader tilknyttet preventivt vedlikehold.

Om man i tillegg trekker inn investeringskostnadene begynner man å få et mer riktig bilde av de aktuelle kostnadene ved innføring av roboter. Måten dette er beregnet på er at investeringskostnaden er delt på perioden man ser for seg at robotens investering tjenes inn på. Det foreligger beregninger med en tidshorisont på 1, 2 og 3 år, hvor det ved Lycro ansees slik at 2-3 år er en akseptabel tidshorisont. Tradisjonelt har det blitt operert med en horisont og tilbaketjeningsstid på ca 2 år ved innkjøp av industriroboter, som i den senere tid er blitt omtalt som en noe kort periode. Dette begrunnes i at en tilbakebetalingstid på 2 år er beregnet kun ut i fra et kostnad og resultatmessig grunnlag, og da ikke medberegnet synergieffektene en slik implementering vil ha på produksjonen og bedriften som en helhet. Det kan nevnes synergieffekter som; Forbedret arbeidshverdag for operatører, en mer fleksibel produksjon, en lavere arbeidsstokk og forlenget oppetid i produksjonen.

Kostnader for robot pr døgn (1 år)	
Investeringskostnad	635,62
Prev. Vedlikehold (i nkr)	13,70
Strøm (i nkr)	2,70
<b>Totale kostnader</b>	<b>652,02</b>
Kostnader for robot pr døgn (2 år)	
Investeringskostnad	317,81
Prev. Vedlikehold (i nkr)	13,70
Strøm (i nkr)	2,70
<b>Totale kostnader</b>	<b>334,21</b>
Kostnader for robot pr døgn (3 år)	
Investeringskostnad	211,87
Prev. Vedlikehold (i nkr)	0,00
Strøm (i nkr)	0,00
<b>Totale kostnader</b>	<b>211,87</b>

Figur 36: Faste kostnader medberegnet investeringskostnad med tidshorisonter på 1, 2 og 3 år.

Det poengteres videre at det ved beregninger av disse tidshorisontene er tatt utgangspunkt i strømpriser for 4. kvartal, 2013 samt at vedlikeholdskostnadene holdes konstante på 5000 kr pr år, da vi ser det slik at preventivt vedlikehold skal kunne bringe utstyret tilbake til opprinnelig stand.

I sammenligningen av kostnader ved roboter og operatører er det også gjenspeilet et forenklet kostnadsbilde for operatørene, da det tas utgangspunkt i gjennomsnittlig direkte lønnskostnad for



operatører som er ca. 240 kroner i timen, inklusive arbeidsgiveravgift og pensjon. Det er altså ikke inkludert noen andre indirekte lønnskostnader som f. eks medlemspremier og forsikringsordninger. Dersom man setter disse tallene opp mot hverandre blir bildet klart; En operatør koster 240 kroner i timen, hvor en robot (med en tidshorison på 1 år) koster 652 pr døgn, som igjen tilsvarer i overkant av 27 kroner pr time.

Overnevnte beregninger er drøftet med utgangspunkt i at en robot kan erstatte en eller flere arbeidere. Noe som ikke nevnes er muligheten for at alle sprøytestøpemaskiner i produksjonslokalet bør implementeres med roboter for å hensiktsmessig kunne implementere automatisering av prosesser som pakking og palletering og erstatte dagens operatører. Ettersom Lycro har 22 sprøytestøpemaskiner i produksjonslokalet ved Leksvik kan man utføre en ny beregning hvor man har automatisert f. eks pakke- og palleteringsprosessen ved hver enkelt maskin. 22 maskiner kan da kreve 22 roboter, som dersom man tar utgangspunkt i en robots timepris med tilbakebetalingstid på 1 år, tilsvarer; 594 kroner pr time for robotparken. Dette er igjen litt billigere enn tre operatører, da timelønnskostnader for de utgjør 720 kroner, ved forenklet kostnadsberegning.

En robots kostnadsbilde kan altså endres drastisk fra kort til lang sikt, og i mye større grad enn redegjort for her da roboter for industriformål kan koste godt over 10 millioner i forhold til robotene vi har tatt utgangspunkt i ved beregningene. Introduksjon av roboter i en produksjonsprosess kan sånn sett involvere utradisjonelle høye implementeringskostnader. Med implementeringskostnader menes det; kostnader knyttet til å måtte utbedre layout, miljø, opptrening av ansatte, innledende testing og oppstartsjusteringer. Videre inkluderes vedlikehold og operatørtrening - for arbeidere som skal overvåke aktivitetene, og vedlikeholde utstyret til perfekt stand (O. Marinelli, 2008). Således vil ikke lønnskostnadene ved lang sikt forsvinne dersom den tidligere manuelle arbeidsstyrken går fra de tidligere repetitive arbeidsoppgavene til en overvåker rolle av robotene og deres produksjon.

Videre kommenterte produksjonssjef fra Lycro AS at det viktige for deres daglige drift var å ha en kontinuerlig produksjon med lite avvik og som har en stor grad av forutsigbarhet, dette konkretiserte han igjen til; bedre vedlikehold og friske produksjonsarbeidere. Roboter kan således argumenteres for ved at de er "friske produksjonsarbeidere", ved mindre vedlikeholdet ikke utføres i tilstrekkelig grad.

**Bruk av roboter øker produksjonsraten**, noe det ikke er uvanlig å ta sikte på å øke ved en slik implementering. Introduksjonen av roboter medfører imidlertid ikke nødvendigvis en produktivitetsvekst, på grunn av de høye implementeringskostnadene ved installasjon og drift på

kort sikt. Men også fordi en økt produksjon og effektivitet ikke impliserer at etterspørselen etter ens produkter øker i takt med produktivitsveksten innad i bedriften. Faktisk, i en situasjon hvor etterspørselen faller, vil en økt produksjon føre til økt lagerhold som fører til direkte kostnader for bedriften. Med andre ord bør man ved intensjonen om å øke produksjonsraten ved innføring av roboter ha en kundeetterspørsel som matcher produksjonsraten, om ikke vil innføringen strengt tatt ikke være i tråd med Lean-tankegangen, da det medfører et overdrevent lagerhold. Videre kan økt produksjonsrate komme som følge av flere faktorer, da man f. eks kan automatisere prosesser for en økt og bedre kvalitet på produserte produkter. Som igjen kan føre til en høyere produksjonsrate da det blir færre skrap og produksjonsfeil, som ville medført en høyere grad av dobbeltarbeid.

**Roboter reduserer antall arbeidere** Dette utsagnet er diskutabelt, og avhengig av automatiseringens grad. Man kan innføre et komplett automatisert system som vil behøve veldig liten grad av menneskelig interaksjon, men om dette er den beste løsningen for bedriften er en annen sak. Det som egentlig skjer ved implementering av roboter i produksjonen er en endring i de ansattes arbeidshverdag. Hvor f. eks monteringen av produkter som ble gjort av ansatte kan gjøres av en robot, eller flere, medfører dette en arbeidsforflytning innen produksjonslokalet hvor de ansatte som før tok seg av monteringen i dag blir satt til å håndtere robotene, programmere de og muligens vedlikeholde. Det er ikke dermed sagt at alle ansatte er sikret videre jobb ved bedriften da roboter kan fungere meget godt til å erstatte typiske arbeidsstillinger som tilkallings- og sesonghjelp som følge av deres evne til å jobbe 24 timer i døgnet uten matpause og ferier. De som blir forflyttet til nye arbeidsoppgaver krever igjen en opplæring for å kunne håndtere robotene hensiktsmessig. Innføring av roboter kan således føre til en opplæring av ansatte da de må håndtere robotene og programmeringen av de for spesifikke formål. Innføringen av roboter fører altså ikke nødvendigvis til en reduksjon av arbeidere, men heller en arbeidsforflytning innen produksjonslokalet. Denne overgangen foregår typisk uten en reduksjon i lønn, men hvor det i mange tilfeller medfører en økning i lønn som følge av den økte ansvarsbyrden i det nye arbeidsområdet (Marinelli, 2008). Innføringen av roboter kan således føre til en heving av læring hos de ansatte.

Selv om dette kan forekomme, er det ikke typisk, selv om Pipelife Norge AS sitt produksjonslokale ved Surnadal er et eksempel på nettopp dette. Hva som egentlig skjer er en endring i de ansattes arbeidshverdag hvor de går fra meget repetitive arbeidsoppgaver, til en overvåker-rolle med mindre fysisk arbeid.

**Roboter trenger ikke mennesker**, er et utsagn som er meget diskutabelt, da det for hver dag som går, lages bedre og mer selvstendige roboter for et utall forskjellig bruk. I en produksjonssammenheng er imidlertid en robot avhengig av mennesker ved nærmest alle tider. Med

dette menes at roboter trenger input som typisk foregår på nettbrett eller en form for kontrollpanel for å starte transformasjonsprosessen den er tiltenkt, samt vedlikehold og påfylling av råmaterialer. En robot kan igjen selvfølgelig erstatte den manuelle påfyllingen av råmaterial på forskjellige vis, dette flytter imidlertid bare avhengigheten av mennesker, til maskinen som fyller råstoff. Et annet viktig poeng er det faktum at bare menneskelig erfaring er kapabel til å oppfatte den industrielle prosessen å transformere det til software for å forbedre en robots oppførsel, eller bevegelsesmønstre. Med andre ord er roboter avhengige av mennesker for at den skal fungere optimalt (Rood, 1989).

**Roboter øker effektiviteten** avhengig av hvilke prosesser en robot blir satt til vil dette utsagnet være sant. Spesielt med tanke på repetitive og nøyaktige arbeidsoppgaver, som f. eks ved kvalitetskontroll kan roboter være raskere og mer nøyaktige enn mennesker som typisk reduserer sin evne til å fullføre jobben når de er utslitte ol. Introduksjon av roboter i industrien kan altså medføre en økning i effektivitet, men dette krever en god integrasjon av robotene innen produksjonsprosessene, som bare kan oppnås gjennom opplæring av ansatte for å sikre en suksessfull robotoperasjon. Effektiviteten ved en robot er meget avhengig av dens operasjonelle personell. Dersom det er kvalifisert personell som vet begrensningene og mulighetene ved roboten som de arbeider med vil de øke utnyttelsen av den og dermed øke effektiviteten. I motsatt tilfelle at personellet ikke kjenner deres nye arbeidsverktøy eller ikke godtar det, vil det medføre en reduksjon av effektivitet, som går utover sikkerheten og produktiviteten ved arbeidsplassen. Riktig opplæring av arbeiderne må derfor bli ledsaget av en prosess for integrasjon av roboters bruk. Opplæring og integrasjon vil således hjelpe til å utnytte det maksimale potensialet av robotene innen industrien for en økt effektivitetsgrad.

#### 4.9.2 Lean-tankegang og automatisering; En sammenkobling

Ved beslutningen om å implementere en automatisering av produksjonen er det klart det er en stor fordel om produksjonslokalet er oversiktlig og enkelt og orientere seg i. Etter observasjon ved Lycro AS er det imidlertid klart at de i deres spesifikke tilfelle vil kunne dra en stor fordel av å effektivisere og fjerne sløsing fra dagens prosesser. Dette for å få et klarere bilde over hva som faktisk er verdiskapende arbeid og hva som er å oppfatte som sløsing. Med andre ord vil bedriften dra nytte av å innføre Lean før en evt. automatisering da man tar sikte på å skape en god flyt, vil det skapes en jevnhet i produksjonen som også kan forklares som fravær av variasjon, som forenkler prosessen med å automatisere prosesser.

Denne observasjonen bekreftes videre av Hoque (2000), som mener at implementeringen av Lean-konsepter gjør det enklere for bedrifter å automatisere.

Med andre ord bør man implementere Lean-konsepter, som forenkler prosessene i produksjonen, før man søker automatisering som et annet system for prosessene (Orr, 1997). I praksis medfører dette at man effektiviserer produksjonslinjen/lokalet vha. Lean, før man deretter undersøker hvilke verdiskapende aktiviteter som kan automatiseres med størst effekt ut ifra et Lean-perspektiv, før selve automatiseringen skjer. Videre bekrefter Womack et al (2007), og Orr (1997) at automatisert produksjon typisk er en reaksjon på det økte behovet for kvalitet og kortere responstid, som gjenspeiler to av hovedprinsippene ved Lean, nemlig verdi og flyt.

Videre mener vi at Lean og automatisering begge kan vurderes som tankesett, som igjen betyr at de er filosofier, og at de innehar flere likheter enn de to overnevnte prinsippene ved Lean. Ved å se de begge som filosofier med tilhørende verktøy som skal implementeres bør man kunne utbedre den ene filosofien med den andre. Dette bekreftes av Harris & Harris (2008) som mener automatisering og Lean er to forskjellige filosofier som består av de samme dimensjonene.

Et faktum man må vurdere ved automatisering i forhold til en implementering av Lean, er behovet for det ved de ulike spesifikke prosessene i produksjonen. Eksempelvis har Lycro AS et bredt produktsortiment hvor produksjonsvolum varierer fra små batch-serier til store batcher alt ut ifra etterspørselen de tilknyttede produktene har. Ved en automatisering bør man begynne automatiseringen ved de prosessene som gir høyest verdiskaping. Dette begrunnes i at de mest verdiskapende aktivitetene vil påvirke produksjonen i stor grad og bør dermed inneha en god kvalitet (Orr, 1997; Hoque, 2000; Hedelind & Jackson, 2011) og rask gjennomløpstid for å kunne møte kundenes etterspørsel og krav. Dette tilsier videre at man ikke bør automatisere mange prosesser på

en og samme tid, noe man kan se i sammenheng med PDCA-sirkelen som poengterer viktigheten av kontinuerlig læring, hvor man ved hvert gjennomløp i sirkelen vil forsøke å gjennomføre en endring og ta lærdom av den, se kapittel «4.6 Kontinuerlig endringsledelse». Videre mener vi at automatisering ikke trenger å være en "av" eller "på" implementering (som lagt frem i teori kapittel 3.2 Automatisering), da man kan automatisere deler av produksjonen og, ikke nødvendigvis hele produksjonen som en helhet. Dette er allerede bevist ved Lycro AS sitt produksjonslokale hvor deler av produksjonen allerede innehar forskjellige grader av automatisering og manuelle arbeidsoppgaver.

Innenfor Lean er mennesker et stort fokusområde og man bør derfor ved implementering av Lean og automatisering kombinere bruken av mennesker og automatiserte systemer for å nå målet om et automatisert, Lean-miljø. Dette bekreftes igjen av andre forskere (Se f. eks (Groover, 2000)) som mener at effektive Lean-produksjonssystemer bør være en kombinasjon av både manuelle og automatiserte prosesser. Dermed er det snakk om type og grad av automatisering fremfor spørsmålet om man skal ta i bruk automatisering i det hele tatt (Harris & Harris, 2008).

Riktig type og grad av automatisering kan bidra positivt ved flere aspekter, man må likevel være klar på at man kan under- eller overautomatisere prosesser som vil gi negative effekter på produksjonsprosessens ytelse (Säfsten et al, 2007). Vi legger derfor frem fem nivåer av automatisering som vanligvis eksisterer innen industrien, skapt av Harris & Harris (2008) for videre diskusjon:

Harris og Harris har redegjort for 5 nivåer for automatisering hvor nivå 1 betegner en komplett manuell situasjon og nivå 5 en helautomatisert prosess.

1. *Alt gjøres manuelt*, operatøren laster maskinene med råmateriale og starter maskinen, hvor maskinen kjører aktuelle prosess og operatøren tar ut enheter, og flytter de manuelt til neste produksjonssteg.
2. Operatøren laster maskinen manuelt med råmateriale, maskinen kjører prosessen automatisk, hvor operatøren tar ut ferdige enheter og transporterer de til neste arbeidsstasjon.
3. Operatøren laster maskinen manuelt med råmateriale og maskinen kjører automatisk. Maskinen skiller automatisk ut produserte enhet hvor operatøren transporterer den til neste arbeidsstasjon.
4. Maskinen lastes automatisk med råmateriale, kjører automatisk, skiller automatisk ut ferdigprodukter hvor de til slutt fraktes manuelt av operatør til neste arbeidsstasjon.

5. Til slutt har vi nivå 5 som er *helautomatisk*. Maskinen blir automatisk lastet med råmateriale, kjøres automatisk, skiller ut produsert enhet automatisk, og enheten fraktes automatisk til neste arbeidsstasjon.

I følge Harris og Harris (2008) foreligger det en stor forskjell av ulike aspekter mellom nivåene 3 og 4 for automatisering. Denne forskjellen representerer vedlikeholdskostnader, designkostnader, maskinkostnader etc. Ved å ta steget fra nivå 3 til nivå 4, øker ofte kostnadene samtidig som fleksibiliteten synker. Utstyr på nivå 3 vil kjøre med omtrent 95 % oppetid<sup>35</sup>, i sammenligning med nivå 4 hvor oppetiden ligger på 70-75 %, og nivå 5 ligger mest sannsynlig med en oppetid på ca. 65-70 %. Det er altså en synkende tendens i oppetid for mer automatisert utstyr. Omstillingstid er også en faktor som endres fra nivå 3 til 4. Ved nivå 1,2 og 3 er omstillingstiden som regel mye lavere enn ved nivå 4 og 5, da den er enklere å oppnå som følge av operatørens naturlige fleksibilitet i arbeidsprosessen, sett i sammenheng med roboter som er utviklet for spesifikke formål. Å jo lavere omstillingstid man har jo mindre varelager trenger man da omstillingstiden nærmer seg taktiden<sup>36</sup>. Det synes derfor slik at dess mer automatisert utstyr blir, dess større behov har det for vedlikeholds teknikere og ingeniører som kan pleie maskinene. Noe som står i sterk kontrast til at den vanlige årsaken til automatisering ved nivå 5, er behovet for å fjerne produksjonsarbeidere fra den daglige driften.

Det kan derfor synes slik at nivå 3 passer best inn i et Lean-miljø, det er imidlertid en faktor som er viktig ved implementering av automatisering; Maskinen/roboten bør ikke tukle med fleksibiliteten som bedriften trenger for å kunne svare tilstrekkelig på kundeetterspørselen (Säfsten et al., 2007). Man bør altså ikke ved et Lean-miljø automatisere med nivå 5, da dette medfører en meget svekket fleksibilitet sammenlignet med tradisjonelt, manuelt arbeid, samt en høy grad av vedlikehold og tilknyttede kostnader. Nettopp fleksibilitet har visst seg å være en nøkkelkomponent ved konkurranse i det globale markedet, noe som er viktig å ha klart for seg slik at man ikke designer automatiserte prosesser utelukkende etter fremtidige prognoser som ofte ikke er helt korrekte og vanligvis endres underveis (Harris & Harris, 2008).

Eksempelvis vil et helautomatisert system være lite fleksibelt i den form av at det kan være utformet for henholdsvis en produkttype, og således kan det være vanskelig å implementere produksjon av nye produkter vis utforming og størrelse er betydelig annerledes. Eksempler på slike produkter kan være rørdeler av ulike størrelser som kan variere fra noen gram til flere titalls kg, hvor noen pakkes i esker og andre direkte på pall pga. deres størrelse. Om man da har en helautomatisert løsning

---

<sup>35</sup> Tid hvor utstyr er tilgjengelig for bruk, i motsetning til nedetid.

<sup>36</sup> Den tid som er til rådighet ved produksjon av et produkt, ved hver delprosess.

spesifikt for produksjon av små rørdeler som pakkes i esker, hvor samlebåndet er integrert for en spesifikk eskestørrelse, vil man med liten sannsynlighet enkelt kunne implementere produksjonen av rørdeler som settes direkte på pall da disse størrelse ikke passer samlebåndet.

Prosesser kan således kompliseres ved ugunstig implementering av automatisering og det foreligger dermed et behov for at automatiseringsløsningene ikke bryter med Lean-tankegangen, men heller støtter opp om den, ved. f. eks en økt grad av fleksibilitet.

Vi vil med dette oppsummere automatisering i et Lean-miljø som: "Riktig løsning og riktig grad av automatisering, robuste løsninger uten forstyrrelser, enkle og billige løsninger og redusert opplevd grad av kompleksitet i automatiseringen". (Delkhosh, 2012).

#### **4.9.3 Hvordan implementere automatisering i et Lean miljø**

For å implementere Lean og automatisering bør man gjøre følgende; man bør forbedre jobbdesign og eksisterende produksjonspraksis, og fjerne sløsing innen disse områdene først. Deretter bør man forsøke å forenkle hele produksjonsprosessen vha. Lean-metodikker, for deretter å innføre automatisering i småskalaprojekter. Dette gjøres da det er meget viktig å forenkle produkter og råmaterialer så vell som å legge til rette prosessene som skal automatiseres (Orr, 1997; Harris & Harris, 2008).

Man bør også huske at ved implementering av automatisering i et Lean-miljø bør man kun ta i bruk fleksibel automatisering og designe automatiserte systemer (Womack et al, 2007; Hedelind et al., 2008a) slik at de enkelt kan omstruktureres for andre produkter eller prosesser (Orr, 1997). Ved å designe de automatiserte systemene til å være selvkorrigerende og integrerende med automatisert produksjonsutstyr, produksjonsplanlegging og andre betydelige steg (Orr, 1997) vil man unngå unødvendig varelaging (Orr, 1997; Säfsten et al., 2007). Dette står helt i tråd med Lean-tankegangen hvor man skal redusere varelagre for bedre flyt og redusere kostnader.

Videre bør alt automatisert utstyr være enkelt å inspisere for å identifisere produksjonsproblemer (Orr, 1997) og arbeidere bør fritt kunne komme med forbedringsforslag angående fleksibilitet av deres automatiserte produksjonsutstyr (Orr, 1997; Ribeiro & Barata, 2011). Dette kan gjøres vha. en verdistrømsanalyse som er hensiktsmessig for å visualisere hva som skjer ved produksjonslinjen og kan således brukes for å finne mulige forbedringer. Noe som kan bidra positivt til de ansattes deltakelse i problemløsning og vedlikehold av de automatiserte systemene, er at de involveres i selve implementeringen av automatiseringen, helst som tverrfaglige team (Orr, 1997; Harris & Harris, 2008; Hedelind & Jackson, 2011). Videre bør de ansatte læres opp for automatisert produksjon, slik at de tilegner seg mest mulig informasjon om automatisering i Lean-miljø (Jackson et al., 2011).

Vi velger å se dette i sammenheng med Orr's (1997) oppdagelse om at mange bedrifter kan benytte kontinuerlig opplæring av ansatte under gjennomføringen av automatisering for å mer effektivt justere de mot teknologi (Orr, 1997; Winroth et al., 2006). Dette kan blant annet gjøres vha. PDCA-sirkelen som poengterer viktigheten av kontinuerlig læring. Forskere mener at det fremste målet for bedrifter bør være at de ansatte lærer og danner en erfaring av automatiseringsprosessen. Læringen og erfaringen er med andre ord det kritiske området ved implementeringen av Lean og en automatisering. A3-metodikken er sånn sett et godt verktøy med tanke på å få frem taus kunnskap og problemer som foreligger ved ulike prosesser. Ikke bare setter den fokus på problemet, men den demokratiserer problemløsningsprosessen ved å involvere ansatte fra alle berørte sjikt i bedriften. Dette er en meget gunstig måte å inkludere ansatte som jobber med utstyret på fulltid, og vil således ansvarliggjøre de og skape en kultur for problemløsning. Dersom man kobler denne opp mot PDCA-sirkelen vil man igjen ha dannet et grunnlag og en modell for kontinuerlig læring og problemløsning ved produksjonslokalet.

Videre bør en som skal jobbe med automatisering i et Lean-miljø ha en komplett kunnskap fra de grunnleggende til de mindre kjente prinsippene ved Lean-tankegangen (Orr, 1997). Det kan derfor være hensiktsmessig at ansatte som tar del i implementeringsprosessen blir kurset i Lean og hva det medfører for deres produksjonslokale og fremtidige endringer.

#### **4.9.4 Roboter og vision-system**

Tradisjonelt sett vil roboter operere ut ifra forhåndsjusterte parametere hvor robotarmens vinkel for å plukke opp en eske for pakke- og palleteringsprosessen, illustreres som koordinater ut ifra dens egen faste posisjon. Slik sett vil aldri selvstendige robot armer kunne interagere ut i fra omgivelsene da deres programmering og justering er innstillinger gjort på forhånd av selve prosessen. Et verktøy som går hånd i hanske med roboter og vision-system er samleband som tar seg av transporten av produkter fra arbeidsstasjon til arbeidsstasjon. Ved å integrere 6-akse-robotarmer, som har god bevegelse, hurtighet og nøyaktighet i bevegelsene sine, med et vision-system, som kan interagere med omgivelsene gjennom tilhørende vision-kamera, har man altså etablert en meget fleksibel og selvstendig arbeidsenhet som jobber i samarbeid med samlebandet. Denne enheten vil i seg selv være tilpasningsdyktig til mange forskjellige produkter, avhengig av at gripeenheten på enden av robotarmen er kapabel til å plukke opp mange forskjellige typer produkter. Fordelen med produksjonen hos Lycro AS er sånn sett at alle produktene som produseres er i hard plastikk, som gjør det enkle å plukke opp vha. en 6-akse-robot med en hensiktsmessig gripeenhet. Gripeenheter varierer mye i pris ut ifra dere konstruksjon, men de fleste som finnes fra blant annet ABB, KUKA Robotics og Universal Robots er meget fleksible.



Det er altså klart at man ved overnevnte løsning oppnår en fleksibel enhet som kan brukes ved flere ulike prosesser i produksjonen. To av disse er kvalitetskontroll og pakke- og palleteringsprosessene hvor dagens manuelle arbeid i stor grad kan erstattes av en slik løsning. Det eksisterer imidlertid en klar svakhet ved et slikt vision-system nemlig inspisering av overflater.

En av svakhetene ved et vision-system er erfarte problemer rundt inspisering av overflater, da det stiller spesielle krav til belysning og plassering i forhold til vision-kameraet. Lysforhold som er optimalisert for dette formålet er belysning av objektet fra samme side som kameraet. Man bør imidlertid eksperimentere med antall lyskilder, plassering av de i forhold til objektet og vinkel. Dersom man har produkter som reflekterer mye lys, bør man bruke diffust lys. Diffust lys gir mindre kontraster, med noe klarere detaljer. En måte å implementere dette på kan være å rette selve lyskilden mot en buet vegg/tak av metall, som sprer lysstrålene mot objektet. Vider har man også ringlys, som er en type LED-lys, som er optimaliserte for runde objekter. Dette er såkalte Dark Field-lyskilder<sup>37</sup> hvor LED-lys er montert i vinkel for å gjøre skygger og kontraster tydeligere.

For å kunne generere gode bilder trenger man altså en kombinasjon av egnet kamera og en belysning som tilfredsstiller til gode bilder. Det er ikke sikkert at dette er oppnåelig i enhver situasjon, som kan føre til at kravene for implementeringen må senkes eller man må akseptere at de aktuelle detaljene på objektene, ikke kan kvalitetskontrolleres av et vision-system. Dette er som sagt meget casespesifikt og må således evalueres ved hver enkelt implementering av slike systemer.

For å **implementere** et vellykket vision-system må man derfor bruke tid og ressurser på to elementære oppgaver:

- Velge å spesifisere hvilke detaljer ved ferdigproduktene som skal inspiseres.
- Verifisere at vision-systemet genererer bilder med høy nok kvalitet til at ferdigproduktene kan inspiseres i henhold til kravene.

Vanligvis ved investeringer i systemer slik som et vision-system, er det noen få viktige krav som skal tilfredsstilles. Det er ikke uvanlig at etter hvert som man blir kjent med systemet og mulighetene det tilbyr, at man finner anvendelsesområder utover de forbedringene man har satt som mål. Det er imidlertid viktig å huske å oppfylle de viktige kravene først, ettersom de ofte er grunnlaget for investeringen. De påfølgende bruksområdene kan man utbedre etter hvert som systemet er satt i drift og man har blitt bedre kjent med systemets styrker og svakheter.

---

<sup>37</sup> Lyskilde som er optimalisert for runde objekter, ved å gjøre skygger og kontraster tydelige.

#### 4.9.5 Roboters bruksområder innen Lean produksjon

En av utfordringene ved **kvalitetskontroll** av manuell arbeidskraft er at det ved skiftarbeid blir vanskelig å opprettholde en stabil kvalitetskontroll da de forskjellige ansattes oppfatning av korrekt kvalitet er ulik. Hos Lycro AS har man en liste ved hver maskin, over hvilke kriterier som skal kontrolleres ved hvert produkt. Likevel vil det være rom for forskjellig praktisering av en slik liste da mennesker kun innehar en subjektiv tolkningsevne, som er ulik fra person til person. Ved å implementere et vision-system vil grunnlaget for kvalitet være kompliserte algoritmer og regnestykker som opprettholder en konstant forståelse av hva korrekt kvalitet er. Forskjellen mellom de to løsningene er altså tolkning av data, da mennesker alltid vil tolke ting på et subjektivt grunnlag. Videre vil mennesker, som lagt frem i teori kapittel «3.2 Automatisering», bli trette og slitne, noe som vil påvirke deres evne til å korrekt utføre arbeidsoppgaver. Dette er en svakhet som er ikkeeksisterende hos roboter, men kan sammenlignes med deres påkrevde vedlikehold.

Videre vil man for optimal automatisering måtte passe på å implementere løsninger ved de produktene som gir størst positivt utslag for bedriften. For eksempel kan man ved produksjonslinjen finne produkter det må utføres fysiske tester på i tillegg til de visuelle, noe som kan komplisere kvalitetskontrollen ved produksjonslinjen. Typisk hos Lycro AS finner man krav om at deler skal hovedkontrolleres en gang per skift, operatørkontrolleres hver 2.time og kanskje i tillegg en såkalt sprengetest<sup>38</sup> hver time. Vision-systemet kan erstatte de to første kontrollene da de typisk er visuelle inspeksjoner hvor man ser etter skjegg og korrekt datomerking, videre vil man ikke uten verktøy spesifikt for formålet kunne utføre sprengetester automatisk. Det anbefales derfor at en 6-akse-robot ved kvalitetskontrollen plukker ut de delene som krever sprengetest og legger de f. eks i en kurv ved samlebåndet, en gang pr time, slik kan kontrollørene enkelt finner delene de skal teste. Man har altså avlastet operatøren for deler av den originale jobben, men de må likevel bevege seg til og fra produksjonslinjen som følge av at ikke hele prosessen er automatisert. Det kan altså tenkes at automatiseringen ville gitt en større positiv effekt ved en annen produksjonslinje, hvor alt av kvalitetskontroll gjøres visuelt og kan automatiseres med et vision-system. Dette vil igjen medføre at operatørene ved linjen blir overflødige, og da får ledig kapasitet til å utføre andre sårt trengte arbeidsoppgaver i produksjonen, da de har én mindre produksjonslinje å holde tilsyn med.

Det er forskjell på krav til kvalitetskontroll, det ble f. eks nevnt at sprengetest må gjennomføres ved noen av Lycro AS sine produkter, det anbefales likevel på et generelt grunnlag at det automatiserte utstyret kontrollerer de produktene med de strengeste kravene, så fremt utstyret er kapabelt til å gjennomføre det. Dette begrunnes i vision-systemets evne til å kontrollere deler med kompliserte

---

<sup>38</sup> Testing av produktet til dets bristepunkt.

former på brøkdelen av et sekund, dersom hensiktsmessig implementert. Videre bør man heller ikke automatisere for produkter som har en lav etterspørsel og dermed produseres i lave volum med høy grad av variasjon.

For maksimal utnyttelse av det automatiserte utstyret bør man automatisere ved prosesser hvor man kan oppnå et stort behandlet volum og en stor grad av jevnhet. Med andre ord velger man ikke å implementere automatisert utstyr ved produkter som har en lav etterspørsel som igjen medfører dårlig flyt enten som følge av lavt volum eller liten grad av jevnhet, evt. begge. Det er derfor viktig at man planlegger implementeringen ved å kartlegge hvilke prosesser og produkter det automatiserte utstyret vil gi en størst mulig positiv innvirkning på. Vi sier "positiv innvirkning" da automatisert utstyr innehar mange gode muligheter for forbedring både med tanke på kostnadsreduksjon, ergonomiske løsninger osv. Videre bør man automatisere prosessene med utgangspunkt i Harris' fem nivåer for automatisering, da det gir et godt utgangspunkt for korrekt grad av fleksibilitet og manuell inngripen i prosessene.

Som det ble lagt frem i teorikapittel: «3.2.1 Roboter og deres anvendelsesområder», vil et vision-system være avhengig av at produktene den skal kontrollere, ved en slik prosess, ligger hensiktsmessig plassert på f. eks samlebåndet. Problemet er altså at kameraet ikke får sett produktet fra den vinkelen hvor kvalitetsparametere ligger, slik at den kan utføre beregninger. Vi ser tre mulige løsninger på dette problemet, nemlig forhåndsprogrammert plassering av produkter på samlebånd vha. robotarmer, flere vision-kamera og til slutt en sløyfe på samlebåndet.

Dersom man har robotarmer dedikerte til å plukke deler fra sprøyttestøpemaskinene for deretter å legge de på samlebånd, kan man programmere de til å alltid legge de på en bestemt måte. Videre kan man vha. en sløyfe på samlebåndet sørge for at det ene vision-kameraet får fanget opp de parameterne den trenger for å beregne om produktet er godkjent i forhold til kundekrav. Helt til slutt vil vi trekke frem den kanskje mest tydelige løsningen, nemlig å implementere flere vision-kamera, som fanger opp produktet fra flere forskjellige vinkler. Dette blir mest sannsynlig et dyrere alternativ, men vil likevel gi kortere gjennomløpstid for produktene, som følge av at man unngår sløyfen på samlebåndet. Vi anser det likevel en sløyfe på samlebåndet som en meget god løsning da det gjør behovet for flere kamera overflødig og således vil være kostnadsbesparende.

Som det ble redegjort for i foregående kapittel er det viktig ved implementering av roboter i Lean-miljø at de er fleksible. En løsning for **pakke og palletering** kan derfor være å designe et system hvor både roboter, samlebånd og operatører er involverte. Poenget med å involvere alle disse tre er å skape en allsidig og fleksibel løsning hvor det potensielt kan fraktes og pakkes produkter av ulike størrelser og utforminger, vha. robotarmer som om nødvendig; ømfintlig plasserer produktene på

samlebåndet, som transporterer produkter til neste arbeidsstasjon, hvor roboter så plukker produktene av samlebåndet og plasserer de på den mest gunstige måten i esken/pakken for maksimal utnyttelse av volum med tanke på fraktkostnader.

Operatøren(e) vil i prosessen inneha en overvåker rolle, som tilsier at de skal styre bruken av robotene for optimal utnyttelse av prosessen som en helhet. Med andre ord kan de om nødvendig stoppe produksjonslinjen, som følge av nødvendig vedlikehold av roboter, korrigerende av feil ved samlebånd eller evt. andre problemer ved systemet.

Roboter kan ikke tenke selv, bare utføre hva de er tiltenkt til å utføre, noe som gjør mennesker svært nødvendig ved slike produksjonslinjer, spesielt ved implementering av nye produkter ved linjen. Akkurat dette trekkes frem da det på et generelt grunnlag kan sies ugunstig å automatisere produksjonslinjer hvor nye og uprøvde produkter skal produseres. Med dette menes at da de nye produktene kan medføre komplikasjoner som at de ikke passer i eskene som det automatiserte systemet er optimalisert for å behandle pga. deres spesielle form, i forhold til bedriftens tidligere produkter.

Fleksibilitet er med andre ord en viktig faktor ved valg av robotteknologi for palletering. Roboter kan raskt tilpasses ulike produkter og palleteringsmønstre og kan også enkelt omstilles til nye produkter. Robotenes gripeevne vil med andre ord være meget avhengig av ens variasjon i utforming og vekt på produktsortimentet.

### ***Sammendrag***

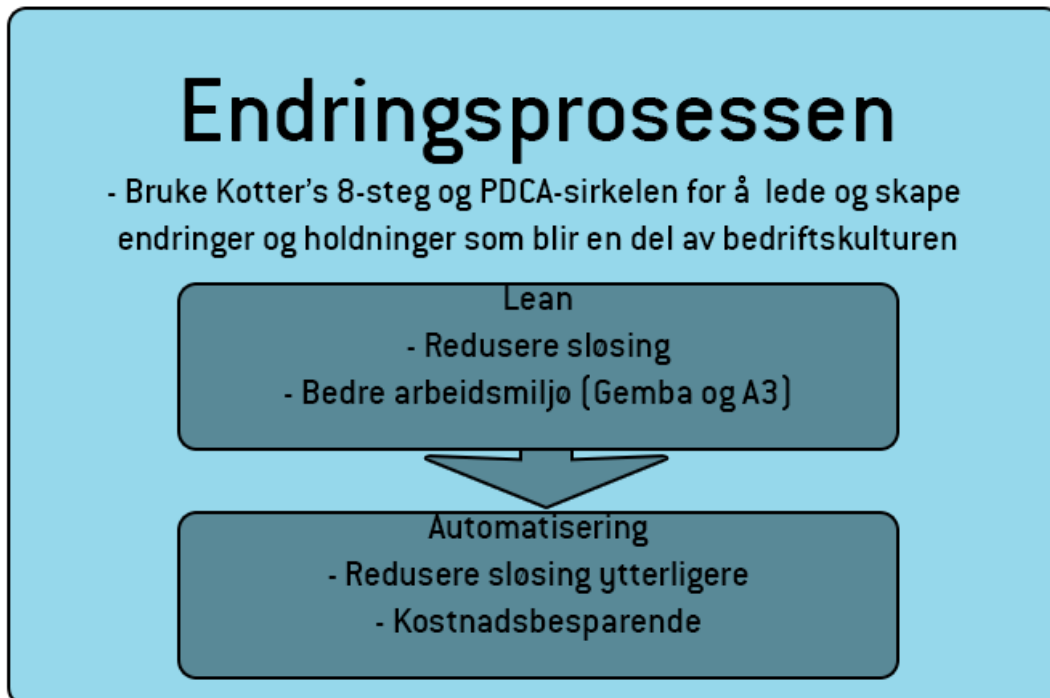
Det finnes et bredt bruksområde for roboter innen industri i dag, hvor det er et utall forskjellige roboter og tilhørende løsninger man kan ta i bruk. Det viktige er imidlertid å kartlegge sitt eget behov og involvere alle ansatte som blir direkte og kanskje indirekte berørt av implementeringen av robotene, for en hensiktsmessig implementering. Ved automatisering av Lean-miljø er det også viktig å ivareta Lean-prinsippene ved implementering av roboter og annet automatisert utstyr.

## **5 Konklusjon**

Empiriske analyser supplementert med Lean-teori har i stor grad ligget til grunn for å svare på forskerspørsmålene. Empiri er samlet via strukturerte intervjuer, observasjoner og sekundærdata fra bedriften og har gitt gode indikasjoner på hvordan Lycro AS kan effektivisere verdikjeden for sprøytestøping.

For å implementere et nytt tankesett hos de ansatte er det viktig med riktig endringsledelse. Ofte blir det fokusert for mye på hva man skal innføre i stedet for å fokusere på hvordan man skal innføre det.

Ved dårlig endringsledelse vil man ikke få de ønskede effektene av endringen, og motivasjonen hos de ansatte for ytterligere endringer vil synke og i verste fall utvikle seg til motstand. Figur 37 viser hvordan endringsledelse omfavner effektiviseringsprosessen diskutert i oppgaven.



Figur 37: Foreslått fremgangsmåte for implementering av Lean og automatisering.

## 5.1 Effektivisering av sprøyttestøpeproduksjon vha. Lean-metodikker

Gjennom empirisk analyse hvor man sammenlignet data fra observasjoner, intervjuer, spørreundersøkelser og sekundærdata fra Lycro AS fikk man kartlagt de vanligste årsakene for stans i Lycro AS sin produksjon og i arbeidernes arbeidshverdag. Ved å analysere denne dataen i lys av Lean-teori og Lean-verktøy har man kartlagt sløsing og mulige tiltak for å forbedre produksjonen og de ansattes arbeidshverdag.

### 5.1.1 Sløsing

Observert sløsing i produksjonen er aktiviteter som utføres unødig eller som kan utføres bedre. En aktivitet som ble vurdert til å være preget av sløsing er Lycro AS sine pakkeprosesser for ferdigprodukter. Disse prosessene blir manuelt utført, selv hvor man kunne utnyttet maskinenes robotarm til pakking av produkter blir det utført manuelt. Ser man Lycro AS opp mot Pipelife Norge AS vil man se at pakkeprosessen hos Lycro AS er lite effektiv, både i forhold til Pipelife Norge AS og i forhold til hvordan den kunne vært om man utnyttet robotene i produksjonen, fullt ut.

Behovet for å etterarbeide enkelte produkter blir vurdert som **overprosessering** da etterarbeidet er resultat av dårlig designede prosesser, da f. eks klipping av løp enten kunne vært unngått ved bedre design eller blitt gjort automatisk, eller som et resultat av formfeil hvor man må skjære av skjegg på produkter før levering. Skjegg er et resultat av manglende preventivt vedlikehold, og man vil kunne redusere behovet for etterarbeid ved produktene ved bedre prosedyrer for preventivt vedlikehold.

**Unødvendig transport** kommer av produksjonslokalets lite egnede layout. Dette medfører unødig transport f.eks. ved formskift av former over 2 tonn, hvor fabrikklayout hindrer arbeiderne i å forflytte former innendørs via traverskraner eller ved truck. De må her forflytte former med traktor rundt produksjonslokalet, noe som medfører sløsing i form av unødig transport og venting for to personer.

**Venting** forekommer som nevnt over ved formskift av større former, men også ved andre aktiviteter. Man har konkludert med at man ved en høy grad av manuelt arbeid ved maskinene forekommer venting da operatørene må vente på at maskinene produserer og at denne tiden er sløsing.

**Unødvendig bevegelse** bærer preg av produksjonslokalets utforming, men er også en følge av Lycro AS sitt informasjonssystem og manglende struktur for plassering av verktøy og materialer.

**Produksjon av produkter med feil**, ofte kaldt vrak, forekommer ofte hos Lycro AS. Dette er et resultat av formfeil, korte serier og ujevn fordeling av fargestoff. Formfeil som forårsaker produkter med feil er som regel et resultat av manglende preventivt vedlikehold. Produksjon av vrak driver kostnader og medfører i tur andre former for sløsing.

Oppsummerende om sløsing hos Lycro AS er at produksjonslokalet forårsaker unødig bevegelse, transport og venting, informasjonssystemet forårsaker unødig bevegelse og venting, og Lycro sitt vedlikeholdssystem, som ikke inkluderer preventivt vedlikehold, forårsaker unødig bevegelse, transport, venting, overprosessering og produkter med feil. For Lycro AS vil det være fordelaktig å fokusere på utbedring av produksjonslokalet, informasjonssystemet og preventivt vedlikehold for å redusere innslag av sløsing i produksjonen. Hvor automatisering av produksjonen vil utbedre mye av sløsing forårsaket av produksjonslokalet, ERP-systemet vil, om innført på rett vis, redusere arbeidernes leting og venting, og gode prosedyrer for preventivt vedlikehold vil redusere innslag av sløsing som unødig bevegelse, overprosessering, unødig transport, venting og produksjon av feil.

Et annet verktøy som kan benyttes er Gemba, observasjoner av ledelsen, for å bedre informasjonen og kulturen i bedriften. Man vil da øke gjennomsiktigheten, fremme og formidle positive holdninger og meninger og bidra til økt motivasjon hos de ansatte. Supplementerer man Gemba med A3 vil man også kunne få en god og åpen læringsprosess hvor hele bedriften er inkludert og involvert.

## 5.2 Automatisering i Lean miljø

Lean og automatisering innehar ingen spesifikke likheter, annet enn at de er teorier som benytter verktøy for å nå sitt overordnede mål, men kan ved riktig implementering i riktig rekkefølge komplimentere hverandre for økt effekt. En sprøyttestøpe produksjon som er effektivisert vha. Lean-tankegang medfører en forenklet implementering av automatisering, som følge av Lean tankegangens forenkling av prosesser og eliminering av sløsing. Dette medfører at automatisering best utføres ved produksjonsanlegg som innehar et Lean-miljø og videre at produksjonen har få vrak, og en god flyt.

Videre vil ikke en Lean produksjonsprosess med innslag av automatisering konsekvent medføre en fjerning av de menneskelige arbeidsstillingene, da automatisert utstyr i en industriprosess er avhengige av mennesker for å fungere, videre tilfører de produksjonen den største graden av fleksibilitet, og derfor bør benyttes som støttespillere til den automatiserte Lean produksjonen.

Etter observasjoner ved Lycro sin produksjonsavdeling for sprøyttestøping er det klart at det foreligger repetitive arbeidsoppgaver ved både kvalitetskontroll og pakke og palletering, som kan automatiseres for en mer stabil og effektiv produksjon, samt flere synergieffekter knyttet til den; forbedret kvalitet på arbeidsplassen, mindre ergonomisk belastende arbeidsoppgaver for arbeiderne og en høynet motivasjon blant de ansatte på gulvet.

Dette er vell og merke avhengig av en grunnleggende faktor, nemlig korrekt implementering. Det er viktig at arbeiderne ansvarliggjøres og involveres i implementeringen av automatiseringen for å skape en forståelse blant de om at denne endringen trengs i organisasjonen, og dermed kan støttes opp om.

Det anbefales videre ved automatisering av Lean-miljø, at man implementerer fleksible løsninger som enkelt kan omstruktureres ved forandringer i produksjonen som f. eks nye produkter. Slike løsninger kan være roboter som i seg selv er selvstendige, spesielt med tanke på at noen modeller (UR5 og UR10) er såpass fleksible at de kan flyttes for hånd, mellom arbeidsstasjoner og deres behov for automatiserte enheter.

Tabell 4: Konkluderte tiltak.

<i>Tiltak</i>	<i>Verktøy / metode / fokus</i>	<i>Resultat</i>
Lede endringsprosessen.	- Kotter's 8 steg for endringsledelse. - Gemba. - A3.	Forståelse og motivasjon blant de ansatte for å endre seg.
Fjerne sløsing i produksjonen.	- 7 former for sløsing, kartlegge og fjerne kilder til sløsing.	Mindre produksjonsstans, sparte kostnader, mer effektiv produksjon.
Endre layout for bedre informasjon- og produktflyt.	- 7 former for sløsing. - Fokuserer på ryddighet, oversiktighet og god flyt.	- Forbedre flyten ved sprøytestøpeproduksjonen. - Mindre sløsing.
Forbedret informasjonstilgang for arbeiderne.	- Kartlegge arbeidernes informasjonsbehov. - Riktig implementering av ERP-system og tilhørende kulturendring.	- Økt tilgang til informasjon for frontlinjearbeidere. - Raskere informasjonsutveksling. - Hurtigere evne til problemløsning. - Økt mulighet for samskapt læring. - Mindre sløsing.
Innføre preventivt vedlikehold.	- Fokuserer på å utføre preventivt vedlikehold basert på prognoser. - ERP-systemet vil kunne overvåke bruken av utstyr og foreslå vedlikeholdsintervaller.	- Mindre sløsing i produksjonen. - Økt tilgjengelighet på utstyr (OEE). - Jevnere flyt.
Ansvarliggjøre frontlinjearbeidere og endre deres ansvarsområder.	- Kotter's 8 steg. - Gemba. - A3. - Roboter (automatisering).	- Gir økt motivasjon, verdighet og betydningsfølelse innen bedriften. - Utvidet mulighet for læring og systemforståelse - Større sannsynlighet for å oppnå ønsket resultat ved endringer.
Automatisering av pakke-, kvalitet- og palleteringsaktivitetene.	- Kotter's 8 steg for endringsledelse. - Lean.	- Mer kostnadseffektiv produksjon. - Bedre ledetid til kunder.

## 6 Etterord / anbefalinger

Lycro AS er en sprøytestøpbedrift med et relativt stort produktsortiment i forhold til andre bedrifter i bransjen. Det er derfor opplevd slik at det er utfordringer nok til andre studieoppgaver, både praktiske oppgaver og bachelor- / masteroppgaver i forbindelse med effektiviseringsarbeidet. Bedriftens lokasjon ansees imidlertid som en hindring for deres videre samarbeid med academia.

Målet til Lycro er å øke bedriftens kunnskap om Lean tankegang og implementere den i forbindelse med automatiseringen som er planlagt ved bedriften.

Det er gjennom arbeidet med oppgaven kartlagt flere mulige tiltak og forslag til endringer som Lycro AS, kan vurdere, hvor academia meget sannsynlig kan bidra med kunnskap og innspill, spesielt da med tanke på at det foreligger en etterspørsel ved Lycro AS etter høyere utdanning. Vi fremlegger



derfor følgende tiltak for bedriften, i forbindelse med deres mål om å doble omsetningen fra 2012 innen 2015:

Tabell 5: Erfart videre arbeid.

<i>Videre arbeid</i>	<i>Verktøy / metode / fokus</i>	<i>Mål</i>
Redusere formskiftetiden.	SMED-prosjekt m/ de aktuelle arbeiderne.	Redusere formskiftetiden for å redusere omstillingstiden.
Forberede til automatisering.	- Kartlegge mulige leverandører. - Kostnader. - Kost/nytte-analyser. - Flexibilitetsberegninger ut i fra grader av automatisering.	Mindre produksjonsstans, sparte kostnader, mer effektiv produksjon.
Kartlegge effekten av preventivt vedlikehold.	Oppnå en mest mulig optimal preventiv vedlikeholdsplan på bedriftens verktøy.	Redusere sløsing og kostnader knyttet til manglende vedlikehold.
Layout-prosjekt.	Benchmarking av bedriften mot liknende bedrifter.	- Økt flyt av varer, mennesker og informasjon. - Bedre arbeidsmiljø.
Kartlegge lønnsomme og ulønnsomme kunder.	- Se på produktmiksens innvirkning på omsetningen. - Forbedrede avtaler med ulønnsomme kunder.	- En mer lønnsom produksjon. - Mindre kostnader knyttet til enkelte kunder.
Kartlegge psykososiale effekter ved automatisering.	Kartlegge effekten automatiseringen har på de ansatte og bedriften.	Bedre forutsetning for å avgjøre fremtidig effektiviseringsplan.
Omlagging av produksjonen til egne produkter.	Kartlegge markedet, konkurrenter, kostnader knyttet til omlagging etc.	- Mer kostnadseffektiv produksjon. - Bedre ledetid til kunder. - Økt omsetning.

## 7 Bibliografi

Acemoglu, D. (2003). Labor-and capital-augmenting technical change. *Journal of the European Economic Association*, 1(1), 1-37.

Andersen, P. B. (2014) Automatisering. *Store Norske Leksikon*. Hentet fra <http://snl.no/automatisering>.

Beckhard, R., & Pritchard, W. (1992). *Changing the essence: The art of creating and leading fundamental change in organizations* (10). San Francisco: Jossey-Bass.

Bryman, A. (2012). *Social research methods*. Oxford university press.

Campion, G., Bastin, G., & D'Andrka-Novel, B. (1996). *Robotics and Automation*.

Dalland, O. (2000). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. Oslo: Gyldendal akademisk.

Davies, D. R., & Parasuraman, R. (1982). *The psychology of vigilance* (pp. 107-117). London: Academic Press.

Delkhosh, A. (2012). *Lean Automation: Combining Lean with Industrial Robotics in Real Examples*.

Filstad Jakobsen, C. (2010, 3). *Suksesskriterier for etablering av sterk læringskultur*. *Magma*. Hentet fra <http://www.magma.no/suksesskriterier-for-etablering-av-sterk-laeringskultur>.

Goldin, C. D., & Katz, L. F. (2009). *The race between education and technology*. Harvard University Press.

Gustavsen, B. (2007). Work Organization and the Scandinavian Model'. *Economic and industrial democracy*, 28(4), 650-671.

Grenness, T. (1997). *Innføring i vitenskapsteori og metode*. Oslo: Tano Aschehoug.

Groover, M. P. (2000). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Prentice Hall.

Grünfeld, L. A., Holmen R. B., Wifstad, K., & Gulbrandsen, M. U. (2013). *Måling av konkurransevne - i Norsk industri og næringsliv ellers*. Menon-publikasjon nr. 24/2013, Menon Business Economics.

HARRIS, C., & HARRIS, R. (2008). Can Automation Be a Lean Tool? Automation That Enhances Flow Is Lean; Automation That Reduces Uptime and Extends Changeover Is Not Lean. *Manufacturing Engineering*, (141), No. 2, pp. 20-34.

Hatch, M. J., & Cunliffe, A. L. (2006). *Organization theory: modern, symbolic, and postmodern perspectives*. Oxford: Oxford University Press.

Hedelind, M., & Jackson, M. (2008b). *Industrial Robotics in the Lean Enterprise - A Case Study*. The 6th International Conference on Manufacturing Research. Brunel University, UK.

Hennestad, B. W., Revang, Ø., & Strønen, F. H. (2006). *Endringsledelse og ledelsesendring*. Oslo: Universitetsforlag.

HOQUE, Z. (2000). *Just-In-Time Production, Automation, Cost Allocation Practices and Importance of Cost Information: an Empirical Investigation in New Zealand-Based Manufacturing Organizations*. *The British Accounting Review*, (32), No. 2, pp. 133-159.

Jackson, M., Hedelind, M., Hellström, E., Granlund, A., & Friedler, N. (2011). *Lean automation: Requirements and Solutions for Efficient Use of Robot Automation in the Swedish Manufacturing Industry*. *International Journal of Engineering Research & Innovation*, (3), No. 2.

Jacobsen, D. I. (2000). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*, 2. utgave. Kristiansand: Høyskoleforlaget AS.

Kalsaas, B. T. (2013). *Measuring waste and workflow in construction*.

Klev, R., & Levin, M. (2009). *Forandring som praksis: endringsledelse gjennom læring og utvikling*. Fagbokforlaget.

- Kochan, A. (1998). Automotive industry looks for lean production. *Assembly Automation*, 18(2), 132-137.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland, Helsinki.
- Koskela, L., Rooke, J., Bertelsen, S., & Henrich, G. (2007). *The TFV theory of production: new developments*. Michigan: anais IGLC-15 International Group for Lean Construction.
- Kotter, J. P., & Schlesinger, L. A. (1979). Choosing strategies for change. *Harvard Business Review*, 57(2), 106-114.
- Kotter, J. P. (1996). *Leading change*. Harvard Business Press.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Marinelli, O. (2008). From Humans to Robots: The Consequences of Labor Replacement in the Automobile Industry. *Human Change Paper, GEOG331*, 101.
- Mayo, E. (2013). *Human problems of an industrial civilization*. Routledge.
- Ōno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity press.
- Orr, S. C. (1997). Automation in the workplace: an Australasian perspective. *Technovation*, 17(2), 83-105.
- Ribeiro, L., & Barata, J. (2011). Re-thinking diagnosis for future automation systems: An analysis of current diagnostic practices and their applicability in emerging IT based production paradigms. *Computers in Industry*, 62(7), 639-659.
- Ronen, B. (1992). The complete kit concept. *The International Journal Of Production Research*, 30(10), 2457-2466.
- Rood, M. G. (1989). Human-centered manufacturing for the developing world. *IEEE Technology & Society Mag*, (13).
- Salthaug, M., & Sørensen, M. (2010). *Arbeidsflyt i byggproduksjon-analyse av målemuligheter*. Universitet I Agder.
- Säfstén, K., Winroth, M., & Stahre, J. (2007). The content and process of automation strategies. *International Journal of Production Economics*, 110(1), 25-38.
- Schein, E. H. (1996). Culture: The missing concept in organization studies. *Administrative science quarterly*, 229-240.
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production: The Shingo system of continuous improvement*. Productivity Press, Cambridge Mass.

Shook, J. (2008). *Managing to learn: using the A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor and lead*. Lean Enterprise Institute.

Silverman, D. (2006). *Interpreting Qualitative Data*. London. SAGE Publications

Sobek, D. K. II and Smalley, A. (2008) *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*.

Spear, S. J. (2004). Learning to lead at Toyota. *Harvard business review*, 82(5), 78-91.

Statistisk Sentralbyrå (2014). *Elektrisitetspriser, 4.kvartal 2013*. Hentet fra <http://www.ssb.no/elkraftpris/>

Teknisk beregningsutvalg for inntektsoppgjørene (TBU). (2014). *Grunnlaget for inntektsoppgjørene 2014, endelig hovedrapport*. Hentet fra [http://www.regjeringen.no/upload/ASD/Dokumenter/2014/Hovedrapport\\_endelig\\_siste2014.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/ASD/Dokumenter/2014/Hovedrapport_endelig_siste2014.pdf)

Thackray, R. I. (1981). The stress of boredom and monotony: a consideration of the evidence. *Psychosomatic Medicine*, 43(2), 165-176.

Toulmin, S., Toulmin, S. E., & Gustavsen, B. (Eds.). (1996). *Beyond theory: Changing organizations through participation* (No. 2). John Benjamins Publishing.

Tysedal, J., Grinde, H., & Røstad, C. C. (2006). The Use of a 12-run Plackett–Burman Design in the Injection Moulding of a Technical Plastic Component. *Quality and Reliability Engineering International*, 22(6), 651-657.

Winroth, M., Säfsten, K., & Stahre, J. (2006). Automation Strategies: Requirements on the Strategy Process. In *The morphology of innovative manufacturing systems: 9th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems*.

Womack, P. J., Jones, T. D., Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: The story of lean Production -- Toyota's Secret weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Simon & Schuster. New York, London, Toronto & Sydney.

## 8 Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuskjema

Vedlegg 2: Spørreundersøkelse; Norsk

Vedlegg 3: Spørreundersøkelse; Engelsk

Vedlegg 4: Produksjonslokalet med truckflyt hos Lycro AS, Leksvik

Vedlegg 5: Produksjonslokalet hos Pipelife Norge AS, Surnadal

## Vedlegg 1: Intervjuskjema

Dette intervjuet er en del av en masteroppgave som utføres av (oss to) studentene, ved Universitetet i Agder, i samarbeid med Lycro AS. Formålet med intervjuene er å arbeide for en større forståelse for hvordan Lycro kan effektivisere produksjonen.

- 1. Hva er stillingen din, og hvor lenge har du jobbet hos Lycro?**
  - i. Svar:
  - b. Forklar kort om din arbeidshverdag:**
    - i. Svar:
- 2. Hva er de vanligste årsakene til stans i den daglige produksjonen?**
  - a. Hva er de viktigste årsakene til stopp i arbeidet?
    - i. Svar:
- 3. Hva kan gjøres annerledes for at din arbeidshverdag skal bli bedre?**
  - i. Svar:
- 4. Får du tilstrekkelig informasjon til å kunne jobbe effektivt i din arbeidshverdag?**
  - i. Svar:
  - b. Hva mangler, og hvordan tror du dette kan løses?**
    - i. Svar:
  - c. Hvor mange ganger i løpet av en arbeidsdag forlater du arbeidsstedet for å søke informasjon du trenger i arbeidet?**
    - i. Svar:
- 5. Har du de ressurser du trenger til å kunne jobbe effektivt i din arbeidshverdag?**
  - i. Svar:
  - b. Hva mangler, og hvordan tror du dette kan løses?**
    - i. Svar:
  - c. Hvor mange ganger i løpet av en arbeidsdag forlater du arbeidsstedet for å finne ressurser du trenger i arbeidet?**
    - i. Svar:
- 6. Har du noen forslag til tiltak for å effektivisere ditt / andres arbeide (har du riktig arb. verktøy, ligger det på riktig plass osv.)?**
  - i. Svar:
- 7. Hvordan skiller Lycro seg fra sine konkurrenter innenfor sprøyttestøpning med tanke på produksjon?**
  - i. Svar:
- 8. Er det noe med dagens produksjon du mener bør ivaretas ?**
  - i. Svar:
  - b. Videre, er det noe du føler sterkt for at bør endres?**
    - i. Svar:
- 9. Er du medvirkende i å bestemme utførelsen av din egen arbeidshverdag?**
  - i. Svar:
- 10. Hvordan ser du for deg lycro om 5år?**
  - i. Svar:

## **Vedlegg 2: Undersøkelse for evaluering av effektiviteten i produksjon, ved start av arbeidsdag.**

Denne spørreundersøkelsen er en del av en masteroppgave som utføres av studentene, ved Universitetet i Agder, i samarbeid med Lycro AS. Formålet med intervjuene er å arbeide for en større forståelse for hvordan Lycro kan effektivisere produksjonen.

Effektivitet kan forstås som om du får utført arbeidsoppgavene dine uten unødvendige avbrytelser eller uten venting forårsaket av andre faktorer.

Gjerne gi utfyllende kommentarer.

Dato for undersøkelsen: \_\_\_\_\_

---

**1. Hva er stillingen din, og hvor lenge har du jobbet hos Lycro?**

**Stilling:** \_\_\_\_\_ **År:** \_\_\_\_\_

**2. Hva ser du på som dine tre viktigste arbeidsoppgaver hos Lycro?**

**3. Hva er de vanligste årsakene til stans i din arbeidshverdag?**

**4. Hva kan gjøres annerledes for at du skal kunne jobbe bedre?**

**5. Får du tilstrekkelig informasjon til å kunne jobbe effektivt i din arbeidshverdag?**

**a. Hva mangler, og hvordan tror du dette kan løses?**

- b. Hvor mange ganger i løpet av en arbeidsdag forlater du arbeidsstedet for å finne ressurser du trenger i arbeidet?
6. Har du noen forslag til tiltak for å effektivisere ditt / andres arbeide (har du riktig arb. verktøy, ligger det på riktig plass osv.)?
7. Hvordan mener du Lycro skiller seg fra sine konkurrenter innenfor sprøyttestøpning med tanke på produksjon?
8. Hvilke aspekter med dagens produksjon mener du er kjerneaspekter?
- a. Videre, er det noe du føler sterkt for at bør endres?
9. I hvilken grad føler du at du er med på å bestemme utførelsen av din egen arbeidshverdag?

**Vedlegg 3: Evaluation form for evaluation of the efficiency of production, at the start of the working day.**

This survey is part of a master's thesis conducted by students at the University of Agder, in collaboration with Lycro AS. The purpose of the evaluation form is to promote a greater understanding of how Lycro can streamline production.

Efficiency can be understood as if you have done your job without unnecessary interruptions or without waiting caused by other factors.

Feel free to provide additional comments.

Date for survey: \_\_\_\_\_

---

**1.** What is your position and how long have you worked at Lycro?

**Workposition:** \_\_\_\_\_ **years:** \_\_\_\_\_

**11.** What do you see as your three main tasks at Lycro?

**12.** What are the common causes of downtime in your everyday work?

**13.** What can be done differently to make you able to work better?

**14.** Do you get sufficient information to be able to work efficiently in your everyday work?

**a.** What is missing, and how do you think this can be solved?



**b. How many times during a workday do you leave the work to find the resources you need for your work?**

**15. Do you have any suggestions for measures to streamline your / others' work (Right tools at the right place etc.)?**

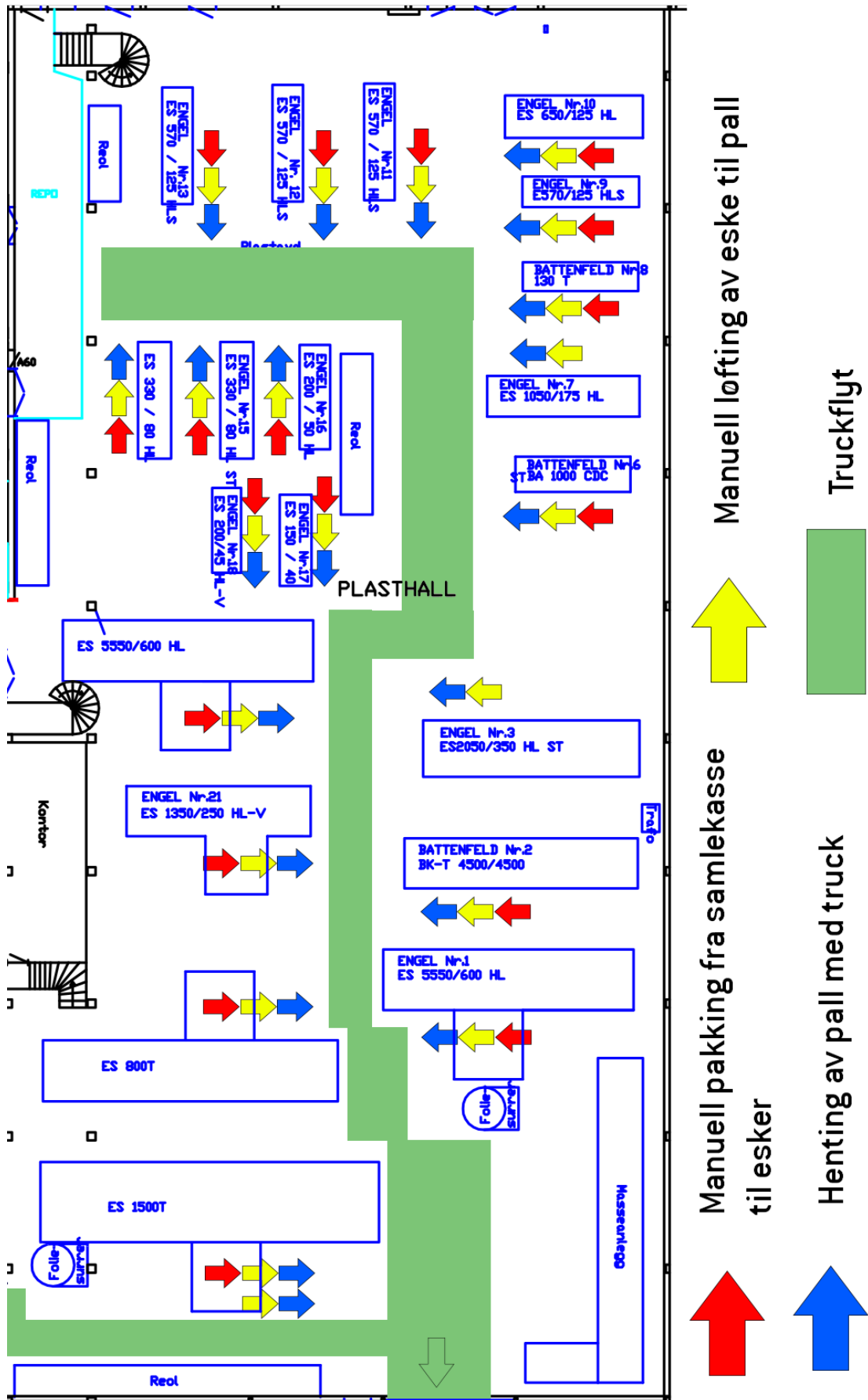
**16. How do you think Lycro differs from its competitors in injection molding in terms of production?**

**17. Which aspects of current production do you think are the core aspects?**

**a. Moreover, is it something you feel strongly should change?**

**18. To what extent do you feel that you are involved in determining the structure of your own work day?**

Vedlegg 4:



Vedlegg 5:

