

# Fremtidens vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS

**Lasse Børmark Hoftun**

Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Per Schjøberg, MTP

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for maskinteknikk og produksjon



## **Fremtidens vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS**

Lasse Børmark Hoftun

Vårsemester 2017

TPK4950 – Masteroppgave

Institutt for maskinteknikk og produksjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Veileder 1: Per Schjølberg (Førsteamanuensis ved MTP)

Veileder 2: Ole Meland (Vedlikeholdssjef ved SalMar AS)



## Forord

Masteroppgaven er utarbeidet våren 2017 som et resultat av emnet TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Emnet utgjør fjerde og avsluttende semester av det toårige masterprogrammet Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) ved Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP). Masteroppgaven er estimert til å utgjøre et arbeidsomfang på 30 studiepoeng og avsluttes med innlevering av en sluttrapport.

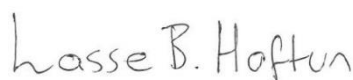
På bakgrunn av spesialiseringen innenfor drift og vedlikehold undertegnede har fra maskiningeniørutdanningen ved Høgskolen i Sør-Trøndelag (nå NTNU), var det av sterk interesse og relevans å velge en problemstilling innenfor dette fagfeltet som tema for masteroppgaven. Førsteamanuensis ved MTP, Per Schjølberg, har utøvd rollen som veileder under oppgavegjennomføringen.

Samarbeidsbedrift under gjennomføringen av masteroppgaven har vært lakseprodusenten SalMar AS på Frøya. Ved hjelp av Schjølberg sitt brede nettverk innenfor norsk industri og særst med hensyn til bedrifter hvor vedlikeholdsstyring er prioritert satsning, ble kontakten mellom SalMar AS og undertegnede opprettet i april 2016.

Som en utmerket mulighet til å etablere innsyn i bedriften og dens aktiviteter, ble sommervikariat for undertegnede forespeilet påfølgende sommer. Vikariatet ga innsikt i vedlikeholds- og reservedelsstyringen ved bedriften og var uvurderlig for utarbeidelsen av fordypningsprosjektet høsten 2016. Fordypningsprosjektet utgjorde emnet TPK4550 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold og var obligatorisk som en del av tredje semester av masterprogrammet RAMS. Tittel på fordypningsprosjektet er «*Reservedelsstyring hos SalMar AS*».

I januar 2017 ble det gjennomført et telefonmøte med Schjølberg sin kontaktperson ved SalMar AS – vedlikeholdssjef Ole Meland. Telefonmøtet i kombinasjon med påfølgende dialog mellom Schjølberg og Meland resulterte i utforming av en oppgavetekst basert på antatte reelle utfordringer ved samarbeidsbedriften. Tittel på masteroppgaven er «*Fremtidens vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS*».

Trondheim, 2017-06-11



---

Lasse Børmark Hoftun



## Takksigelse

Undertegnede ønsker å utrette en stor takk til Per Schjølberg ved Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP) innledningsvis for etablering av muligheten for samarbeid med SalMar AS i tillegg til konstruktiv veiledning under forberedende arbeid samt gjennomføring av masteroppgaven. I tillegg vil undertegnede takke vitenskapelig assistent ved MTP, Andreas Marhaug for gode innspill og konstruktive tilbakemeldinger på utarbeidet materiale.

Hos SalMar AS utrettes en stor takk til vedlikeholdssjef Ole Meland. Meland har gjennom arbeidet med masteroppgaven bidratt med særs konstruktiv veiledning, informasjon og ikke minst strukturering og utforming av rapporten. Hans konstruktive tilbakemeldinger har vært svært nyttige.

Undertegnede ønsker videre å takke vedlikeholdskoordinator ved SalMar AS Sebastian Kvernland. Vedkommende har gjennom arbeidet med masteroppgaven dedikert tid til å besvare spørsmål og overbringe relevant informasjon på en god måte, både under opphold ved bedriften samt via telefon. Kvernland har også sørget for husrom i periodene undertegnede har oppholdt seg ved bedriften.

Avslutningsvis utrettes en stor takk til medstudentene undertegnede har delt kontor med for uvurderlig moralsk støtte og oppmuntring under arbeidet.

L.H.





## Sammendrag

Norsk oppdrettsnæring har i løpet av de siste tiår vært preget av stor vekst og utgjør p.t. ca. 70 % av Norges sjømateksport. SalMar ASA er i dag verdens tredje største oppdrettsselskap med et volum oppdrettslaks i sjøen, såkalt biomasse, på nærmere 150.000 tonn. Slakting og bearbeiding av laks gjennomføres av SalMar AS ved produksjonsanlegget InnovaMar på Frøya. Produksjonsanlegget betegnes som verdens mest innovative og effektive anlegg for ilandføring, slakting og bearbeiding av oppdrettslaks. For å være konkurransedyktig er SalMar AS avhengig av å være kostnadseffektiv eller kostnadsledende som bedriften definerer i sine målsetninger.

Vedlikeholdsstyring med hovedmål om ivaretagelse av tilgjengelighet, ytelse og kvalitet innenfor planlagt produksjonstid inngår som et av de mest sentrale elementene knyttet bedriftens evne til å innfri sine målsetninger. SalMar AS benytter et databasert system, Infor EAM, for samtlige prosesser innenfor vedlikeholdsstyring. Infor EAM har parallelt til hensikt å tilfredsstille alle stegene innenfor kontinuerlig forbedring og dermed ivareta operasjonene planlegge, utføre, forbedre og forandre. P.t. utøver systemet en effektiv rolle med hensyn til de to førstnevnte stegene, mens det for de to sistnevnte foreligger et forbedringspotensial.

Riktig vedlikeholdsstyring av trommelmotorer er en av de viktigste forutsetningene for ivaretagelse av tilgjengelighet i planlagt produksjonstid. En trommelmotor er en enhet hvor motor, gir og øvrige komponenter nødvendig for generering av rotasjonskraft er omsluttet av en trommel. Majoriteten av transportbåndene og til dels produksjonsutstyr ved InnovaMar har avhengighet mot trommelmotorer, fortrinnsvis på bakgrunn av aspekter innenfor driftssikkerhet og hygiene.

SalMar AS praktiserer p.t. en «run to failure»-strategi for trommelmotorer på bakgrunn sviktmønstre, begrensninger knyttet til ressurser ved teknisk avdeling samt tilgjengelige kommersialiserte løsninger. Bedriften utfører i motsetning til majoriteten av oppdrettsselskapene i Norge, korrigerende vedlikehold av trommelmotorer i eget hus.

Med hensikt å minimere nedetid når svikt på trommelmotor med påfølgende produksjonsstopp inntreffer, erstattes sviktet trommelmotor med en reparert trommelmotor med identiske spesifikasjoner. Strategien stiller krav til lagerstyringen ved bedriften, både med hensyn til beholdning av trommelmotorer for utskiftning og reservedelsbeholdning for utførelse av korrigerende vedlikehold. Med hensyn til ivaretagelse av levetid til trommelmotorene belyses presisjon og nøyaktighet i reparasjonsprosessen som særs viktig.

SalMar AS opplever per i dag utfordringer knyttet til å ha en robust beholdning av trommelmotorer samt et system for å sikre at reservedeler nødvendig for utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer er lagerført til riktig tid. Årsaken er fortrinnsvis fravær av risikovurderinger innledningsvis da «Prosjekt InnovaMar» ble utarbeidet samt fortsatt ikke-eksisterende rutiner for

levende risikovurdering i en aldrende maskinpark med kontinuerlig økning i antall maskiner og utstyr. Gjennomføring av risikovurderinger med hensikt å optimalisere beholdningen av trommelmotorer og tilknyttede reservedeler er foreslått som et av de første og mest nærliggende forbedringstiltakene.

Vedlikeholdsstyringen tilknyttet trommelmotorer fremstår som periodevis basert på læring etter tidligere hendelser. En evaluering av SalMar AS sine prosedyrer for utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer på bakgrunn av feltarbeid ved bedriften, gjennomgang av historikk samt bedriftsbesøk med dybdeintervju hos ledende leverandør av trommelmotorer Interroll AS har vært bakgrunnen for majoriteten av genererte forbedringstiltak.

Tiltak som skal iverksettes for forbedring av det korrektive vedlikeholdet av trommelmotorer er særs viktig med hensyn til ivaretagelse av levetid. Forbedringstiltak er generert for samtlige ledd i reparasjonsprosessen samt tilgrensende elementer som lagerstyring og prosedyrer.

Med basis i potensialet som foreligger ved mer utnyttelse av allerede eksisterende installasjoner i fabrikken er det utviklet en spesifikkasjon for utarbeidelse av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer, fortrinnsvis innenfor tilstandsbasert vedlikehold. Målsetningen er at loggføring av belastningsstrøm på trommelmotorer i drift på lengre sikt skal resultere i et beslutningsgrunnlag som videre skal benyttes til å styre utskiftningen av trommelmotorer ved produksjonsanlegget. Løsningen er etablert i tråd med prinsippene innenfor konseptet Industri 4.0.

Et potensielt utfall av utarbeidelsen av masteroppgaven er et midlertidig ansettelsesforhold i SalMar AS med hovedfokus på implementering og oppfølging av forbedringstiltakene samt parallelt å evaluere muligheten for å anvende rammeverket for utvikling av forbedringstiltak på andre områder innenfor vedlikeholdsstyring hos SalMar AS.

## Summary

During the last decades, the Norwegian salmon farming industry has experienced a strong growth in size resulting in the industry today representing 70% of the total value of seafood exported from Norway. As upon today, SalMar ASA is the world's third largest salmon farming company with a volume of almost 150.000 tons salmon in the fish farms. The process of slaughtering and processing salmon is being performed at the production plant InnoMar located at Frøya. The plant is being recognized as the world's most innovative and effective factory for salmon processing. To stay competitive among other producers, SalMar AS depend upon being cost efficient or «leading on cost level» as the company defines in their ambitions.

Maintenance management with its main goal to maintain availability, performance and quality within the time planned for production is one of the most critical aspects for the company to be able to fulfil its goals. SalMar AS has implemented a computerized maintenance management system, Infor EAM, to manage processes within maintenance management. Additionally, Infor EAM is administrating the process of continuous improvement, meaning ensuring operations within the activities planning, doing, checking and acting. As upon today Infor EAM is an efficient tool regarding the first two operations, though leaving an improvement potential for the others.

Optimized maintenance management of drum motors is one of the most important precautions for maintaining availability during time planned for production. A drum motor consists of a motor, gear and components necessary to generate rotational power within a drum. Most of the conveyor systems and partly the production equipment have a dependability towards drum motors to be able to function, mainly because of aspects within reliability and hygiene.

SalMar AS' strategy for maintenance management related to drum motors is «run-to-failure» - a decision made based on failure history as well as the availability of resources within the maintenance department and commercialized technology available on the market. Opposite to other companies within the salmon farming industry, SalMar is performing the repair process of drum motors «in-house».

With the ambition of reducing the downtime when a failure occurs on a drum motor placed in a production line, the failed drum motor is immediately being replaced by a new or repaired drum motor with identical specifications. The strategy requires an optimized inventory management, both regarding spare drum motors as well as spare parts necessary for the repair process. Regarding ensuring the lifetime of the drum motors, the process of repairing is being highlighted both regarding precision and accuracy.

As upon today SalMar AS is experiencing challenges both within correct inventory management of spare drum motors as well as correct level of spare parts for the repair process. The company has not

performed sufficient risk evaluations during the establishment of the factory and it is missing risk evaluations with ability of managing aging production equipment as well as a continuous increasing in the number of maintenance objects.

The maintenance management related to drum motors upon today is based on learning from historical data. An evaluation of SalMar AS' procedures for repairing the drum motors, based on fieldwork at the factory, analyses of historical data and a visit with conduction of interviews at the Norwegian leading supplier of drum motors Interroll AS, is applied as a basis for the improvement measures generated within the master thesis.

Improvement measures within corrective maintenance are mainly related to aspects ensuring the repair process resulting in an expected lifetime of the drum motors. Measures are generated for all steps of the repair process as well as involved elements such as inventory management and procedures.

Starting from the potential already existing in present installations in the factory, the master thesis presents a specification of a system for preventive maintenance of drum motors, mainly condition based. The ambition of continuous surveillance of the power consumption from the drum motors during a longer period of time, is that historical data will generate a decision basis to be applied to decide when to manage the process of replacing the drum motor before it reaches the end of its lifetime. The system is developed based on principles within the concept of Industry 4.0.

A potential outcome of the findings and improvement measures generated within the master thesis is a temporary employment at SalMar AS' plant performing activities related to implementing selected improvement measures and evaluating the achieved effect. Further the framework must be evaluated regarding its ability to be applied on other challenges within the company's maintenance management.

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Takksigelse .....	iii
Sammendrag .....	v
Summary .....	vii
Innholdsfortegnelse.....	ix
Figurliste .....	xiv
Tabelliste.....	xvii
<b>1 Innledning.....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn.....	2
1.2 Prosjekt mål.....	3
1.3 Oppgavebeskrivelse .....	4
1.4 Omfang og begrensninger .....	5
1.5 Involverte aktører .....	6
1.5.1 NTNU .....	6
1.5.2 SalMar AS.....	6
1.6 Metode .....	6
1.7 Rapportens struktur .....	7
<b>2 SalMar AS .....</b>	<b>10</b>
2.1 Konsernet SalMar ASA.....	10
2.2 SalMar AS.....	11
2.2.1 Avdeling for slakting av laks .....	12
2.2.2 Avdeling for bearbeiding av laks .....	14
<b>3 Vedlikeholdsstyring .....</b>	<b>15</b>
3.1 Mål .....	15
3.1.1 SMART-mål .....	15
3.1.2 Vedlikeholdsmål .....	15

3.2	Vedlikeholdsstrategi.....	16
3.3	Sviktmønstre .....	17
3.4	Ulike typer vedlikehold.....	19
3.4.1	Korrigerende vedlikehold .....	19
3.4.2	Forebyggende vedlikehold.....	20
3.5	Databaserte vedlikeholdsstyringssystemer.....	20
3.6	Indikatorer .....	21
3.7	Vedlikeholdets utvikling.....	23
3.8	Tilstandsbasert vedlikehold.....	25
3.9	Proaktivt vedlikehold .....	25
3.10	Selv-vedlikehold .....	26
3.11	Smart vedlikehold .....	26
3.12	Industri 4.0 .....	27
3.13	Veien til «WCM».....	28
3.14	Konklusjon.....	29
<b>4</b>	<b>Reservedelsstyring .....</b>	<b>30</b>
4.1	Definisjon.....	30
4.2	Klassifisering av reservedeler .....	30
4.2.1	NORSOK Z-008 .....	30
4.2.2	Øvrige klassifiseringer .....	31
4.2.3	Klassifisering av reservedeler ved InnovaMar.....	32
4.3	Stillstandskostnader.....	33
4.4	Modeller for lagerstyring og uttaksføring .....	34
4.4.1	Bestillingspunktssystemet .....	35
4.4.2	Periodisk bestilling.....	37
4.4.3	KANBAN-system .....	37
4.4.4	Elektronisk system .....	39
4.4.5	RFID-system .....	40

4.5	Fysisk oppbygning av lager ved InnovaMar .....	40
4.6	Konklusjon .....	42
<b>5</b>	<b>Vedlikeholdsstyring ved SalMar AS .....</b>	<b>43</b>
5.1	Vedlikeholdsavdeling .....	43
5.2	Vedlikeholdsmål .....	44
5.3	Vedlikeholdsstrategi .....	45
5.4	Vedlikeholdskultur .....	46
5.5	Konklusjon .....	47
<b>6</b>	<b>Infor EAM .....</b>	<b>49</b>
6.1	Infor EAM .....	49
6.2	Reservedelsstyring .....	51
6.2.1	Anleggsregister .....	51
6.2.2	Uttaksføring .....	55
6.3	Arbeidsordrer .....	55
6.4	Konklusjon .....	57
<b>7</b>	<b>Trommelmotoren .....</b>	<b>59</b>
7.1	Beskrivelse .....	59
7.1.1	Oppbygning .....	59
7.1.2	Konfigurasjon .....	60
7.2	Trommelmotorer knyttet opp mot NS13306 .....	62
7.3	Trommelmotorer ved InnovaMar .....	64
7.3.1	Interroll «i-serie» .....	65
7.3.2	Trommelmotorens betydning for SalMar AS .....	66
7.4	Reservedeler .....	67
7.5	Sviktårsaker .....	71
7.6	Konklusjon .....	73
<b>8</b>	<b>Vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS .....</b>	<b>74</b>
8.1	Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer .....	74

8.2	Overordnede prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer .....	74
8.3	Prosedyrer for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer .....	77
8.4	Rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer .....	80
8.4.1	Åpning av trommelmotor .....	81
8.4.2	Montering av trommelmotor .....	84
8.5	Reservedelsstyring knyttet til trommelmotorer .....	86
8.6	Konklusjon .....	89
<b>9</b>	<b>Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører .....</b>	<b>90</b>
9.1	Interroll AS .....	90
9.2	Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører .....	90
9.2.1	Insourcing av vedlikehold .....	91
9.2.2	Outsourcing av vedlikehold .....	93
9.3	Prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer ved Interroll AS .....	95
9.4	Korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved Interroll AS .....	98
9.4.1	Uttømming av olje .....	98
9.4.2	Åpning av trommelmotor .....	98
9.4.3	Rengjøring .....	101
9.4.4	Sluttmontering .....	102
9.5	Konklusjon .....	103
<b>10</b>	<b>Optimalisering av systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer .....</b>	<b>105</b>
10.1	Beholdning av trommelmotorer .....	105
10.2	Prosedyrer for håndtering av trommelmotorer i Infor EAM .....	106
10.2.1	Utstysregister .....	106
10.2.2	Anleggsregister .....	110
10.3	Prosedyrer for reservedelsstyring tilknyttet trommelmotorer .....	113
10.4	Rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer .....	115
10.4.1	Åpning av trommelmotor .....	116
10.4.2	Rengjøring .....	119



10.4.3 Sluttmontering.....	120
10.4.4 Testing.....	121
10.5 Konklusjon.....	122
<b>11 System for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer.....</b>	<b>123</b>
11.1 Bakgrunn.....	123
11.2 Tilstandsovervåkning.....	124
11.2.1 Måling av belastningsstrøm.....	124
11.2.2 Infrastruktur.....	126
11.3 Prinsippet.....	128
11.3.1 OPC Data Access.....	128
11.3.2 Apis.....	129
11.3.3 Prinsippet.....	130
11.4 Omfang.....	132
11.5 Økonomi.....	135
11.6 Konklusjon.....	136
<b>12 Plan for implementering.....</b>	<b>137</b>
<b>13 Sammendrag, konklusjon og anbefalinger for videre arbeid.....</b>	<b>138</b>
13.1 Sammendrag.....	138
13.2 Konklusjon.....	141
13.3 Videre arbeid.....	142
<b>Referanser.....</b>	<b>143</b>
<b>Vedlegg A – Forkortelser.....</b>	<b>149</b>
<b>Vedlegg B – Plan for implementering.....</b>	<b>151</b>
<b>Vedlegg C – Veien til «WCM» for SalMar AS.....</b>	<b>159</b>
<b>Vedlegg D – Ettpunktsleksjon.....</b>	<b>160</b>
<b>Vedlegg E – Intervjuguide Interroll.....</b>	<b>161</b>
<b>Vedlegg F – Statusrapporter.....</b>	<b>163</b>
<b>Vedlegg G – Forstudierapport.....</b>	<b>168</b>

## Figurliste

Figur 2.1 Slaktevolum fordelt etter geografisk område pr. 31.12.2015. (*sløyd vekt) [9].	10
Figur 2.2 SalMar har virksomheter gjennom hele verdikjeden [11].	11
Figur 2.3 SalMars produksjonsanlegg InnovaMar på Frøya. Foto: SalMar.	12
Figur 2.4 Stasjoner for kvalitetssortering av laks.	13
Figur 2.5 «Frøyas» er SalMar sitt mest kjente produkt fra avdeling for prerigor [12].	14
Figur 3.1 Målhierarki.	16
Figur 3.2 Faktorer som inngår i utformingen av en vedlikeholdsstrategi [15].	16
Figur 3.3 Seks ulike mønstre for sviktsannsynlighet [16].	18
Figur 3.4 Ulike typer vedlikehold [14].	19
Figur 3.5 Påvirkningsfaktorer og KPI-er knyttet til vedlikehold [20].	21
Figur 3.6 Forebyggende vedlikehold av trommelmotorer skal bidra til forbedring av flere av KPI-er.	23
Figur 3.7 Utviklingen av vedlikehold [23].	24
Figur 4.1 Alternativ klassifisering av reservedeler [44].	31
Figur 4.2 Eksempler på ulike kategorier av reservedeler ved InnovaMar.	32
Figur 4.3 Faktorer som påvirker avgjørelsen knyttet til lagerføring av reservedeler.	33
Figur 4.4 Prinsippet bak bestillingspunktssystemet.	36
Figur 4.5 Prinsippet bak periodisk bestilling.	37
Figur 4.6 KANBAN-kort tas ut av lagerboksen og legges i postkassa når det er 1 stk. igjen.	38
Figur 4.7 Hovedlageret består av totalt åtte reolrekker for oppbevaring av reservedeler.	41
Figur 4.8 Lagerrommet omfatter motorer, transportbånd og moduler med tilhørende elementer.	41
Figur 5.1 Innenfor SalMar AS foreligger det syv avdelinger med hensyn til tilhørighet av ansatte.	43
Figur 5.2 Underavdelingene innenfor teknisk avdeling styres av en vedlikeholdsadministrator.	44
Figur 6.1 Anleggsregisteret er definert hierarkisk med hensyn til segmenter, system og aktiva.	51
Figur 6.2 Segmenter, systemer, delsystemer og aktiva er definert hierarkisk i Infor EAM.	52
Figur 6.3 Et utdrag av artiklene tilknyttet «Innmater 1» i Infor EAM.	53
Figur 6.4 En artikkel kan i Infor EAM knyttes opp mot flere aktiva.	54
Figur 6.5 Ved å søke opp artikkelnummer i Infor EAM kan systemet vise lagerinformasjon.	54
Figur 6.6 Operasjonelle reservedeler er definert med etterbestillingsnivå og ordrestørrelse.	55
Figur 6.7 Utklipp fra arbeidsordremodulen i Infor EAM.	56
Figur 6.8 Samtlige teknikere har sin egen innboks i Infor EAM.	57
Figur 7.1 Trommelmotor av typen 138i, produsert av Interroll. Foto: Interroll.	61
Figur 7.2 Trommelmotor konfigurert med transportbånd i en produksjonslinje. Foto: Interroll.	61
Figur 7.3 Trommelmotor med vulking og tilhørende transportbånd. Foto: Interroll.	62
Figur 7.4 Eksempel på svikthierarki knyttet til trommelmotorer.	63
Figur 7.5 Et søk på «trommelmotor» i utstyrregisteret i Infor EAM genererte 473 treff.	66

Figur 7.6 Venstre: Ground sleeve (øverst) og labyrinttetning (nederst).....	68
Figur 7.7 Trommelmotor uten endelokk sett fra girside. ....	69
Figur 7.8 Samtlige trommelmotorer ved InnovaMar er installert med en dedikert sikkerhetsbryter....	70
Figur 7.9 Utbredte sviktårsaker og tilhørende sviktmekanismer for trommelmotorer ved InnovaMar.	71
Figur 7.10 Inntrenging av vann i trommelrør kan medføre betydelige skader. ....	72
Figur 8.1 Overordnede prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS. ....	75
Figur 8.2 Arbeidsordre knyttet til reparasjon av defekt trommelmotor. ....	76
Figur 8.3 Interroll AS sine testresultater. ....	79
Figur 8.4 Nåværende rutiner for reparasjon av trommelmotorer ved SalMar AS. ....	81
Figur 8.5 En skrustikk benyttes for å skape helning slik at oljen kan renne ut.....	82
Figur 8.6 Trommelrøret tilføres varme ved skjøten mot endestykket.....	83
Figur 8.7 For å åpne trommelmotorer av typene 80i og 113i benyttes det per i dag en hammer. ....	84
Figur 8.8 Trommelmotorene ved InnovaMar har en sviktintensitet tilnærmet en «badekarkurve».....	85
Figur 8.9 Etterbestillingsnivå for en rotor tilhørende en trommelmotor av typen 138i. ....	87
Figur 8.10 Rutinesvikt i uttaksføringen kan føre til at stillstandskostnader påløper.....	87
Figur 8.11 Mangel på reservedeler kan medføre nedetid.....	88
Figur 9.1 Faktorer som påvirker valg av vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer. ....	91
Figur 9.2 Minimum tid for utførelse av reparasjon hos Interroll AS er fem til seks uker.....	94
Figur 9.3 Interroll AS sine prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer baserer seg på tre steg....	95
Figur 9.4 Lagerbeholdningen Interroll AS disponerer består av standardreservedeler.....	96
Figur 9.5 Interroll AS disponerer en egenprodusert bukk for å tømme trommelrøret for olje. ....	98
Figur 9.6 Interroll anbefaler bruk av stålhammer og messingdor for bryting av fastholdingsmasse....	99
Figur 9.7 Endelokk festes til slagtrekkere (høyre) via overganger (venstre). ....	99
Figur 9.8 En bukk med justerbar innfestingsklemme benyttes til fastspenning av trommelrør.....	100
Figur 9.9 Interroll anbefaler bruk av aluminiumsplate for åpning.....	101
Figur 9.10 Til rengjøring benyttes en industrivaskemaskin (venstre) og en vaskekum (høyre). ....	102
Figur 9.11 Interroll AS disponerer en presse for påføring av kulelager. Foto: Interroll.....	102
Figur 9.12 Interroll AS benytter en presse for lukking av trommelmotor. Foto: Interroll.....	103
Figur 10.1 Optimalisering av beholdningen av trommelmotorer er et prioritert forbedringstiltak. ....	106
Figur 10.2 Det foreligger ingen standardisering for artikkelbeskrivelser i Infor EAM. ....	107
Figur 10.3 Et søk på serienummeret til trommelmotor i utstysregisteret. ....	107
Figur 10.4 Infor EAM tillater brukeren å søke på to søkeord i utstysregisteret. ....	108
Figur 10.5 Lagerplasseringen kan finnes ved å klikke seg inn på aktuell trommelmotor.....	108
Figur 10.6 Enkelte artikkelbeskrivelser er standardisert i form av type informasjon og struktur.....	110
Figur 10.7 Laksen fraktes fra bløgging til avkjølingstanker via to parallelle stigebånd. ....	111
Figur 10.8 Trommelmotorer tilknyttet «Stigebånd 1». ....	112
Figur 10.9 Samtlige uttak av reservedeler definert med etterbestillingspunkt må registreres i Infor.	114

Figur 10.10 Hovedelementene ved SalMar AS sine prosedyrer for åpning av trommelmotorer.....	116
Figur 10.11 Nåværende prosedyrer tilsier at synlige oljerester skal fjernes før sluttmonteringen. ....	120
Figur 11.1 Prosessene knyttet til strømforsyning av trommelmotorer ved InnovaMar. ....	126
Figur 11.2 Elektriske skap er ved InnovaMar samlet i en egen seksjon på himlingen. ....	127
Figur 11.3 Frekvensomformerne innehar en funksjon for måling av belastningsstrøm. ....	127
Figur 11.4 System for tilstandsovervåking av trommelmotorer ved InnovaMar. ....	128
Figur 11.5 SCADA-systemet er designet for overvåking av industrielle prosesser.....	129
Figur 11.6 Strømtilførsel til to elektrolyttceller tilknyttet kloringsanlegget fremvist i Apis. ....	130
Figur 11.7 Løsning for kontinuerlig overvåking, innsamling, loggføring og fremstilling av data. ....	131
Figur 11.8 En mulig løsning for dashboard tilknyttet systemene som skal overvåkes. ....	131
Figur 11.9 Trommelmotorene tilhørende stigebåndene i systemet for «Slakting/Bløgging». ....	134
Figur 11.10 Trommelmotorene tilhørende stigebåndene i systemet for «Sløyning». ....	134
Figur 11.11 Trommelmotorene tilhørende stigebåndene i systemet for «Gruppering». ....	135

## Tabelliste

Tabell 1 Hovedtrekk for ulike typer reservedeler [44].....	32
Tabell 2 Modeller for lagerstyring og uttaksføring benyttet ved SalMar AS. ....	35
Tabell 3 Sentrale moduler og nøkkelfunksjoner innen Infor EAM. ....	50
Tabell 4 Krav til utstyr med kaplingsgrad «IP66».....	60
Tabell 5 SalMar AS opererer per i dag fem ulike modeller trommelmotorer fra Interroll «i-serie». ...	65
Tabell 6 Grunnlaget for utarbeidelse av system for tilstandsovervåking.....	133



# 1 Innledning

Norsk oppdrettsnæring har i løpet av de siste tiår vært preget av stor vekst og er i dag blant Norges største eksportartikler etter olje og gass. Fra utviklingen av kommersielt fiskeoppdrett i Norge ble påbegynt tidlig på 1970-tallet, utgjør oppdrettsnæringen i dag 70 % av sjømateksporten målt i verdi [1]. Norges oppdrettsnæring nyter godt av naturgitte fortrinn, sterke kunnskapsmiljøer, god infrastruktur og god forvaltning. Veksten innenfor oppdrettsnæringen er forventet å fortsette også i tiårene fremover. SINTEF la i 2012 frem en rapport, som ved videre utvikling av sjømatnæringens kjerneområder, spår en femdobling av verdien av norsk sjømat innen 2050 [2].

For å være konkurransedyktig er oppdrettsselskapene avhengig av å være kostnadseffektiv eller kostnadsledende som SalMar definerer i sine målsetninger. Oppdrettsnærings vekst samt økende konkurranse fra utenlandske aktører knyttet til bearbeiding og foredling av fisk, vil medføre at presset på lønnsomhet utløser sterkere fokus på effektivisering blant oppdrettsselskapene. I tillegg blir anvendelsen av avansert produksjonsteknologi stadig mer utbredt. Moderne bedrifter retter parallelt fokus mot utvikling av systemer for vedlikeholdsstyring slik at produksjonsutstyr kan utnyttes mer effektivt [3], [4].

Majoriteten av produksjonsutstyret ved SalMar AS sitt produksjonsanlegg på Kverva innehar trommelmotorer. Vedlikehold av trommelmotorer inngår følgelig som et sentralt element innenfor bedriftens vedlikeholdsstyring. Ansettelsesforholdet som sommervikar i kombinasjon med observasjoner og samtaler med øvrige ansatte har gitt inntrykk av at nåværende vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer er et område hvor det foreligger et forbedringspotensial.

Masteroppgaven benytter feltarbeid hos SalMar AS, detaljkunnskap knyttet til vedlikeholds- og reservedelsstyringen og relevante «state-of-the-art»-teorier som basis for utarbeidelse av et fundament for etablering av tiltak som skal iverksettes med hensyn å forbedre nåværende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer. I takt med «å være fremragende i alle ledd og elementer av produksjonen» som det heter i SalMar sine målsetninger, skal i tillegg «state-of-the-art»-teorier innen tilstandsbasert vedlikehold og andre fremtidsrettede konsepter inngå i genereringen av et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved bedriften. Hensikten er å øke tilgjengeligheten ved bedriftens produksjonsanlegg og parallelt optimalisere ressursforbruk samt redusere risiko for bedriften.

## 1.1 Bakgrunn

Masteroppgaven er utarbeidet våren 2017 og utgjør emnet TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Emnet består av 30 studiepoeng som fjerde og avsluttende semester av det toårige masterprogrammet Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) ved Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP). Masteroppgaven er utarbeidet av undertegnede i samarbeid med MTP og SalMar AS.

Samarbeidet mellom SalMar AS og undertegnede ble etablert i april 2016 som følge av et telefonmøte med Per Schjølberg sin kontaktperson ved bedriften – vedlikeholdssjef Ole Meland. Telefonmøtet i kombinasjon med påfølgende dialog mellom Schjølberg og Meland førte til at det ble forespeilet en stilling som sommervikariat for undertegnede. To NTNU-studenter var sommervikariater hos bedriften påfølgende sommer. Ansvarsområdene bestod fortrinnsvis av ivaretagelse av daglig drift på det tekniske lageret.

Undertegnede fikk som den ene av studentene høsten 2016 mulighet til å videreføre arbeidet i et fordypningsprosjekt. Emnet TPK4550 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold, fordypningsprosjekt, utgjorde et arbeidsomfang på 15 studiepoeng og var ment å fungere som et ledd i etableringen av et teoretisk fundament som basis for masteroppgaven. Tittel på fordypningsprosjektet er «*Reservedelsstyring hos SalMar AS*» med målsetning om å definere «state-of-the-art»-teorier innenfor emnene vedlikehold og reservedelsstyring. Fundamentet ble benyttet som et utgangspunkt for å kartlegge reservedelsstatus hos SalMar AS, samt foreslå potensielle forbedringsområder tilknyttet reservedelsstyring hos bedriften.

Under gjennomføringen av fordypningsprosjektet fortsatte undertegnede å bistå SalMar med arbeidsoppgaver. I tillegg til ivaretagelse av daglig drift på det tekniske lageret, har arbeidsoppgavene bestått av å identifisere behov for forbedring og optimalisering av lagerstyringen, utvikle forbedringstiltak og videre implementere for å evaluere effekten.

Ansettelsesforholdet ved SalMar AS har etablert en uvurderlig innsikt i prosesser og ikke minst utfordringer knyttet til vedlikeholdsstyring ved bedriften, spesielt med hensyn til reservedelsstyring. På så måte har det teoretiske fundamentet etablert i fordypningsprosjektet kunne spisses direkte inn mot områder relevante for bedriften.

Opprinnelig plan var anvendelse av masteroppgaven som en videreføring av fordypningsprosjektet, hvorpå planlegging, implementering og evaluering av forbedringstiltak knyttet til reservedelsstyringen hos SalMar AS skulle inngå som sentrale elementer. Som følge av ansettelsesforholdet som ansvarlig for det tekniske lageret og diskusjoner med vedlikeholdssjef samt andre ansatte, observerte undertegnede imidlertid et forbedringsområde med større nytteverdi for SalMar AS, nemlig dagens rutiner for vedlikehold av bedriftens trommelmotorer.



## 1.2 Prosjektmål

Masteroppgavens hovedmål er etablering av et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS samt generering av et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer, fortrinnsvis med løsninger innenfor tilstandsbasert vedlikehold. Funnene i masteroppgaven skal implementeres med målsetning om økt tilgjengelighet ved bedriftens produksjonsanlegg på Kverva.

For å kunne innfri hovedmålet i masteroppgaven, må følgende delmål innfris:

- Evaluere nåværende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS på bakgrunn av:
  - Detaljert analyse av trommelmotorene i et vedlikeholdsperspektiv.
  - «State-of-the-art»-teorier relevant for vedlikeholdsstyringen ved bedriften.
  - Feltarbeid ved bedriften inkludert samtaler med ansatte.
- Kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i oppdrettsnæringen gjennom:
  - Bedriftsbesøk.
  - Samtaler med relevante personer i oppdrettsnæringen.
  - Samtaler med ledende leverandør av trommelmotorer, Interroll.
- Etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer på bakgrunn av:
  - Analyser av nåværende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS.
  - Analyser av nåværende rutiner for korrigerende vedlikehold ved SalMar AS.
  - Evaluering av vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen.
  - Samtaler med Interroll og analyser av deres rutiner for utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.
- Generere et rammeverk for utvikling av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS med særs fokus på tilstandsbasert vedlikehold på grunnlag av:
  - Samtaler med Interroll.
  - «State-of-the-art»-teorier og fremtidsrettede konsepter innenfor tilstandsbasert vedlikehold.
  - Utarbeidelse av et fundament for bestemmelse av beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.

- Skissere en realistisk plan for implementering av et system for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn til å forbedre eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer.

SMART-prinsippet er benyttet som et verktøy for å definere prosjektmålene. Akronymet SMART står for at et mål skal være:

- **Specific**        Spesifikt
- **Measureable**    Målbart
- **Attainable**        Oppnåelig
- **Realistic**        Realistisk
- **Timely**            Tidsbegrenset

Målene er spesifikke i nå et formål, hvilket medfører at målene beskriver hvor mye av hva som skal oppnås. Videre er målene uttrykt slik at de kan måles ved hjelp av indikatorer. Prosjektmålene i masteroppgaven er kvalitative og på så måte ikke direkte målbare. Imidlertid vurderes det som enkelt å kontrollere status og utvikling samt evaluere i hvilken grad målene er oppnådd i henhold til Gantt-skjema utarbeidet i forstudierapporten.

Videre er målene oppnåelig og realistisk med hensyn til tilgjengelige ressurser. For å oppfylle kravene til SMART-prinsippet, er målene også tidsbegrenset. Samtlige mål og delmål er definert slik at de skal oppnås innenfor en bestemt tidsperiode, hvilket er ivarettatt i tidsplanleggingen i Gantt-skjemaet.

### 1.3 Oppgavebeskrivelse

Oppgavene behandlet i masteroppgaven er utarbeidet av vedlikeholdssjef hos SalMar, Ole Meland, i samarbeid med undertegnede og førsteamanuensis ved NTNU, Per Schjølberg.

Følgende oppgaver er behandlet i masteroppgaven:

- Beskrive trommelmotorens betydning for SalMar AS ut i fra et vedlikeholdsperspektiv.
- Evaluere dagens systemer og prosedyrer for drift og vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS.
- Kartlegge og evaluere vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i oppdrettsnæringen.
- Analysere og etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer samt eventuelt mer radikale endringer.
- Utvikle et rammeverk for implementering av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer, spesielt med hensyn til tilstandsovervåking samt beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.

- Skissere en realistisk plan for implementering av et system for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn til å forbedre eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer.

Implementering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer samt system for forebyggende vedlikehold skal etter planen realiseres i løpet av sommeren og høsten 2017. Et potensielt utfall av funnene i masteroppgaven er et midlertidig ansettelsesforhold hos SalMar AS med ansvarsområder bestående av implementering av foreslåtte tiltak i henhold til utarbeidet plan samt oppfølging og evaluering.

## 1.4 Omfang og begrensninger

Hovedmål for gjennomføring av masteroppgaven er utarbeidelse av et rammeverk for implementering av et system for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer samt tiltak med hensyn til forbedring av eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer.

Forbedringstiltakene er avgrenset til å omfatte trommelmotorer installert ved SalMar AS sitt lakseproduksjonsanlegg på Kverva, fortrinnsvis innenfor avdelingen for slakting av laks og avdelingen for bearbeiding av laks. Videre er tiltak for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer avgrenset til i første omgang å omfatte trommelmotorene i fabrikken med dårlig vedlikeholdstilpasning.

Teoretisk grunnlag for masteroppgaven er generert på grunnlag av informasjon tilgjengelig gjennom åpne kilder og gjennom NTNU sine lisenser. Masteroppgaven omhandler vedlikeholdsstyring av trommelmotorer som ikke anses å være et utbredt kommersielt fagfelt. I tillegg har Norges ledende leverandør av trommelmotorer Interroll AS uttalt at tilstandsovervåking av trommelmotorer ikke foreligger som en praksis hos deres kunder. Et relativt nytt fagfelt har resultert i en noe begrenset tilgang til relevant vitenskapelig litteratur.

En annen begrensning er tilgjengelighet på feilhistorikk knyttet til trommelmotorer ved SalMar AS sitt produksjonsanlegg. Bedriften benytter et databasert system for vedlikeholdsstyring kalt Infor EAM. Databasen i Infor EAM består av vedlikeholdsdata datert tilbake til årsskiftet 2012/2013. Da store deler av utstyret ved InnovaMar antas å ha en levetid lengre enn datagrunnlaget, er det stor sannsynlighet for at flere sviktårsaker og sviktmoder fortsatt er ukjente. For trommelmotorer har Infor EAM i hovedsak blitt benyttet til generering av arbeidsordrer tilknyttet utførelse av korrigerende vedlikehold etter at svikt har inntruffet. Prosedyrer for loggføring av sviktårsaker, sviktmekanismer og feiltilstand har nærmest vært fraværende.

Masteroppgaven er utformet på en slik måte at det forventes at leseren på forhånd har generell ingeniørbakgrunn samt fundamental forståelse for nyere og fremtidsrettede konsepter innen vedlikeholdsstyring.

## 1.5 Involverte aktører

### 1.5.1 NTNU

Masteroppgaven er utarbeidet i samarbeid med Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP), underlagt Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT) ved NTNU. Faggruppen involvert i masteroppgaven er Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold (RAMS). Hovedtemaet innenfor RAMS-gruppen er risiko- og pålitelighetsvurdering av komplekse systemer. Gruppens overordnede mål er å bidra til en tryggere, mer produktiv og bærekraftig industri [5].

Involverte aktører fra NTNU er hovedveileder Per Schjølberg og vitenskapelig assistent Andreas Marhaug.

### 1.5.2 SalMar AS

SalMar AS er nærmere beskrevet i Kapittel 2. Involverte aktører fra bedriften er vedlikeholdssjef ved InnovaMar, Ole Meland og vedlikeholdsadministrator for avdeling for bearbeiding av laks, Sebastian Kvernland.

## 1.6 Metode

Vedlikehold av trommelmotorer som tema for masteroppgaven ble fastsatt i januar 2017 på bakgrunn av en diskusjon mellom Ole Meland og undertegnede. Diskusjonen i kombinasjon med påfølgende dialog mellom Schjølberg, Meland og undertegnede resulterte i en ferdig utformet oppgavetekst drøye to uker senere. Gjensidig verdi av et fortsatt samarbeid utover fordypningsprosjektet ble diskutert og vilkårene for samarbeidet definert.

Neste steg var definering av målsetninger samt omfang og begrensninger av masteroppgaven, hvilket også utført som et samarbeid mellom de tre involverte partene.

Innledningsvis ble det gjennomført litteratursøk på bakgrunn av tema relevante for masteroppgaven, spesielt med hensyn til trommelmotorer. Undertegnede var på stadiet kjent med litteratur omhandlende vedlikeholds- og reservedelsstyring som følge av arbeidet med fordypningsprosjektet høsten 2016. For å kunne oppnå prosjektmålene var det imidlertid behov for ytterligere fordypning.

Grunnlaget for evaluering av dagens rutiner for vedlikehold av trommelmotorer hos SalMar AS ble i hovedsak etablert ved benyttelse av innhentet teori samt ulikt feltarbeid hos bedriften. Ved utførelse av uformelle intervjuer av ansatte involvert i prosessen tilknyttet vedlikehold av trommelmotorer samt diskusjoner med sentrale personer i vedlikeholdsledelsen, ble evalueringen utført på bakgrunn av teori og innspill fra bedriften.

Kartlegging av vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen ble gjennomført på bakgrunn av besøk hos Norges ledende leverandør av trommelmotorer, Interroll AS, i Drammen. Reisedeltakere var vedlikeholdskoordinator tilknyttet avdeling for bearbeiding av laks Sebastian Kvernland og undertegnede. Besøk hos Interroll AS inkludert intervju av sentrale personer knyttet til vedlikeholdsarbeidet i bedriften, muliggjorde til en viss grad kartlegging og evaluering av andre aktører i oppdrettsnæringen sine prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer. I tillegg ga besøket uvurderlig innsikt i hvordan leverandøren selv utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.

Med hensikt å etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ble feltarbeid inkludert uformelle intervjuer av ansatte ved SalMar AS særlig vektlagt. Gjennom tilstedeværelse hos SalMar AS på Frøya, diskusjoner med ansatte, observasjoner og direkte involvering i prosessene knyttet til vedlikehold av trommelmotorer, kunne forbedringstiltak genereres på bakgrunn av detaljkunnskap om vedlikeholdsstyringen.

Rammeverket for generering av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS ble utarbeidet på bakgrunn av «state-of-the-art»-teorier og fremtidsrettede konsepter innenfor tilstandsbasert vedlikehold samt diskusjoner med vedlikeholdskoordinatorer og elektrikere ved bedriften.

Siste del av oppgavebeskrivelsen var skissering av en plan for implementering av tiltakene identifisert i masteroppgaven. Tidsplaneleggingen og ressursallokeringen ble gjennomført som et samarbeid mellom vedlikeholdssjef ved SalMar AS og undertegnede.

Etter at de seks oppgavene som utgjør oppgavebeskrivelsen var gjennomført, ble konklusjon og sammendrag utarbeidet samt videre arbeid beskrevet. Deretter ble resterende seksjoner av masteroppgaven inkludert vedlegg ferdigstilt. Etter flere runder med korrekturlesing og tilbakemeldinger fra veiledere ble masteroppgaven klargjort for innlevering.

For å illustrere overfor leser hva sentrale elementer av masteroppgaven angår er det flere steder benyttet bilder. Bilder hvor det ikke fremkommer informasjon om fotograf i bildeteksten er tatt av undertegnede.

## **1.7 Rapportens struktur**

Påfølgende kapitler og tilhørende innhold i masteroppgaven er strukturert som følger:

Kapittel 2 formidler en presentasjon av SalMar AS og er i hovedsak utarbeidet for å gi leseren en introduksjon av bedriften og et innblikk i prosessene ved produksjonsfabrikken InnovaMar.

Kapittel 3 presenterer og diskuterer teorier relevant for vedlikeholdsstyringen av trommelmotorer ved SalMar AS. Hensikten med kapitlet er å danne et teoretisk fundament nødvendig for utarbeidelse av

tiltak som videre skal iverksettes med hensikt å forbedre systemer og prosedyrer knyttet til vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved bedriften.

Kapittel 4 fokuserer på å presentere samt diskutere elementer relevant for reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer ved SalMar AS. Majoriteten av elementene som inngår benyttes som grunnlag for utforming av tiltak som skal iverksettes med hensikt å forbedre reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer ved bedriften. I kapitlet inngår også en diskusjon vedrørende SalMar AS sin tilnærming til bruk av ulike modeller for lagerstyring og uttaksføring samt en overordnet beskrivelse av den fysiske oppbygningen av reservedelslagrene ved InnovaMar.

Kapittel 5 omfatter en beskrivelse av vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS. Kapitlet formidler en presentasjon av vedlikeholdsavdelingens oppbygning og plassering i SalMar AS samt en diskusjon knyttet til bedriftens vedlikeholdsmålsetning, vedlikeholdsstrategi og vedlikeholdskultur. Hensikten er å skape en bevisstgjøring overfor leseren hvilke faktorer som påvirker vedlikeholdsstyringen i bedriften.

Kapittel 6 formidler en presentasjon av SalMar AS sin bruk av moduler som inngår i vedlikeholdsstyringssystemet Infor EAM. Hensikten er bevisstgjøring overfor leseren i hvilken grad SalMar AS benytter modulene som inngår og parallelt identifisere utfordringer knyttet til behandling av trommelmotorer i vedlikeholdsstyringssystemet. Utfordringene identifisert i kapitlet er videre benyttet som grunnlag for utforming av forbedringstiltak.

Kapittel 7 formidler en beskrivelse av trommelmotorens oppbygning og virkemåte samt funksjon og betydning for SalMar AS evaluert ut ifra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv. Videre omfatter kapitlet en diskusjon knyttet til vedlikehold av trommelmotorer opp mot NS-EN 13306, klassifisering av reservedeler samt sviktårsaker og sviktmekanismer relevant for trommelmotorer ved InnovaMar. Flere av utfordringene identifisert i kapitlet er benyttet som grunnlag for utforming av tiltak som skal iverksettes for å forbedre systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer. Noen identifiserte utfordringer er også benyttet som basis for utvikling av et rammeverk for utførelse av forebyggende vedlikehold av trommelmotorer.

Kapittel 8 formidler en beskrivelse av SalMar AS sin vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer inkludert prosedyrer for forebyggende vedlikehold samt rutiner for korrigerende vedlikehold. Kapitlet omfatter videre en evaluering av bedriftens systemer og prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer. I tillegg inngår en evaluering av reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer som en del av kapitlet.

Kapittel 9 omfatter en evaluering av andre aktører i oppdrettsnæringen sine vedlikeholdsstrategier for trommelmotorer. Videre formidler kapitlet en beskrivelse av Norges ledende leverandør av trommelmotorer Interroll AS og deres vedlikeholdsstrategi inkludert rutiner for korrigerende vedlikehold. Kapitlet benyttes i stor grad som bakgrunn for flere av forbedringstiltakene utbedret i Kapittel 10.

Kapittel 10 formidler en plan for utbedring av tiltakene som skal iverksettes for optimalisering av eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS.

Kapittel 11 beskriver et rammeverk for utvikling av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS, spesielt med hensyn til tilstandsovervåking samt beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen. Videre formidler kapitlet en beskrivelse av hvordan implementeringen skal realiseres samt omfang med hensyn til hvilke trommelmotorer i fabrikken som skal tilstandsovervåkes.

Kapittel 12 omfatter en plan for implementering av et system for tilstandsbasert vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn til å forbedre eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS.

Kapittel 13 omfatter sammendrag, konklusjon og anbefalinger til videre arbeid.

Resterende kapitler omfatter referanseliste samt diverse vedlegg.

Samtlige kapitler innledes med en introduksjon som formidler innhold og struktur samt hensikt.

Kapitlene 3 - 11 avsluttes alle med konklusjoner, fortrinnsvis for oppsummering av de mest sentrale utfordringene identifisert samt påfølgende forslag til forbedringstiltak.

## 2 SalMar AS

Kapittelets hensikt er å formidle en overordnet presentasjon av SalMar AS samt en beskrivelse av prosesser ved bedriftens produksjonsanlegg InnovaMar sentrale for gjennomføring av masteroppgaven.

### 2.1 Konsernet SalMar ASA

SalMar ble etablert i februar 1991 på Frøya i Sør-Trøndelag av Gustav Witzøe. Selskapet oppstod gjennom oppkjøp av et konkursbo bestående av én konsesjon for oppdrett av laks samt et slaktings- og bearbeidingsanlegg myntet på hvitfisk [6].

I løpet av sin over 25 år lange eksistens, har SalMar vært innoen flere typer virksomheter innenfor fiskeindustrien. I de senere år har selskapet, for økt fokus på bearbeidning av laks, solgt seg ut av det som ikke betraktes som kjernevirksomhet.

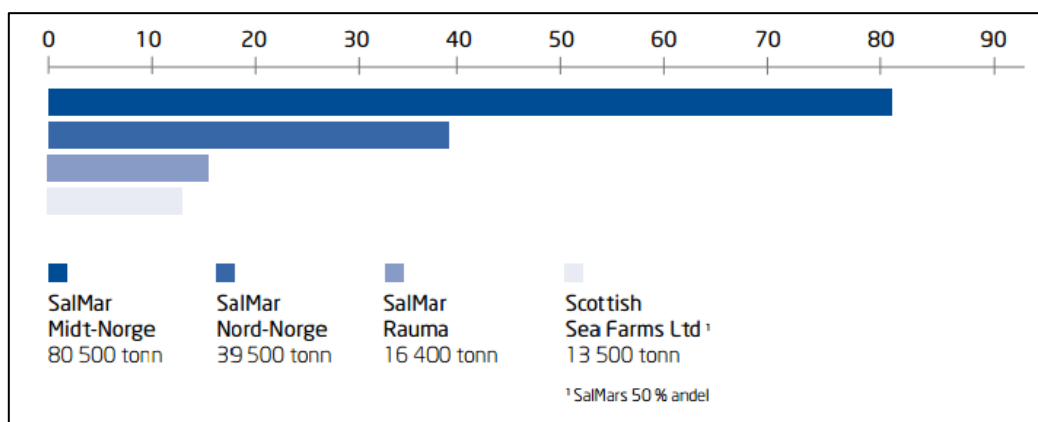
Selskapet har vokst til å bli et internasjonalt konsern med 100 heleide konsesjoner for oppdrett av laks i Norge og med betydelige eierinteresser i Storbritannia. Eierinteressene i Storbritannia består av 50% av aksjene i Norskott Havbruk AS, som igjen eier 100% av Scottish Sea Farms Ltd., Storbritannias nest største produsent av laks.

Konsesjonene i Norge er fordelt som følger (2016) [7]:

- 68 konsesjoner i selskapets hovedvirksomhetsområde i Midt-Norge (Trøndelag og Nordmøre)
- 32 konsesjoner i Nord-Norge gjennom SalMars heleide datterselskap SalMar Nord AS

Segment Rauma består av 16 konsesjoner, men ble fra 1.1.2016 rapportert sammen med segment Midt-Norge [8]. Disse er dermed inkludert i de 68 konsesjonene i Midt-Norge i fordelingen over.

Figur 2.1 viser totalt slaktevolum fordelt etter geografisk område per 31.12.2015.



Figur 2.1 Slaktevolum fordelt etter geografisk område pr. 31.12.2015. (\*sløyd vekt) [9].



I 2015 hadde selskapet ca. 1.200 ansatte fordelt på 27 kommuner i fem fylker [9]. Et slaktevolum på 149.900 tonn sløyd laks samme år, gjør SalMar til verdens tredje største oppdrettsselskap bak Marine Harvest og Mitsubishi [10].

SalMar har per i dag et fullintegrert system for oppdrett, slaktning, bearbeiding, salg og distribusjon og har dermed virksomheter gjennom hele verdikjeden. Verdikjeden er fremstilt i Figur 2.2.

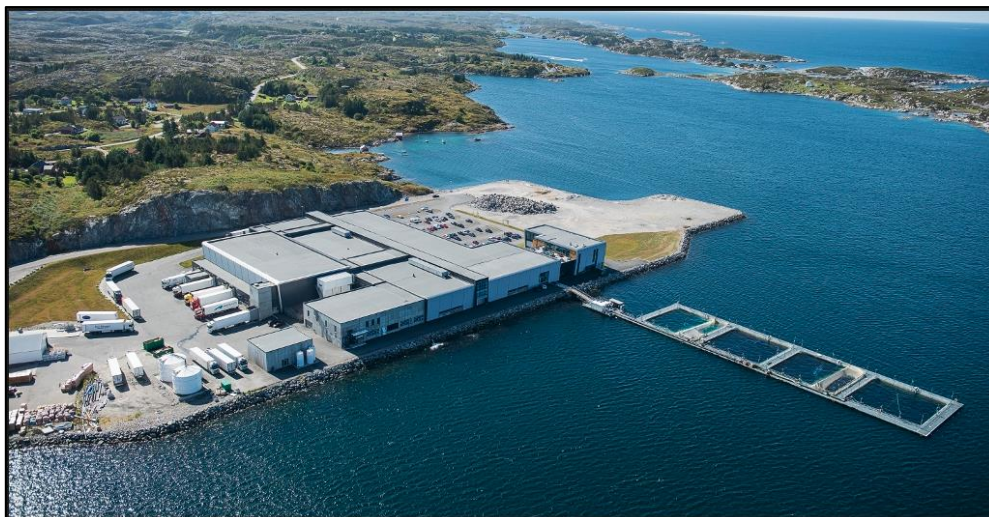


Figur 2.2 SalMar har virksomheter gjennom hele verdikjeden [11].

Kapittelet fokuserer videre på segmentet «Processing», da produksjonsanlegget InnovaMar på Frøya, operert av SalMar AS, havner innenfor denne delen av systemet. SalMar AS ble etablert etter en fusjon mellom SalMar Processing AS og SalMar Sales i årsskiftet 2014/2015. Innenfor segmentet «Processing» finnes også Vikenco, hvor SalMar opererer som deleier. Vikenco er plassert på Aukra i Møre og Romsdal og håndterer i dag all økologisk laks for SalMar.

## 2.2 SalMar AS

SalMar AS har per i dag ca. 600 ansatte fra hele 27 nasjoner ved produksjonsanlegget InnovaMar på Frøya i Sør-Trøndelag. Produksjonsanlegget InnovaMar er på totalt 17.500 kvadratmeter og har en kapasitet på ca. 150.000 tonn sløyd laks. Figur 2.3 viser et oversiktsbilde av produksjonsanlegget.



Figur 2.3 SalMars produksjonsanlegg InnovaMar på Frøya. Foto: SalMar.

I tillegg til en avdeling for slakting av laks og en avdeling for «value-added production» (VAP) eller «på norsk» avdeling for bearbeiding av laks, består segmentet av en egen divisjon for salg og logistikk. Innenfor de to førstnevnte foreligger det fem ulike grupperinger med hensyn til tilhørighet av ansatte – slakteri, bearbeiding, teknisk, renhold og kvalitet. Samtlige medarbeidere er ansatt i SalMar AS og må gjennomgå obligatorisk språkkurs med krav om avslutningsprøve før de blir tilbudt arbeidskontrakt med fast ansettelse.

Året 2015 var et rekordår for SalMar AS med et samlet slaktevolum på hele 149.500 tonn sløyd laks. Slaktevolumet for 2016 er redusert med nesten 50.000 tonn som en følge av biologiske utfordringer hos oppdrettsdivisjonene, fortrinnsvis knyttet til bekjempelse av luseproblematikken.

Da trommelmotorer som tema for masteroppgaven er avgrenset til kun å omfatte avdeling for slakting og avdeling for bearbeiding vil påfølgende delkapitler formidle en overordnet beskrivelse med hensyn til de ulike produksjonsprosessene innenfor disse avdelingene.

### 2.2.1 Avdeling for slakting av laks

Avdeling for slakting av laks har en kapasitet på slakting av ca. 150 fisk per minutt. Avhengig av fiskens størrelse utgjør antallet et volum i størrelsesorden 40 tonn per time. SalMar AS mottar levende laks transportert til InnovaMar ved hjelp av brønnbåter som enten pumper laks ned i SalMar AS sin ventemerde eller leverer fisken direkte inn i produksjonsanlegget. Ventemerden ved SalMar AS vist i Figur 2.3 har en samlet kapasitet på 2.800 tonn bestående av åtte bur. Beslutningen knyttet til ventemerde eller direkte levering foretas fortrinnsvis ut ifra biologiske utfordringer samt laksens geografiske tilhørighet.

Ved direkte levering fra brønnbåtene pumper laksen inn i produksjonsanlegget sammen med sjøvann fra brønnbåtene. Sjøvannet siles av, pumpes tilbake til brønnbåtene for så å bli transportert tilbake til

godkjent område for dumping. Systemet for pumping av laks kombinerer vakuum og trykkluft for å ivareta en mest mulig skånsom håndtering av laksen. Med hensyn til ivaretagelse av kvalitetsaspekter er det ønskelig at laksen ikke stresses som en følge av prosessen knyttet til innføring i produksjonsanlegget.

I henhold til fiskevelferd regulert ved krav i Dyrevelferdsloven skal laksen bedøves før den kan avlives gjennom en prosess definert som bløgging. Per i dag finnes det kun to anerkjente løsninger for bedøving av laks – slagbedøving eller elektrobedøving. SalMar AS har en løsning for slagbedøving hvor laksen ved hjelp av et slag i hodet med pneumatisk stempel blir brakt til bedøvet tilstand. Selve bløggingen foregår manuelt, fortrinnsvis med hensyn til tilgjengelige, kommersialiserte løsninger på markedet, krav knyttet til verifisering av bedøvd tilstand samt for å hindre at ubløgget fisk kommer videre inn i produksjonsanlegget.

Etter bløgging og påbegynt utblødning fraktes laksen ved hjelp av transportbånd til kjøletanker hvor den har en oppholdstid på 120 minutter. Kjøletankene inneholder såkalt RSW (refrigerated sea water) med kontinuerlig sirkulasjon av vann bestående av både vann fra gjenvinning og utskiftning med nytt sjøvann. I løpet av oppholdstiden i kjøletanken oppnår laksen en kjernetemperatur på under 3°C.

Før laksen kan sløyes foretas det en manuell kvalitetssortering basert på en visuell vurdering. Laksen tildeles et kvalitetssignal som følger den videre gjennom hele produksjonsprosessen. Stasjoner for kvalitetssortering av laks er vist i Figur 2.4. SalMar AS har totalt åtte sløyemaskiner installert i parallell med hverandre samt to manuelle sløyebord. Før laksen sløyes blir den transportert over en vekt i en graderløsning for å sikre optimal fordeling til sløyemaskinene med hensyn til biologiske variasjoner mellom individene.



*Figur 2.4 Stasjoner for kvalitetssortering av laks.*

Ferdig sløyd laks blir enten pakket som helfisk i isoporkasser for videre transport på vogntog eller direkte til avdeling for bearbeiding. Isoporkasser mates inn på pakkeområdet via internt isoporlager. En andre graderløsning sørger for at riktig og riktig antall laks blir levert i riktig isoporkasse. Etter automatisk tilførsel av våtis, påføring av lokk samt forflytning til pall ved hjelp av roboter, transporteres laksen manuelt inn på vogntogene. I gjennomsnitt sender SalMar AS ut omtrent 50 vogntog daglig som enten leverer laks på Gardermoen for videre flytransport eller direkte til øvrig kundemasse i det europeiske markedet.

## 2.2.2 Avdeling for bearbeiding av laks

Omtrent 25 % av laksen som blir slaktet ved InnovaMar bearbeides før den sendes ut til kundene. Avdeling for bearbeiding av laks består av to underavdelinger – postrigor og prerigor, hvor begrepene indikerer laksens tilstand med hensyn til dødsstivhet (rigor). Prerigor leverer hele ferske fileter som kjølevarer, med eller uten skinn, i flere ulike typer forpakninger. Etter maskinelle løsninger for kapping av hode og fileteringer blir filetene automatisk trimmet før de etter en manuell kontroll forsegles i emballasje ved hjelp av pakkemaskiner. Markedet har i flere år etterspurt prerigor filet uten bein, men per i dag er det, på tross av iherdig innsats innenfor forskning og utvikling, ingen som har lyktes med å kommersialisere en tilfredsstillende løsning. SalMar AS sitt mest kjente produkt fra avdeling for prerigor er loinsproduktet «Frøyas» avbildet i Figur 2.5.



Figur 2.5 «Frøyas» er SalMar sitt mest kjente produkt fra avdeling for prerigor [12].

Avdeling for bearbeiding av laks, postrigor, behandler laks med en minimum oppholdstid etter slakting på 72 timer. Laksen har beveget seg til tilstand postrigor, hvilket muliggjør fjerning av bein og fremstilling av ulike typer beinfrie produkter. I tillegg til stegene i produksjonsprosessen for prerigor, inngår det hos postrigor industrialiserte løsninger for fjerning av bein samt et mer komplekst apparat for forsegling av ferdige produkter. Fra juni 2016 har SalMar AS også levert produkter fra postrigor til det norske dagligvaremarkedet gjennom Rema 1000.

## 3 Vedlikeholdsstyring

Kapittelet presenterer og diskuterer teorier relevant for vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS. Teoriene danner fundamentet for utarbeidelsen av tiltak som skal iverksettes med hensikt å forbedre systemer og prosedyrer knyttet til vedlikeholdsstyring av trommelmotorer.

Videre presenterer kapittelet vedlikeholdsmål og vedlikeholdsstrategi samt beskriver sviktmønstre, tradisjonelle typer vedlikehold, databaserte vedlikeholdsstyringssystemer og indikatorer. Vedlikeholdets utvikling, Industri 4.0 og fremtidens proaktive vedlikeholdskonsepter er også presentert og diskutert. Kapittelet avsluttes med en diskusjon rundt begrepet «World Class Maintenance».

### 3.1 Mål

#### 3.1.1 SMART-mål

George T. Doran utviklet i 1981 akronymet SMART som et verktøy for å definere mål. I artikkelen “There’s a S. M. A. R. T. Way to Write Management Goals and Objectives”, diskuterer Doran viktigheten av mål og utfordringene med å sette dem [13]. Kapittel 1.2 beskrev hva akronymet står for og hvordan SMART-prinsippet ble benyttet med hensikt å definere prosjektmålene i masteroppgaven.

#### 3.1.2 Vedlikeholdsmål

Definerte målsetninger for aktiviteter som har betydning for sluttproduktet er viktig for å kunne drive en bedrift kostnadseffektivt. Vedlikehold utgjør en sentral del av den totale verdiskapningen i en bedrift og bør følgelig ha klare definerte mål.

Vedlikeholdsmål defineres som fastsatte og aksepterte mål for vedlikeholdsaktivitetene. Målet kan eksempelvis være knyttet til tilgjengelighet, kostnadsreduksjon, produktkvalitet, beskyttelse av miljøet, sikkerhet og bevaring av bygg, anlegg og produksjonssystemer [14].

Vedlikeholdsmålsettingen kan deles inn i eksterne og interne mål og formuleres både kvalitativt og kvantitativt. Eksempler på eksterne og interne vedlikeholdsmål er vist nedenfor [15].

Eksterne vedlikeholdsmål:

- Det tekniske systemet skal tillate produksjonen i den tiden som er planlagt for produksjon.
- Feil på det tekniske systemet som avbryter produksjonen skal ikke forekomme.

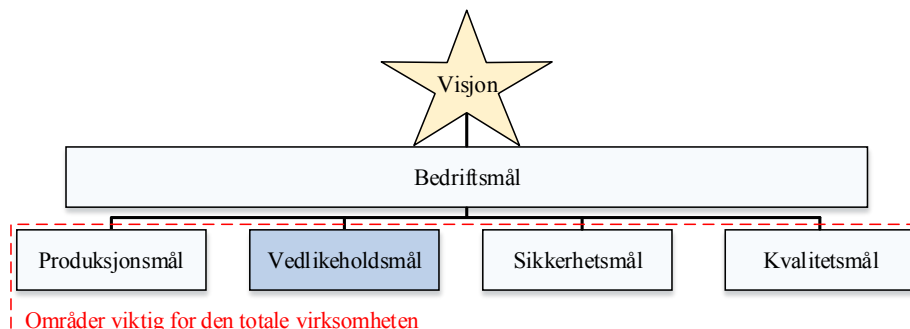
Interne vedlikeholdsmål:

- Riktig innsats skal utføres til riktig tid med riktige ressurser og på riktig måte for å oppnå riktig resultat.
- Innsatsen skal utføres til lavest mulig kostnad.



Overnevnte eksempler på vedlikeholdsmål er imidlertid kvalitative og oppfyller ikke SMART-kriteriene direkte.

Alle målsetninger etablert i en bedrift bør harmoniseres slik at innsatsen på alle områder rettes mot et felles overordnet mål med hensyn til å oppnå balansert målstyring. Figur 3.1 viser hvordan bedriftsmålet kan deles opp i delmål innenfor produksjon, vedlikehold, sikkerhet og kvalitet.

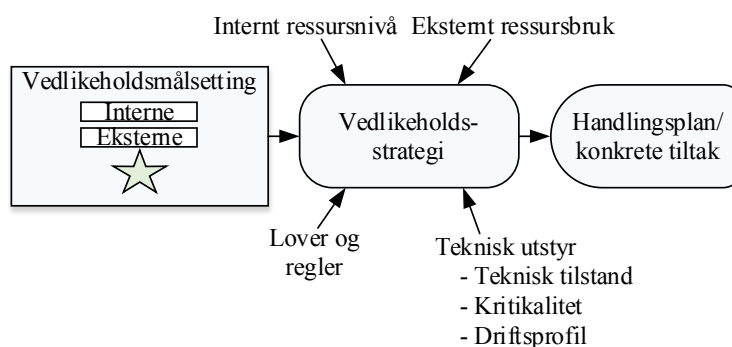


Figur 3.1 Målhierarki.

Som det fremkommer i Figur 3.1 bør samtlige områder viktig for den totale virksomheten ha sine egne hovedmålsetninger i samsvar med det overordnede målet for å kunne realisere bedriftens visjon. Med vedlikehold som tema er masteroppgaven avgrenset til kun å omhandle SalMar AS sine målsetninger knyttet til vedlikehold. SalMar AS sine vedlikeholdsmålsetninger er beskrevet i Kapittel 5.2.

### 3.2 Vedlikeholdsstrategi

En vedlikeholdsstrategi benyttes for å oppnå vedlikeholdsmålene en organisasjon har satt seg. Hensikten er avklaring av hvilke aktivitetsområder, utstyrstyper og prosedyrer organisasjonen skal arbeide med på lengre sikt for å oppnå målsetningene. Figur 3.2 viser de viktigste faktorene som inngår i utformingen av en vedlikeholdsstrategi.



Figur 3.2 Faktorer som inngår i utformingen av en vedlikeholdsstrategi [15].

En vedlikeholdsstrategi angir overordnede retningslinjer for hvordan vedlikeholdsmålene skal nås. Som det fremkommer i Figur 3.2, skal en handlingsplan utarbeides på bakgrunn av vedlikeholdsstrategien. Handlingsplanen skal beskrive aktivitetene som skal iverksettes for oppnåelse av målsetningene.

Lover og regler er faktorer som kan ha betydning for valg av vedlikeholdsstrategi. Eksempelvis kan myndighetskrav eller krav internt hos organisasjonen avgjøre hvordan ulike utstyrstyper skal vedlikeholdes eller hvilket vedlikeholdsintervall som skal følges.

Tilstanden til det tekniske utstyret som skal vedlikeholdes har også påvirkning på vedlikeholdsstrategien. Eksempelvis kan det være lønnsomt med praktisering av ulike vedlikeholdsstrategi på nytt utstyr og utstyr som befinner seg lengre ut i livssyklusen. Ulikhetene er illustrert i påfølgende delkapittel.

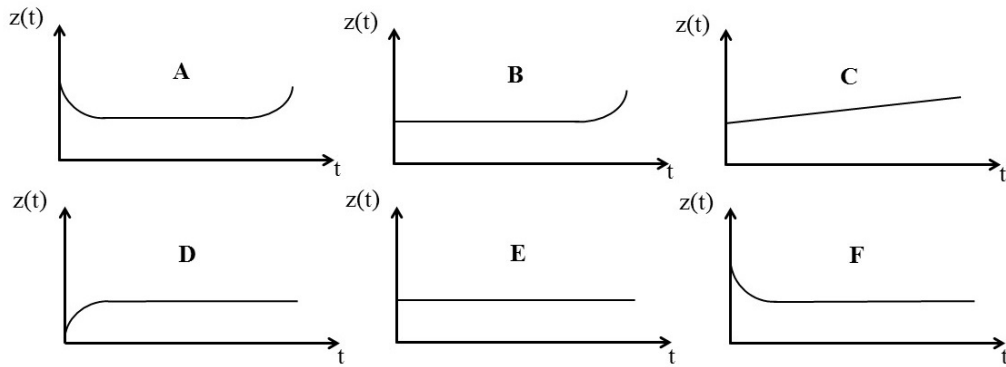
Kritikalitet på utstyret og produksjonsplan er også avgjørende med tanke på tilgjengelighet, sikkerhet og kostnader. Vedlikeholdsstrategien bør utarbeides i samarbeid med produksjonsavdelingen slik at vedlikeholdsaktiviteter kan planlegges og utføres uten negativ innvirkning. I et produksjonsanlegg som ved InnovaMar er det i stor grad produksjonsplan som definerer retningslinjer for vedlikeholdsstrategien som praktiseres. Vedlikeholdsstrategien som praktiseres per i dag er preget av en høy andel korrigerende vedlikehold, fortrinnsvis på grunn av at nedetid av produksjonsprosessen medfører tapte salgsinntekter og kontrakter.

Både internt ressursnivå og bruk av eksterne ressurser vil påvirke valg av vedlikeholdsstrategi. SalMar AS har eksempelvis vedlikeholdskompetanse på anlegget til enhver tid når det foregår produksjon og benytter ikke eksterne ressurser for utførelse av vedlikehold i daglig drift.

En annen faktor med påvirkning på valg av vedlikeholdsstrategi hos SalMar AS er det strenge fokuset på hygiene og renhold produksjon av trygg mat medfører. Alt av utstyr, maskiner og transportbånd rengjøres på daglig basis etter endt ettermiddagsskift. Krav internt hos bedriften gjør at kun et begrenset omfang av vedlikehold kan utføres i perioden mellom vask og oppstart av produksjon neste morgen. Vedlikeholdsstrategien til SalMar AS er nærmere beskrevet i Kapittel 5.3.

### **3.3 Sviktmønstre**

På 1960- og 1970-tallet overvåket pionerene Nolan og Heap i United Airlines flere hundre mekaniske, strukturelle og elektriske komponenter. De fant ut at sannsynligheten for svikt på komponentene i løpet av levetiden kunne deles inn seks ulike mønstre [16]. Se Figur 3.3.



Figur 3.3 Seks ulike mønstre for sviktsannsynlighet [16].

Sviktmønster A kalles «badekarkurven». Innkjøringsproblemer kan føre til at sviktintensiteten ofte er høy når enheten er ny. Etter at innkjøringsproblemene er identifisert og eliminert vil sviktraten stabiliseres før den begynner å øke igjen som følge av at enheten slites ut. For sviktmønster B vil enheten ha en konstant sviktrate helt frem til degradingen begynner på grunn av aldring. Utskiftning av komponenten innen intervallet med stigende sviktsannsynlighet, vil redusere sannsynligheten for svikt.

Sviktmønster C viser en lineær, økende degrading av enheten. Utskiftning av komponenten vil uansett hvor i livssyklusen den befinner seg, redusere den totale sviktsannsynligheten.

For sviktmønster D er sviktraten økende i en kort periode før den stabiliserer seg. Sviktmønster E har en konstant sviktrate og levetiden modelleres med en eksponentialfordeling ( $\lambda$ ). I sviktmønster F er enheten preget av innkjøringsproblemer innledningsvis og sviktraten avtar med tiden for så å bli konstant.

Sviktmønster E viser til en eksponentiell sviktrate. Utskiftning av komponenten vil ikke ha noen påvirkning på sviktsannsynligheten. En helt ny komponent har dermed lik sannsynlighet for å svikte som den som er skiftet ut. For sviktmønster F vil en utskiftning av komponenten, ved å re-introdusere innkjøringsproblemer i et stabilt system, faktisk øke sviktsannsynligheten.

I SalMar AS sin situasjon vil sviktmønster A og B være mest relevant avhengig av hvilken type komponent eller maskin som beskrives. Ved installasjon av nye maskiner og produksjonslinjer er sviktintensiteten ofte høyere når maskinen er ny før den avtar når innkjøringsproblemene er luket vekk. Deretter vil maskinen ha et noe tilfeldig sviktmønster før sannsynligheten for svikt igjen øker når maskinen slites ut. Nye installasjoner beskrives følgelig best ved sviktmønster A.

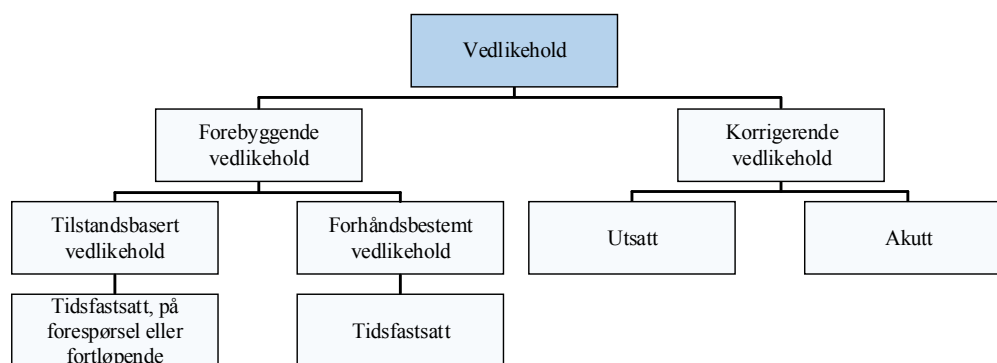
Sviktmønsteret til forbruksmateriell beskrives bedre av B. Pakninger kan for eksempel ha et tilnærmet tilfeldig sviktmønster som avhenger av prosessen de er involvert i under normal levetid. Etter hvert som krefter og trykk tærer mer og mer, vil pakningene nå et punkt hvor de slites ut forholdsvis raskt.



Ulike sviktmønstre og varierende konsekvenser av svikt danner grunnlaget for at systemer bør vedlikeholdes på ulik måte med ulike typer vedlikehold.

### 3.4 Ulike typer vedlikehold

NS-EN 13306 deler vedlikehold inn i to hovedtyper: forebyggende vedlikehold og korrigerende vedlikehold. Figur 3.4 viser hvordan standarden definerer oversikten over vedlikeholdstypene [14].



Figur 3.4 Ulike typer vedlikehold [14].

Hovedtrekkene innen de ulike typene vedlikehold er beskrevet i påfølgende delkapittel.

#### 3.4.1 Korrigerende vedlikehold

Korrigerende vedlikehold utføres etter at en feil er oppdaget. Hensikten er å bringe enheten som har sviktet tilbake i en tilstand slik at den kan utføre sin krevde funksjon [14]. Korrigerende vedlikehold deles inn i to underkategorier: planlagt korrigerende vedlikehold og uplanlagt korrigerende vedlikehold.

##### 3.4.1.1 Planlagt korrigerende vedlikehold

Planlagt korrigerende vedlikehold utføres for utbedring av en svikt som en har tillatt å inntreffe. Eksempelvis kan tilstandskontroll avdekke avvik som en tillater å utvikle seg til en svikt. Bortsett fra nødvendigheter som for eksempel smøring og rengjøring blir ikke inngrep iverksatt før en svikt inntreffer.

##### 3.4.1.2 Uplanlagt korrigerende vedlikehold

Uplanlagt korrigerende vedlikehold initieres av at en uforutsett svikt inntreffer. Denne kategorien vedlikehold representerer aktiviteter som utføres på bakgrunn av spesielle problemer. Ved ikke å planlegge for det korrigerende vedlikeholdet, vil aktivitetene som kreves utført for å få den aktuelle enheten tilbake til en fungerende tilstand også bli mer tid –og ressurskrevende.

Av Figur 3.4 fremkommer det at NS-EN 13306 deler korrigerende vedlikehold opp i utsatt korrigerende vedlikehold og akutt korrigerende vedlikehold.

Utsatt korrigerende vedlikehold er i henhold til standarden korrigerende vedlikehold som ikke utføres øyeblikkelig etter at en feil er oppdaget, men som utsettes i henhold til gitte regler. Tilnærmingen blir ofte brukt for utbedring av svikt med lav kritikalitet, spesielt i produksjonsanlegg som ved InnovaMar hvor det nærmest aldri er lønnsomt å stoppe produksjonen for utførelse av vedlikehold.

Akutt korrigerende vedlikehold utføres uten utsettelse etter at en feil er oppdaget for å unngå uakseptable konsekvenser. Vedlikeholdsaktiviteter utføres i hovedsak for utbedring av svikt med høy kritikalitet. Ved InnovaMar utføres akutt korrigerende vedlikehold etter at svikt har inntruffet og ført til produksjonsstopp.

SalMar AS sin tilnærming til utførelse av ulike typer vedlikeholder diskutert ytterligere i Kapittel 5.

### **3.4.2 Forebyggende vedlikehold**

Forebyggende vedlikehold utføres før en svikt inntreffer og har til hensikt å redusere sannsynligheten for at en svikt vil inntreffe. Vedlikeholdsaktivitetene er forhåndsplanlagte og utføres enten med tidsfaste mellomrom eller tilstandsbasert. Forebyggende vedlikehold kan i henhold til Figur 3.4 deles inn i to ulike kategorier.

#### ***3.4.2.1 Tilstandsbasert vedlikehold***

Tilstandsbasert vedlikehold måler den faktiske tilstanden til en enhet, og vedlikehold utføres basert på vurdering av denne. Prosessen hvor tilstanden til en enhet måles kalles tilstandskontroll. Tilstandsbasert vedlikehold er nærmere beskrevet i Kapittel 3.8.

#### ***3.4.2.2 Forhåndsbestemt vedlikehold***

Ved forhåndsbestemt vedlikehold følger vedlikeholdsinngrepene faste intervaller. Intervallene for tidspunkt vedlikehold skal utføres baserer seg på kalendertid, operasjonstid eller bruksmengde. Eksempelvis kan overhaling av en komponent i understellet til et helikopter enten utføres ved et forhåndsbestemt antall måneder, flytimer eller landinger [17].

## **3.5 Databaserte vedlikeholdsstyringssystemer**

Et databasert system for vedlikeholdsstyring (Computerized Maintenance Management System, CMMS) er et integrert sett av dataprogrammer og datafiler utformet for kostnadseffektiv håndtering av store mengder data [18]. I tillegg kan disse systemene bidra til effektiv administrering av en organisasjons menneskelige og kapitale ressurser.

Overordnet hensikt med CMMS er tilfredsstillelse av samtlige steg i en kontinuerlig forbedringsprosess – planlegge – utføre – forbedre – forandre, eksempelvis for vedlikeholdsstyring. Systemet omfatter ulike funksjoner/moduler som samarbeider for å kunne administrere alle aspekter innenfor stegene.

CMMS vil som oftest bestå av grunnleggende moduler som [19]:

- Teknisk anleggsregister med identifikasjonssystem (tag)
- Arbeidsordresystem
- System for administrering av vedlikehold
- System for reservedelsstyring inkludert generering av innkjøpsordrer
- System for avansert rapportering og analyse

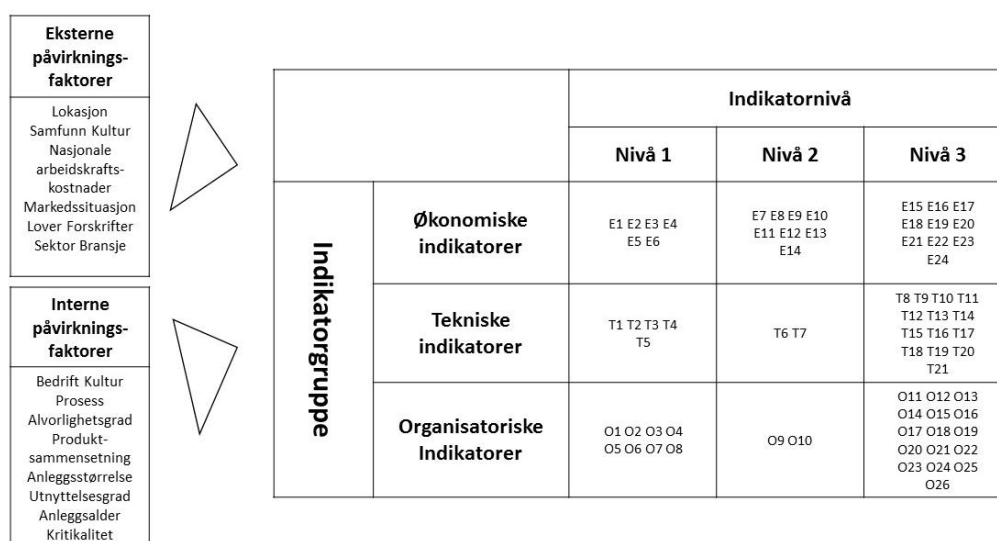
Hovedformålet med CMMS er kontinuerlig å ha helhetlig kontroll på organisasjonens verdier, enten det er produksjonslinjer, eiendommer eller annet operasjonelt utstyr. Vedlikeholdssystemet må dermed bygges opp rundt et strukturert anleggsregister med identifikasjonssystem.

SalMar AS benytter et databasert system for vedlikeholdsstyring kalt Infor EAM. Moduler som inngår i Infor EAM hos SalMar AS og i hvilken grad bedriften benytter seg av systemet er beskrevet og diskutert i Kapittel 6.

### 3.6 Indikatorer

NS-EN 15341:2007 definerer en indikator som en målt karakteristik (eller et sett av karakteristikker) av et fenomen, i henhold til en gitt formel, som vurderer utviklingen [20]. Indikatorer betegnes ofte som måltall og er verdier som viser om en målsetning er oppnådd eller ikke.

Standarden definerer også nøkkeltallsindikatorer (Key Performance Indicator = KPI) og grupperer disse innenfor økonomi (E), teknologi (T) og organisasjon (O). KPI-ene defineres på tre ulike nivå innenfor hvert område. Nivå 1 er organisasjonsnivå, nivå 2 er systemnivå, mens nivå 3 er utstyrsnivå. Figur 3.5 viser grupperingene og hvordan eksterne og interne faktorer påvirker KPI-ene.



Figur 3.5 Påvirkningsfaktorer og KPI-er knyttet til vedlikehold [20].

Hensikten med implementering av KPI-er er ifølge NS-EN 15341 [20]:

- Måle status
- Sammenligne (interne og eksterne styringsmål)
- Diagnostisere (analysere styrker og svakheter)
- Identifisere og definere mål som skal nås
- Planlegge forbedringstiltak
- Kontinuerlig måle endringer over tid

Hvilken informasjon en organisasjon skal samle inn, bearbeide og benytte som beslutningsgrunnlag, avhenger av hvilke KPI-er som velges. KPI-er bør velges på grunnlag av bedriftens fokusområder og dermed være påvirkbare for organisasjonen de gjelder for.

Som Figur 3.5 viser, vil indikatorene påvirkes direkte av eksterne og interne faktorer. Eksterne faktorer er faktorer som ikke kan kontrolleres av bedriften. Et utvalg KPI-er er presentert under (gruppe og nivå i NS-EN 15341 i parentes):

(E1)	$\frac{\text{Totale vedlikeholdskostander}}{\text{Total anskaffelsesverdi på anlegget}}$	× 100
(E15)	$\frac{\text{Kostnad i forbindelse med korrektivt vedlikehold}}{\text{Totale vedlikeholdskostnader}}$	× 100
(T1)	$\frac{\text{Total operasjonstid}}{\text{Total operasjonstid+Nedetid grunnet vedlikehold}}$	× 100
(T8)	$\frac{\text{Nedetid grunnet forebyggende vedlikehold}}{\text{Total nedetid grunnet vedlikehold}}$	× 100
(O5)	$\frac{\text{Planlagte arbeidstimer knyttet til vedlikehold}}{\text{Tilgjengelige arbeidstimer knyttet til vedlikehold}}$	× 100
(O26)	$\frac{\text{Antall reservedeler levert av lageret på forespørsel}}{\text{Antall reservedeler påkrevd av vedlikehold}}$	× 100

KPI-er klassifiseres ofte som etterslepene eller ledende. Ledende KPI-er er indikatorer som måler karakteristikken før et problem oppstår, mens etterslepene indikatorer indikerer at et problem har oppstått [21].

Middeltid mellom svikt (Mean Time Between Failure = MTBF) og middeltid til utført reparasjon (Mean Time To Repair = MTTR) er mye brukte etterslepene KPI-er. Disse faktorene har betydelig påvirkning på oppetid, tilgjengelighet og total utstyrseffektivitet (Overall Equipment Effectiveness = OEE).

Formålet med ledende KPI-er er påvisning, analysing og korrigerende av et problem før svikt oppstår. Ved benyttelse av KPI-er som sammenligningsgrunnlag mot forhåndsbestemte konstruksjonsgrenser, kan vedlikehold iverksettes ved tidspunktet målerverdiene når forutbestemte nivå.

Eksempler på ledende måltall eller KPI-er som kan benyttes for deteksjon av slitasje på trommelmotorer før en svikt oppstår er måling av hvor mye strøm som trekkes over en tidsperiode eller måling av isolasjonsmotstand i kabler. Masteroppgaven skal etter planen resultere i et rammeverk for utførelse av forebyggende vedlikehold av trommelmotorer, fortrinnsvis med fokus på tilstandsovervåking. Målsetningen er at utførelse av forebyggende vedlikehold av trommelmotorer på lengre basis skal bidra til forbedring av flere av KPI-ene definert i NS-EN 15341.

Et utvalg KPI-er fra NS-EN 15341 som med stor sannsynlighet påvirkes av et velfungerende system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer er illustrert i Figur 3.6. Pilene til høyre i figuren illustrerer retning for selve verdiene av de etterslepene KPI-ene på lengre sikt etter implementering av systemet.

(E5)	$\frac{\text{Vedlikeholdskostander} + \text{Nedetidskostnader grunnet vedlikehold}}{\text{Total produksjon}} \times 100$	
(E15)	$\frac{\text{Kostnad i forbindelse med korrektivt vedlikehold}}{\text{Totale vedlikeholdskostnader}} \times 100$	
(T1)	$\frac{\text{Total operasjonstid}}{\text{Total operasjonstid} + \text{Nedetid grunnet vedlikehold}} \times 100$	
(T17)	$\frac{\text{Total operasjonstid}}{\text{Antall svikt}} = \text{MTBF}$	
(O5)	$\frac{\text{Planlagte arbeidstimer knyttet til vedlikehold}}{\text{Tilgjengelige arbeidstimer knyttet til vedlikehold}} \times 100$	
(O22)	$\frac{\text{Antall arbeidsordrer kategorisert som "planlagt vedlikehold"}}{\text{Totalt antall arbeidsordrer}} \times 100$	

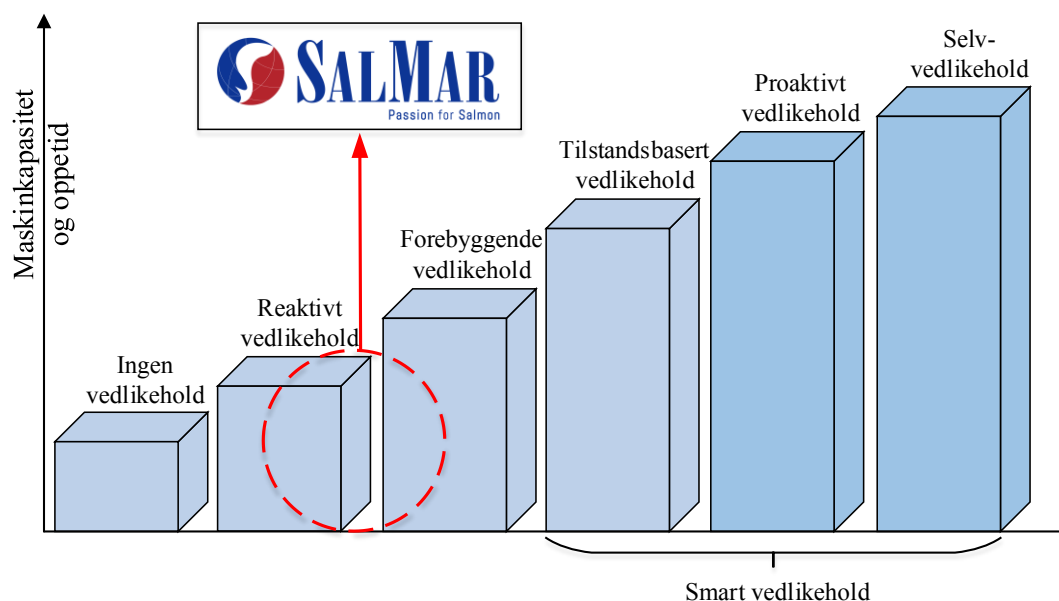
Figur 3.6 Forebyggende vedlikehold av trommelmotorer skal bidra til forbedring av flere av KPI-er.

Kapittel 11 formidler en detaljert beskrivelse av hvordan implementering av systemet for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved InnovaMar skal realiseres.

### 3.7 Vedlikeholdets utvikling

Den industrielle revolusjonen førte til at maskiner og utstyr ble mer mekaniserte og kompliserte. Begynnelsen på førstegenerasjons vedlikehold regnes å være fra ca. 1940. Utstyret var solid bygd, saktekjørende og kunne tåle store påkjenninger. Reaktivt vedlikehold var den mest kostnadseffektive vedlikeholdspraksis og godt vedlikehold ble regnet som reparasjon av utstyret kjøpt ved behov [22]. Mange uforutsette feil og lite planlagte inngripener gjorde likevel dette til en svært dyr tilnærming til vedlikehold.

Figur 3.7 viser en modifisert illustrasjon av vedlikeholdets utvikling samt prognoser for videre utvikling. Figuren viser også SalMar AS sin nåværende plassering i vedlikeholdets utvikling.



Figur 3.7 Utviklingen av vedlikehold [23].

Introduksjonen av nyere designteknologier i tidsperioden fra andre verdenskrig og frem til slutten av 1970, førte til at utstyret og prosessene ble større, raskere og bedre [22], [24]. Utstyret ble konstruert med begrenset levetid og kritiske komponenter ble identifisert som erstatnings- eller forbrukskomponenter. Som en følge av dette ble forebyggende vedlikehold, planlagte overhaling og systemer for å planlegge og kontrollere arbeid introdusert. Imidlertid var det uvanlig å benytte feilhistorikk til å fastslå nye intervaller for det forebyggende vedlikeholdet. Enkelte komponenter ble byttet ut eller reparert lenge før de var utslitt og vedlikeholdskostnadene ble unødvendig høye. Tidsperioden betegnes som andre generasjons vedlikehold.

Tredje generasjons vedlikehold ble fremprovosert av enda mer komplekse anlegg og mer automatiserte systemer. Ved å innføre tilstandskontroll var fokuset å kunne forutse når svikt skulle inntreffe. Tiltak skulle iverksettes for å forhindre at svikt inntraff eller for å redusere konsekvensene av svikt.

Kjennetegn i overgangen fra tredje til fjerde generasjons vedlikehold er integreringen av sikkerhetsaspekter i vedlikeholdet. Frem til 2000 var dette sett på som to separate og uavhengige aktiviteter. Det økende fokuset på sikkerhet ledet til utviklingen av risikobasert inspeksjon (RBI) og risikobasert vedlikehold (RBM) som sammen med reliability centered maintenance (RCM) og tilstandsbasert vedlikehold (CBM) er verktøy for å øke lønnsomheten av driften og optimalisere de totale levetidskostnadene uten å svekke sikkerheten eller la det gå utover miljøet [24].

Av Figur 3.7 fremkommer det at SalMar AS sitt ståsted i vedlikeholdets utvikling er en plass i mellom utførelse av reaktivt vedlikehold og forebyggende vedlikehold. Bakgrunnen er den store veksten oppdrettsnæringen i Norge har opplevd de siste tiår, hvor fokuset i stor grad har vært rettet mot utvikling av produksjonsutstyr og økning i produsert biomasse [25]. Fokuset har påvirket vedlikeholdsstyringen

ved bedriftene i oppdrettsnæringen som i løpet av den samme tidsperioden ikke har hatt en like stor utvikling. Nåværende vedlikeholdsstrategi ved InnovaMar er preget av en høy andel korrigerende vedlikehold. Årsaken til den noe reaktive vedlikeholdsstrategien ved SalMar AS beskrevet i Kapittel 5.

### 3.8 Tilstandsbasert vedlikehold

Tilstandsbasert vedlikehold er en vedlikeholdsstrategi med mål om utførelse av vedlikehold til riktig tid. Vedlikehold utføres kun når sviktraten eller andre pålitelighetsindekser av en enhet når et forutbestemt nivå [26]. Trender innenfor indeksene analyseres ved måling av fysiske parametere og sammenligning med forhåndsbestemte konstruksjonsgrenser [23]. Formålet er påvisning, analysering og korrigerende av et problem før svikt oppstår. Tilstandsbasert vedlikehold utføres enten periodisk eller kontinuerlig [27], [28]. En vedlikeholdsplan utarbeides på bakgrunn av resultater fra tilstandsovervåkingen.

Kostnadene forbundet med initieringen av tilstandsbasert vedlikehold kan være høyere enn ved tradisjonelt forebyggende vedlikehold. For etablering av et tilstandsbasert vedlikeholdsprogram kreves det investering i maskin- og programvare samt annet utstyr nødvendig for overvåking [23]. I tillegg er opplæring og i noen tilfeller ekstra bemanning nødvendig for oppfølging av tilstandsovervåkingen.

Langsiktige målsetninger ved utførelse av tilstandsbasert vedlikehold er å [29]:

- Eliminere unødvendig vedlikehold samt redusere tapt produksjon forårsaket av svikt
- Redusere reservedelslager
- Øke prosesseffektiviteten og produksjonskapasiteten
- Forbedre produktkvaliteten samt forlenge levetiden til produksjonssystemer
- Redusere totale vedlikeholdskostnader og øke total profitt

Forskudd på informasjonen om tilstanden til en enhet vil bidra til forbedring av den totale vedlikeholdsplanleggingen. Dersom ovenfor nevnte langsiktige målsetninger oppnås vil gevinsten av et tilstandsbasert vedlikeholdsprogram utvilsomt være betydelig større enn kostnadene.

### 3.9 Proaktivt vedlikehold

Moubray (1997) definerer proaktivt vedlikehold som: «Vedlikeholdsoppgaver som utføres før en feil oppstår med hensikt å hindre en enhet fra å komme i en feiltilstand. Disse oppgavene omfatter det som tradisjonelt er kjent som prediktivt og forebyggende vedlikehold» [30].

I tråd med de teknologiske fremskrittene verden over har imidlertid det proaktive vedlikeholdet utviklet seg enormt. Konseptet omfatter i dag alle oppgaver som søker å realisere den sømløse integreringen av diagnose- og prognoseinformasjon i beslutningstakingen innenfor vedlikehold ved hjelp av trådløst internett [26]. Proaktivt vedlikehold fokuserer på å identifisere og eliminere rotårsaken til svikt, ikke

bare symptomene. Ved å identifisere kilden, søker det proaktive vedlikeholdet å hindre svikt i og inntreffe [23].

### **3.10 Selv-vedlikehold**

Den overordnede visjonen til de senere vedlikeholdskonseptene er oppnåelse av «near zero downtime» - å redusere nedetiden til et minimum. For at dette skal være mulig er det ikke tilstrekkelig med vedlikeholdskonsepter som krever produksjonsstans for utførelse av vedlikehold.

Selv-vedlikehold er en forholdsvis ny tilnærming til vedlikehold. Konseptet baserer seg på at maskinene er utstyrt med egen intelligens for å kunne overvåke sin egen tilstand, diagnostisere feil og reparere seg selv med hensikt å øke oppetiden.

For at en maskin skal kunne utføre selv-vedlikehold, må den være konstruert til å oppfatte sensoriske data, diagnostisere og klassifisere feil, prediktere svikt samt planlegge og utføre reparasjon. Selv-vedlikehold vil tillate en maskin kontinuerlig å produsere kvalitetsprodukter og stadig nærme seg visjonen om «near zero downtime» [31].

Grunnet sine fordeler knyttet til reduksjon av kostnader, forbedring av produktkvalitet og minimering av nedetid, har konseptet den senere tid fått mye oppmerksomhet. Konseptet kan være fordelaktig for systemer i områder som ikke er like tilgjengelig som for eksempel renseanlegg på havmerder innenfor oppdrettsnæringen. Som det fremkommer i Figur 3.7 er vedlikeholdet som på nåværende tidspunkt utføres ved SalMar AS langt ifra selv-vedlikehold. I tillegg er det verken realistisk eller gjennomførbart med innføring av et system for selv-vedlikehold av trommelmotorer som er tema for masteroppgaven.

### **3.11 Smart vedlikehold**

«Smart vedlikehold» er som fremstilt i Figur 3.7 et konsept som kombinerer tilstandsbasert vedlikehold, proaktivt vedlikehold og selv-vedlikehold. Imidlertid kan implementering av selv-vedlikehold i konseptet regnes som en ambisjon fremfor en nærliggende realitet, hvilket på bakgrunn av pågående utvikling vil endre seg i nærmeste fremtid.

Per i dag regnes «Smart vedlikehold» som en integrasjon av tilstandsbasert vedlikehold og proaktivt vedlikehold [25]. Konseptet kan betraktes som læringsorientert vedlikehold med formål om kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsstyringen. «Smart vedlikehold» integrerer all informasjon nødvendig for optimalisering av vedlikeholdsstyringen, fortrinnsvis komponenters vedlikeholdstilpasning, kritikalitet og helsetilstand samt reservedelsstyring og tilgang på ressurser [32]. Hensikten er å knytte ovenfor nevnte områder sammen i en felles plattform slik at beslutningsgrunnlag for utførelse av tilstandsbasert forebyggende vedlikehold kan tas på bakgrunn av individuelle behov på komponentnivå.



«Smart vedlikehold» innebærer kontinuerlig overvåking, loggføring, analysering og beslutningstaking ved hjelp av intelligente vedlikeholdssystemer (intelligent maintenance systems, IMS). IMS analyser innsamlet data kvantitativt med hensikt å forutsi og forhindre nedbrytningsnivåer av viktige komponenter [33]. Informasjonen kan benyttes til representasjon av trender, slik at produktivitet kan måles på bakgrunn av asset-utnyttelse og ikke bare produksjonsrater [26]. Videre kan teknologisk intelligens benyttes til å sette opp prognoser og diagnoser for svikt og dermed iverksette riktig vedlikehold til riktig tid.

### **3.12 Industri 4.0**

Industrien i Norge praktiserer i dag for det meste tradisjonelt korrektivt og prediktivt vedlikehold [34]. For at det skal være mulig med utførelse av «smart vedlikehold» med intelligente vedlikeholdssystemer og selv-vedlikehold, må maskiner og infrastruktur fornyes, utvikles og tilpasses. Et land som satser sterkt på en slik industriell utvikling er Tyskland og det er vanskelig å komme foruten deres Industri 4.0-prosjekt når det snakkes om de nye trendene innen vedlikehold.

Industri 4.0 blir omtalt som den fjerde industrielle revolusjon og refererer til den teknologiske utviklingen fra innebygde systemer til cyber-fysiske systemer (CPS). CPS bringer den virtuelle og den fysiske verden sammen for å skape et nettverk av intelligente, interaktive enheter som kommuniserer med hverandre [35].

Den viktigste drivkraften for Industri 4.0-visjonen er Tingenes Internett (IoT), en global infrastruktur som gir avanserte tjenester ved sammenkobling av enheter (fysiske og virtuelle) basert på informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Cyber-fysiske systemer samhandler med sensorer, aktuatorer og intelligente verktøy for databehandling for å kommunisere og ta desentraliserte beslutninger via trådløse kommunikasjonsnettverk [36].

Cyber-fysiske systemer gir grunnlag for opprettelsen av IoT, som i kombinasjon med Internett av Services (IoS) gjør Industri 4.0 mulig [35]. IoS defineres ved at alt som er nødvendig for å bruke en programvare er tilgjengelig som en tjeneste på internett. Dette inkluderer selve programvaren, verktøy for utvikling av programvaren og plattformen for kjøring av programvaren.

Integreringen av cyber-fysiske systemer i produksjonssystemer har ført til såkalte «smarte fabrikker». Sammenlignet med klassiske produksjonssystemer, vil produkter, ressurser og prosesser i smarte fabrikker gi betydelige fordeler i form av bedre kvalitet, lavere kostander og økt effektivitet [35].

Industri 4.0 vil i tillegg medføre større fleksibilitet i produksjonsprosessene. Individuelt tilpasset produksjon muliggjør reduserte mellomagringsbuffer og effektiv produksjon med mindre partier. Kontinuerlig tilgang på informasjon og målinger i sanntid vil også effektivisere vedlikeholdsfunksjonene.

Tyskland står i fronten for utviklingen av Industri 4.0 og en omfattende handlingsplan med utfyllende retningslinjer, finansieringsprogram og aktiviteter er utviklet for å gjøre landet til ledende leverandør av cyber-fysiske systemer innen 2020 [37]. Siden starten i 2010, har den tyske regjeringen bidratt med 200 millioner euro til Industri 4.0-prosjektet (ett av ti prosjekter innenfor «German High Tech Strategy 2020 Action Plan») [38].

### 3.13 Veien til «WCM»

Et begrep i den fremtidige utviklingen av vedlikehold er World Class Maintenance (WCM). En gjennomgang av litteratur innen vedlikeholdsstyring avslørte at WCM er et begrep i utvikling og flere forskere har foreslått ulike rammeverk for å definere og beskrive begrepet. Fellesnevneren er at begrepet kjennetegner en bedrift med vedlikehold i verdensklassen, men det handler ikke bare om vedlikeholdsorganisasjonens rutiner.

WCM-bedrifter kan defineres på følgende måte [39]:

*«WCM-bedrifter er de som konsekvent viser bransjens beste praksis og i tillegg produserer bunnlinjeresultater».*

WCM handler om hvordan hele bedriften bruker tilgjengelige midler for å kunne produsere eksepsjonelle verdier for kunden [40]. Dette gjenspeiler seg i et godt bunnlinjeresultat. Bransjens beste praksis er i stadig utvikling og hva som inngår vil endres i takt med at ny forskning gjennomføres.

En WCM-bedrift har følgende fremtidige trender [41]:

- Bruk av kommersiell teknologi
- Alliansebygging med kunde og leverandør
- Lærende vedlikeholdsorganisasjon

Som det fremkommer i foregående delkapitler, er teknologi innen informasjonsformidling og tilstandskontroll i stadig utvikling og vil i fremtiden i større grad benyttes som beslutningsstøtte. Formålet med systemet for tilstandsovervåking av trommelmotorer er anvendelse av kommersiell teknologi inkludert kommunikasjonsteknologi for utarbeidelse av beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.

Bedre utnyttelse av kommunikasjonsteknologi, tilgang til flere spesialister innenfor vedlikehold gjennom globalisering og krav til maskiner uten designfeil, vil føre til at alliansebygging mellom ulike leverandører og kunder blir mer sentralt [41]. Direkte involvering i prosessene tilknyttet vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS og samtaler med sentrale leverandører har gitt inntrykk av at alliansebygging med kunde og leverandør er noe bedriften utretter et stort fokus på og også lykkes med.

Lærende vedlikeholdsorganisasjon er en trend hvor det ved SalMar AS foreligger et forbedringspotensial. En lærende vedlikeholdsorganisasjon benytter forståelsen av hvordan ansattes atferd og motivasjon påvirker vedlikeholdsfunksjonen til læring. utfordringer knyttet til vedlikeholdskulturen ved bedriften er diskutert i Kapittel 5.4.

### **3.14 Konklusjon**

Vedlikeholdsstyringen ved oppdrettsselskapene i Norge er i stor grad preget av den betydelige veksten næringen har opplevd de siste tiår, hvor fokuset fortrinnsvis har vært rettet mot utvikling av produksjonsutstyr for økt produksjon av biomasse. Vedlikeholdet som per i dag utføres ved SalMar AS er i henhold til Figur 3.7 en plass mellom reaktivt vedlikehold og forebyggende vedlikehold.

En målsetning med masteroppgaven er generering av et rammeverk for utvikling av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS, fortrinnsvis innenfor tilstandsbasert vedlikehold. I henhold til planen skal intelligente vedlikeholdssystemer benyttes til prosessovervåking med hensikt å fremskaffe trender og videre etablere beslutningsgrunnlag som på langsiktig basis skal styre utskiftningen av trommelmotorene som inngår i systemet. Systemet for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer kan med hensyn til det ovenfor nevnte relateres til konsepter som «smart vedlikehold» og Industri 4.0. Implementering vil i henhold til Figur 3.7 bidra til å gjøre vedlikeholdet ved bedriften mer fremtidsrettet. En målsetning er at tilstandsovervåkingen på lengre basis skal bidra til forbedring av flere av KPI-ene definert i NS-EN 15341.

Utviklingen av vedlikehold er i stor grad relatert til konseptet WCM. Av fremtidige trender innen WCM presentert i kapittelet utøver SalMar AS godt med hensyn til bruk av kommersiell teknologi og alliansebygging med kunde og leverandør, mens det foreligger et forbedringspotensial knyttet til praktisering av en lærende vedlikeholdsorganisasjon.

## 4 Reservedelsstyring

Kapittelet presenterer samt diskuterer elementer relevant for reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer ved SalMar AS. Flere av elementene som inngår benyttes som grunnlag for utforming av tiltak som er planlagt implementert for å forbedre reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer ved bedriften.

Kapittelet diskuterer ulike klassifiseringer av reservedeler samt hvilke typer reservedeler som befinner seg i lagerbeholdningen ved SalMar AS. Videre er kostnader vedrørende lagring av reservedeler og mangel på reservedeler diskutert. En diskusjon rundt ulike modeller for lagerstyring og uttaksføring relevant for SalMar AS er også en del av kapittelet. Til slutt inngår en kort beskrivelse av den fysiske oppbygningen av reservedelslagrene ved InnovaMar.

### 4.1 Definisjon

NS-EN 13306:2010 definerer reservedeler på følgende måte [14]:

*«En enhet med hensikt å erstatte en tilsvarende enhet, med sikte på å beholde eller opprettholde enhetens opprinnelige funksjon som krevd».*

### 4.2 Klassifisering av reservedeler

#### 4.2.1 NORSOK Z-008

NORSOK Z-008 er kjernen i aktivitetsforskriften som regulerer drift og vedlikehold offshore. Reservedeler kan imidlertid klassifiseres likt på land og klassifiseringen er dermed beskrivende for SalMar AS sin lagerbeholdning.

Standarden klassifiserer reservedeler som følger [42]:

- Kapitalbindende reservedeler
- Operasjonelle reservedeler
- Forbruksdeler

Kapitalbindende reservedeler omtales ofte som forsikringsreservedeler og kan som navnet indikerer, betraktes som en forsikring mot lange og kostbare driftsstans. Reservedelene kjennetegnes ved at de ofte er svært dyre i anskaffelse samtidig som ledetiden fra leverandør kan være lang. Sannsynligheten for svikt i løpet av levetiden er liten og svikt som oppstår er ofte plutselige og uforutsigbare. Reservedelene er vitale for funksjon til prosessen hvor de inngår og kostnaden ved svikt er gjerne stor.

Operasjonelle reservedeler kreves for opprettholdelse av drift- og sikkerhetsmessige funksjoner ved utstyret under normal levetid. Kjennetegn for operasjonelle reservedeler er relativt uregelmessig forbruk

og risikoen for at en eller flere reservedeler behøves under ledetiden er så høy at det må hensyntas. Operasjonelle reservedeler er dermed ofte lagerførte reservedeler.

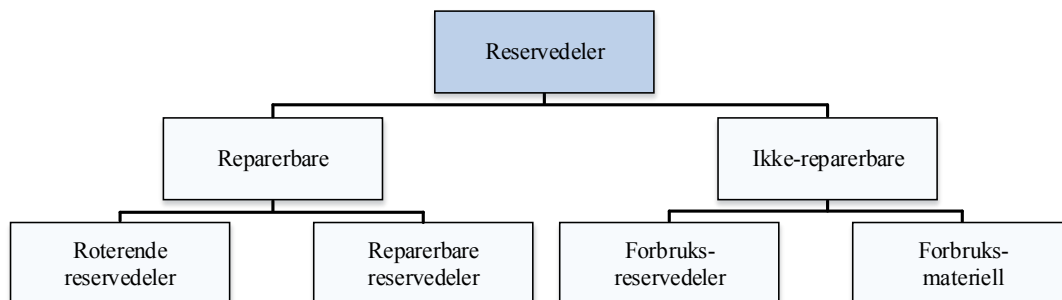
Forbruksdeler klassifiseres som deler eller materiell som er beregnet for engangsbruk. Reparasjon utføres aldri, fortrinnsvis grunnet økonomiske eller tekniske aspekter. Forbruket er ofte proporsjonalt med produksjonsvolum og etterspørselen er dermed helt eller delvis kjent. Artikler kategorisert som forbruksdeler er ofte billige i innkjøp og kjennetegnes av et relativt høyt forbruk.

#### 4.2.2 Øvrige klassifiseringer

Det kan både være nødvendig og fordelaktig å klassifisere reservedeler på andre måter. En mye benyttet tilnærming er klassifisering av reservedeler i følgende to hovedtyper [43]:

- Reparerbare reservedeler
- Ikke-reparerbare reservedeler

Videre kan reparerbare og ikke-reparerbare reservedeler deles inn i to undergrupper som illustrert i Figur 4.1 [44].



Figur 4.1 Alternativ klassifisering av reservedeler [44].

Roterende reservedeler er komplekse komponenter som utgjør en betydelig del av et overordnet system. Vanligvis er disse tildelt dedikerte ressurser for overhaling, reparasjon og vedlikehold. Roterende reservedeler spores individuelt og har følgelig tilrettelagte vedlikeholdsaktiviteter basert på bruk [45].

Reparerbare reservedeler er komponenter hvor utførelse av reparasjon kan forsvares teknisk eller økonomisk. Reservedelene har imidlertid ingen dedikerte vedlikeholdsaktiviteter basert på bruk.

Som Figur 4.1 viser, kan ikke-reparerbare reservedeler deles inn i forbruksreservedeler og forbruksmateriell [44]. Forbruksreservedeler er komponenter hvor utførelse av reparasjon ikke er teknisk og økonomisk forsvarlig. Forbruksmateriell betraktes som materialer benyttet i sammenheng med produksjon av et produkt og som ikke kan tas ut av prosessen.

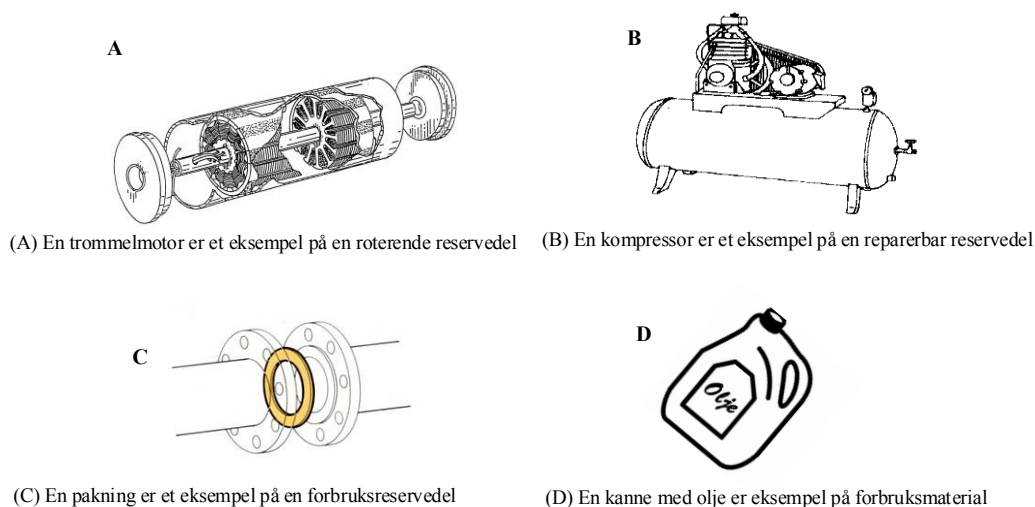
Tabell 1 viser de mest karakteristiske hovedtrekkene for hver reservedelskategori.

Tabell 1 Hovedtrekk for ulike typer reservedeler [44].

<b>Roterende reservedeler</b>	<p>Komplekse komponenter</p> <p>Normalt sett ubegrenset antall reparasjoner</p> <p>Vrak ikke forventet</p> <p>Kontrollert av et individuelt serienummer</p> <p>Utskiftning under vedlikehold</p>
<b>Reparerbare reservedeler</b>	<p>Komponenter som teknisk og økonomisk kan repareres</p> <p>Begrenset antall reparasjoner</p> <p>Muligheter for vrak</p> <p>Oppfølging av individuelt serienummer normalt sett ikke nødvendig</p>
<b>Forbruksreservedeler</b>	<p>Standarddeler</p> <p>Kan ikke repareres (ikke økonomisk eller teknisk mulig å reparere)</p> <p>Kasseres etter utskiftning</p> <p>100% utskiftbare komponenter</p>
<b>Forbruksmaterialer</b>	<p>Alle materialer som benyttes én gang</p> <p>Råmaterial</p> <p>Kjemisk material</p> <p>Materialer som benyttes i sammenheng med produksjon av et produkt og som ikke kan tas ut av prosessen</p>

### 4.2.3 Klassifisering av reservedeler ved InnovaMar

Eksempler på de ulike kategoriene av reservedeler ved InnovaMar er illustrert i Figur 4.2.



Figur 4.2 Eksempler på ulike kategorier av reservedeler ved InnovaMar.

Eksempler på forbruksreservedeler lagerført hos SalMar AS inkluderer pakninger, lyspærer, skruer og muttere. Delene er 100 % utskiftbare komponenter det verken er økonomisk eller teknisk forsvarlig å reparere. Lagerført forbruksmateriell inkluderer blant annet ulike typer oljer, fett og annet smøremiddel nødvendig i produksjonen.

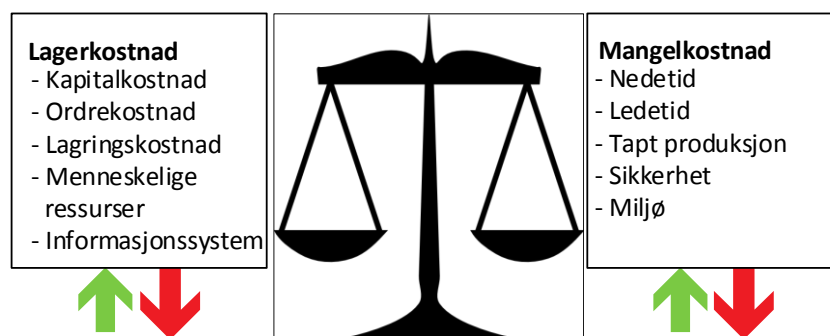
De lagerførte trommelmotorene er roterende reservedeler. Motorer kan regnes som forholdsvis komplekse komponenter. I tillegg har de individuelle serienummer og kan følgelig spores individuelt. Trommelmotorene har dedikerte ressurser ved teknisk avdeling for overhaling og reparasjon.

I henhold til NORSOK Z-008 kan trommelmotorene kategoriseres som kapitalbindende reservedeler. I tillegg til å være dyre i anskaffelse, vil svikt med stor sannsynlighet føre til produksjonsstopp. På bakgrunn av behovet for spesialtilpassede trommelmotorer er ledetiden ofte lang. Trommelmotorene hos SalMar AS er dermed lagerført som en forsikring mot lange og kostbare driftsstopp. Kapittel 8 formidler en detaljert beskrivelse av nåværende vedlikeholdsstyring knyttet til trommelmotorer ved SalMar AS.

En trommelmotor er satt sammen av flere ikke-reparerbare reservedeler samt reparerbare reservedeler. Kapittel 7.4 og Kapittel 8.5 beskriver henholdsvis hvilke reservedeler trommelmotorene ved InnovaMar består av og hvilke prosedyrer SalMar AS har for håndtering av ulike typer reservedeler.

### 4.3 Stillstandskostnader

Kostnadseffektiviteten av et reservedelslager kan optimaliseres ved vurdering av to aspekter. Det overordnede målet for enhver bedrift er minimering av antall lagerførte reservedeler parallelt som beholdningen er tilstrekkelig med hensyn til gjenopprettelse av komponenter som har sviktet. Figur 4.3 viser faktorer som påvirker avgjørelsen knyttet til lagerføring av reservedeler.



Figur 4.3 Faktorer som påvirker avgjørelsen knyttet til lagerføring av reservedeler.

Problemstillingen er ofte knyttet til om innkjøpet skal utføres. For å avgjøre om en reservedel skal lagerføres er det nødvendig med et beslutningsunderlag som både tar hensyn til økonomiske og sikkerhetsmessige aspekter.

Uavhengig om en reservedel finnes på lager eller ikke, vil en svikt føre til produksjonstap og tapte inntekter. Imidlertid er omfanget av tapet direkte avhengig av hvor raskt de nødvendige reservedelene fremskaffes. Midlere nedetid (Mean Down Time = MDT) er definert som aktiv reparasjonstid pluss forventet ventetid på reservedel. Dersom etterspurt reservedel ikke er lagerført vil forventet ventetid inkludere tiden det tar før ny reservedel har ankommet.

Ved InnovaMar benyttes samme type reservedel ofte av flere systemer i produksjonsanlegget, hvilket medfører utfordringer knyttet til optimalisering av balansegangen mellom MDT og størrelsen på lageret. Resultatet er at reservedeler lagerføres for å være på «den sikre siden», spesielt i en produksjonsbedrift som SalMar AS hvor ivaretagelse av opptid for produksjonsprosessen inngår som den mest sentrale faktoren.

Undertegnede sitt ansettelsesforhold hos SalMar AS med ansvar for det tekniske lageret har avdekket et betydelig antall lagerførte reservedeler som nærmest ikke har blitt benyttet siden InnovaMar ble ferdigstilt i 2010. Da reservedelene ikke er tilknyttet trommelmotorer havner de utenfor omfanget av masteroppgaven. Likevel er gjennomføring av risikoanalyser for maskiner, systemer og annet utstyr ved produksjonsanlegget for etablering av optimal lagerbeholdning operasjoner som bør utføres. I tillegg bør det etableres rutiner knyttet til at det alltid utføres risikoanalyser når nye installasjoner eller modifikasjoner blir gjennomført.

#### **4.4 Modeller for lagerstyring og uttaksføring**

Effektiv reservedelsstyring innebærer å ha de riktige reservedelene tilgjengelig til riktig tid. Som hjelpemiddel finnes det flere ulike modeller for lagerstyring og systemer for registrering av uttak av reservedeler. Modellene mest relevant for reservedelsstyringen tilknyttet trommelmotorer ved SalMar AS er med sine respektive hovedtrekk vist i Tabell 2.



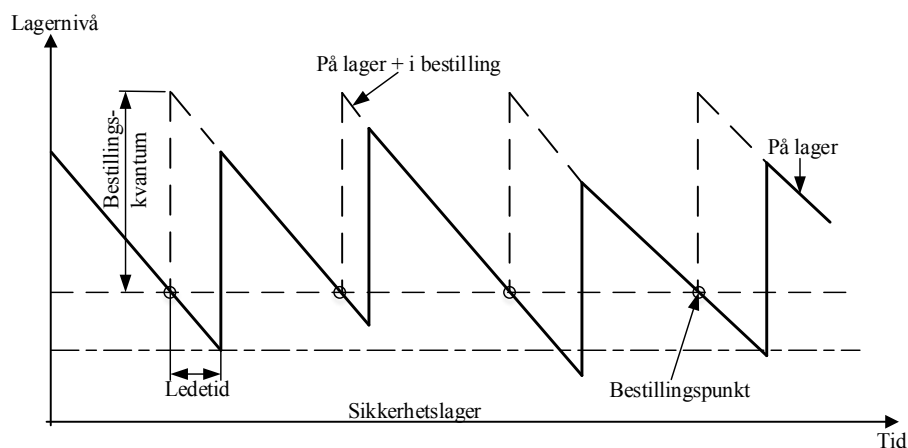
Tabell 2 Modeller for lagerstyring og uttaksføring benyttet ved SalMar AS.

Modell			Hovedtrekk
<b>FOQ</b>	Fixed Order Quantity	Bestillingspunkt-systemet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimalt etterbestillingspunkt kan defineres</li> <li>- Fast ordrestørrelse</li> <li>- Variabelt tidsrom mellom bestillingene</li> <li>- Uttak må registreres hver gang en artikkel tas ut av lageret</li> </ul>
<b>POQ</b>	Period Order Quantity	Periodisk bestilling	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variabel ordrestørrelse</li> <li>- Muligheter for fast tidsrom mellom bestillinger</li> <li>- Krever ikke registrering av uttak hver gang en artikkel tas ut av lageret</li> </ul>
<b>KANBAN</b>		KANBAN-systemet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimalt etterbestillingspunkt kan defineres</li> <li>- Krever ikke registrering av uttak hver gang en artikkel tas ut av lageret</li> </ul>

Modellene er nærmere beskrevet i de påfølgende delkapitlene. I tillegg presenteres mer fremtidsrettede systemer for registrering av uttak som potensielt kan være interessant for SalMar AS å implementere i fremtiden for økt effektivitet av reservedelsstyringen, som eksempelvis elektroniske systemer og RFID-systemer for registrering av uttak.

#### 4.4.1 Bestillingspunktssystemet

Ved bestillingspunktssystemet (Fixed Order Quantity = FOQ) overvåkes lagernivået på kontinuerlig basis. Bestilling av et fastsatt kvantum foretas når mengden av en reservedel underskrider en forhåndsbestemt grense – etterbestillingspunktet. I Figur 4.4 fremkommer det at bestillingspunktssystemet gir en fast ordrestørrelse, men et variabelt tidsrom mellom bestillingene.



Figur 4.4 Prinsippet bak bestillingspunktsystemet.

For at systemet skal fungere i praksis kreves det at etterbestillingspunkt og ordrestørrelse er definert for samtlige artikler som inngår samt at uttaksføring registreres hver gang en artikkel tas ut av lageret. Hensikten med sikkerhetslageret er å sikre at etterspørselen ikke overskrider lagerbeholdningen før ny leveranse ankommer. Etterbestillingspunktet bør dermed være definert tilstrekkelig høyt slik at lagerbeholdningen til enhver tid er robust mot plutselige økninger i etterspørsel eller variasjoner i leverandørens ledetid.

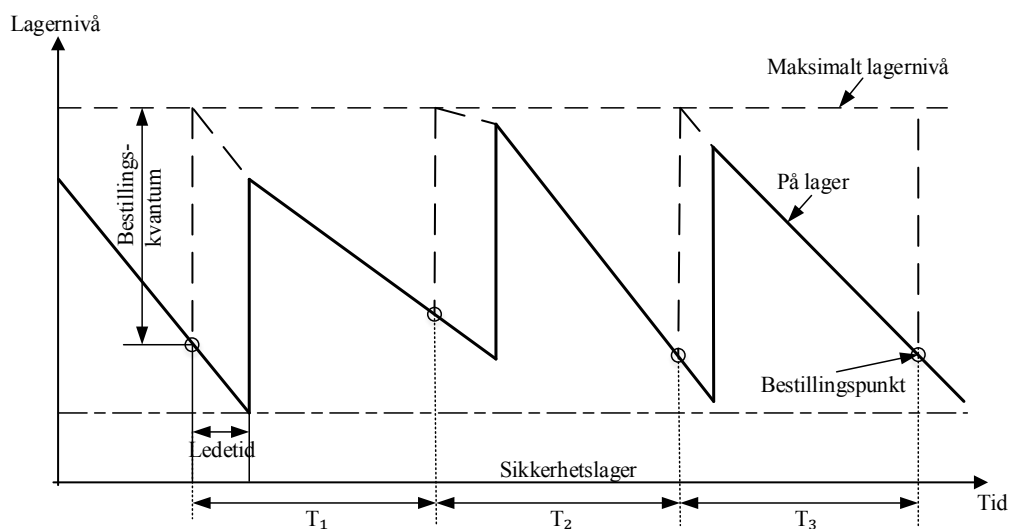
Bestillingspunktsystemet administrerer uttak fra lageret på kontinuerlig basis og kan på denne måten gi informasjon om nåværende lagernivå for samtlige artikler. En ytterligere fordel er fast ordrestørrelse som kan optimaliseres basert etterspørsel, ledetid og kostander knyttet til innkjøp, lagring og mangler. Ulemper er tilleggskostnadene som opprettholdelse av systemet medfører samt kravet om at uttak må registreres hver gang en artikkel tas ut av lageret. I tillegg bør det utføres periodisk fysisk optelling for å sikre at faktisk lagerbeholdning stemmer overens med informasjonen som systemet gir. Feil i uttaksregistreringen, svinn og forringelse er faktorer som kan redusere den faktiske beholdningen av reservedeler uten at det registreres i systemet.

Systemer hvor uttak fra lageret registreres kontinuerlig kan administreres gjennom en modul i CMMS eller ved et enkelt system uten bruk av avansert teknologi. Ulike artikler krever ulike systemer for uttaksføring for at reservedelsstyringen skal være mest mulig effektiv. Eksempelvis vil det ikke være hensiktsmessig med registrering av uttak for hver enkelt skrue eller mutter som tas ut av lageret.

SalMar AS benytter en modul i Infor EAM for kontinuerlig overvåking av lagerbeholdningen til majoriteten av reservedelene ved fabrikkene. Imidlertid opplever bedriften noe rutinesvikt knyttet til at artikler tas ut av lagerbeholdningen uten at det registreres i Infor EAM. Utfordringene er nærmere beskrevet i Kapittel 8.5.

#### 4.4.2 Periodisk bestilling

Ved periodisk bestilling (Period Order Quantity = POQ) er artikler definert med individuelle maksimale lagernivå. En fysisk opptelling av lagerførte artikler utføres i periodiske intervaller og bestillinger foretas som følge av avvik fra den fastsatte grensen. Anvendelse av et system for periodisk bestilling gir variabel ordrestørrelse og muligheter for faste tidsrom mellom bestillingene. Figur 4.5 viser en tilnærming hvor de periodiske intervallene  $T_1, T_2$  og  $T_3$  er konstante, mens bestillingskvantumet er variabelt og søker det maksimale lagernivået ved hvert bestillingspunkt.



Figur 4.5 Prinsippet bak periodisk bestilling.

Under et system med periodisk bestilling foregår det i prinsippet ingen form for registrering av uttak når en artikkel tas ut fra lageret. Systemet tillater bestilling av flere typer artikler parallelt, hvilket medfører reduserte kostander i form av prosessering og frakt.

Et periodisk system for bestilling medfører også ulemper, fortrinnsvis knyttet til mangel på kontroll mellom opptellingene. SalMar AS praktiserte tidligere en slik tilnærming til uttaksføring for skruer, spikere, muttere og annet forbruksmateriell lagret i originalesker. Metoden fungerte ikke godt i praksis, fortrinnsvis grunnet manglende rutiner for gjennomgang av lagerbeholdningen. Et scenario som gjentok seg var at forbruksmateriell ikke var lagerført ved etterspørsel.

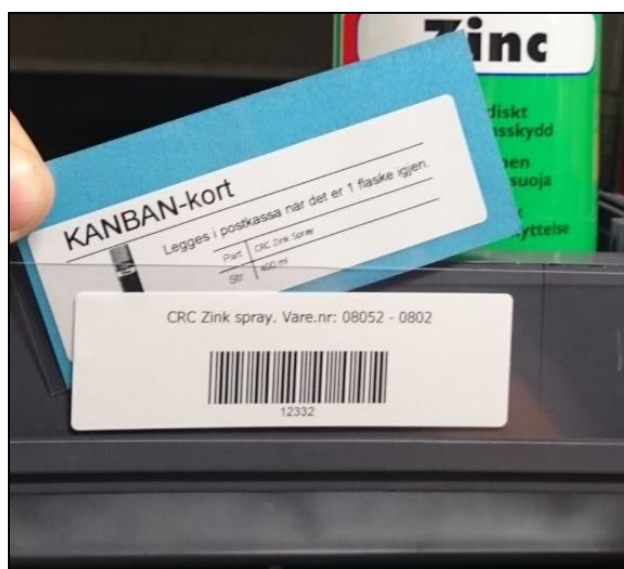
#### 4.4.3 KANBAN-system

For forbruksmateriell preget av høyt forbruk kan det være mest effektivt med praktisering av en enkel modell for lagerstyring. Majoriteten av dagens lagerførte forbruksdeler ved InnovaMar er preget av høyt forbruk. Registrering av uttak hver gang forbruksdeler tas ut av lageret ville vært svært tidkrevende og tungvint. Lagermodellen som benyttes per i dag er en form for bestillingspunktsystem, implementert av undertegnede høsten 2016 under navnet KANBAN-system. Forbruksdelene kan deles inn i to kategorier, hvor hver kategori praktiserer en ulik tilnærming til uttaksføring.

Den ene kategorien består av skruer, spikere, muttere og annet forbruksmateriell lagret i esker designet for plassering rett i lagerhylla. Forbruksmateriell er lagret i en egen hylleseksjon på det tekniske lageret. Den andre kategorien er andre forbruksdeler beregnet for engangsbruk. Sistnevnte kategori utgjør en større del av lagerrommet og har også dedikerte hylleseksjoner.

For begge kategoriene av forbruksdeler, benyttes det enkle men effektive metoder for kontroll og bestilling. På veggen ved utgangsdøra på lageret er det en postkasse markert med «KANBAN». For forbruksmateriell lagret i originalesker tilsier systemet at når nest siste eske av en artikkel tømmes, skal den tomme esken legges i postkassen.

Den andre kategorien forbruksdeler er lagret i standardiserte lagerbokser. Samtlige forbruksdeler i hylleseksjonen har sitt unike KANBAN-kort plassert synlig og lett tilgjengelig i front av den tilhørende lagerboksen. Se Figur 4.6.



Figur 4.6 KANBAN-kort tas ut av lagerboksen og legges i postkassa når det er 1 stk. igjen.

Når lagernivået underskrider forbruksdelens individuelle bestillingspunkt, legges KANBAN-kortet i postkassa. Figur 4.6 viser hvordan systemet fungerer for sinkspray, hvor KANBAN-kortet skal tas ut av lagerboksen og legges i postkassa når det er én flaske igjen av lagerbeholdningen. Bestillingspunktet er for samtlige forbruksdeler definert til å være én enhet, avhengig av hvilken forpakning artiklene er lagret i. En enhet kan for eksempel være en flaske, en boks, et par vernehansker eller en pakke med ti AAA-batterier.

Fordelen med denne typen systemer er at registrering av uttak ikke er nødvendig hver gang en artikkel tas ut fra lageret. I tillegg kan kvantumet per eske i de eskene som etterfylles optimaliseres slik at bestilling utføres til riktig tidspunkt. Optimalt tidspunkt for bestilling er i dette tilfellet at leveransen ankommer akkurat når det er tomt for den aktuelle artikkelen.

En potensiell trussel mot systemet er at KANBAN-kortet eller esken ikke leveres inn når bestilling skal gjøres. Årsaker kan være at kort eller eske er feilplassert eller at ansvarlig person ikke husker å levere de inn når lagernivået underskrides.

Erfaringer og tilbakemeldinger fra SalMar AS tilsier at systemet fungerer godt i praksis og effektiviserer lagerstyringen knyttet til forbruksmateriell. SalMar AS har også gitt inntrykk for at de ønsker en utvidelse av KANBAN-systemet til å gjelde for flere artikler på det tekniske lageret. Et av tiltakene som er planlagt implementert etter fullført masteroppgave er utvidelse av KANBAN-systemet til også å gjelde for forbruksdeler tilhørende trommelmotorer. Forbedringstiltaket er beskrevet mer i detalj i Kapittel 10.3. På lengre sikt kan KANBAN-systemet utvides til å inkludere flere typer reservedeler på lageret ved InnovaMar.

#### **4.4.4 Elektronisk system**

Bestillingspunktsystemet presentert i Kapittel 4.4.1 krever at uttak registreres hver gang en artikkel tas ut fra lageret. Imidlertid kan det virke tungvint å måtte logge seg inn på Infor EAM for registrering av uttak manuelt. Sannsynligvis er tungvinte systemer for uttaksføring en medvirkende faktor til at SalMar AS per i dag opplever noe rutinesvikt i uttaksføringen.

Avhengig av størrelse på lagerbeholdning samt etterspørsel kan uttaksprosessen effektiviseres ved innføring av et datastyrt uttakssystem. Dersom hver enkelt artikkeltype tildeles en unik strekkode, kan en laserskannende enhet benyttes til å hente ut nødvendig informasjon. Ved oppkobling av strekkodesystemet mot modulen for reservedelsstyring i CMMS, vil et optimalt system for registrering av uttak foregå ved hjelp av ett enkelt skann.

Et strekkodesystem kan medføre store fordeler i lagerstyringsprosessen. I tillegg til økning i effektivitet og nøyaktighet gir systemet kontinuerlig informasjon om lagerførte artikler samt reduserer nødvendigheten av periodiske opptellinger. I et studie utført i Thailand i 2011, ble et lager redesignet for å kunne innføre et strekkodebasert to eske-system [46]. Resultatene viste at gjennomsnittlig lageromsetning sank med mellom 11% og 78% på syv måneder. Parallelt ble total ventetid redusert med 28%.

Flesteparten av de lagerførte artiklene ved InnovaMar har allerede en unik strekkode festet på lageretiketten. Majoriteten av de operasjonelle reservedelene er som Figur 4.6 viser lagret i lagerbokser med lageretiketten plassert i front. Ved sammenkobling av strekkodesystemet og utstysregisteret i Infor EAM er det liten tvil om at uttaksprosessen vil forenkles. Imidlertid havner implementering av strekkodesystem for uttaksføring utenfor omfanget av masteroppgaven. Likevel er dette et forbedringsområde som det kan være interessant for SalMar AS å studere nærmere i fremtiden.

#### 4.4.5 RFID-system

Radiofrekvensindikasjon (Radio Frequency Identification = RFID) er en form for trådløs kommunikasjonsteknologi som omfatter bruk av elektromagnetiske felt for identifisering av et objekt, dyr eller menneske [47]. Enhetene som skal identifiseres har en brikke med elektronisk lagret informasjon knyttet til seg.

RFID-systemer kan være aktive og passive [48]. Brikkene som inngår i aktive RFID-systemer krever sin egen transmitter og strømkilde (ofte et batteri) for å sende informasjonen som er lagret. Disse kan operere flere hundre meter fra en RFID-leser.

Passive RFID-systemer har begrenset rekkevidde, men krever kun en brikke og en RFID-leser for å fungere. Antennen på RFID-leseren sender et radiosignal til brikken, som benytter det overførte signalet til å slå seg på og reflektere energien tilbake. Passive RFID-systemer er billigere, mindre og enklere å produsere enn aktive RFID-systemer.

Fordelen med RFID i forhold til strekkodesystemer er at systemet ikke krever direkte kontakt eller fri sikt til objektet som skal skannes. I tillegg er strekkodene sårbare i industrielle miljø og avhengig av god utskriftskvalitet. RFID-brikker kan derfor sies å være et teknologisk gjennombrudd innen lagerstyring som erstatning for strekkodesystemer.

Innkjøp av RFID-lesere og plassering av RFID-brikker på operasjonelle og roterende reservedeler ved InnovaMar ville revolusjonert identifiseringsprosessen. Videre kan systemet kobles opp mot Infor EAM for etablering av et raskt, nøyaktig og pålitelig trådløst vedlikeholdsmiljø. Da masteroppgaven er avgrenset til kun å omhandle reservedelsstyring tilknyttet trommelmotorer, faller implementering av RFID-systemer i likhet med strekkodesystemer utenfor oppgavens omfang. Uansett vil implementering av slike systemer medføre betydelige kostnader for bedriften og lønnsomhet over tid må evalueres grundig før dette vurderes.

### 4.5 Fysisk oppbygning av lager ved InnovaMar

Lagerbeholdningen ved InnovaMar er bestående av reservedeler nødvendig for opprettholdelse av driften ved fabrikk. Produksjonsanlegget består totalt av fire lager for denne typen beholdning: to nærlager i selve produksjonslokalet og to separate lagerrom i etasjen over.

Innholdet i nærlagrene er et begrenset antall artikler av forbruksmateriellet med størst etterspørsel i tillegg til det mest brukte verktøyet. Forbruksmateriellet er i hovedsak ulike typer av olje, fett og andre artikler som er nødvendig for opprettholdelse av produksjon.

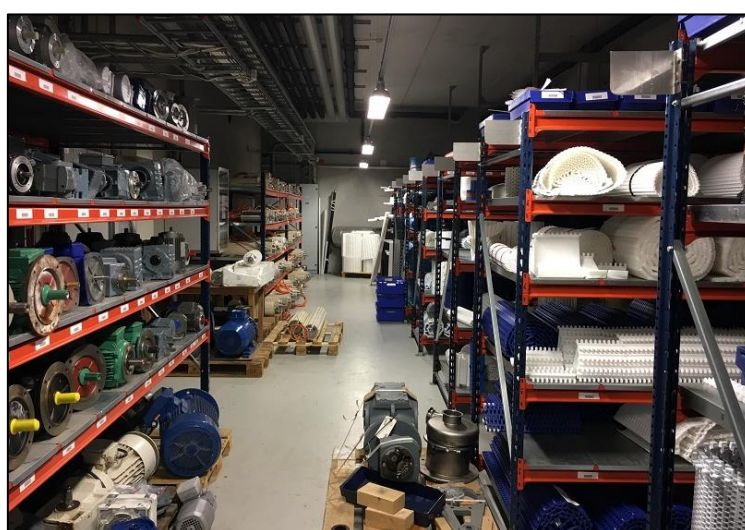
Lagerrommene i etasjen over produksjonslokalet inneholder ulike typer reservedeler og utstyr. Majoriteten av de operasjonelle reservedelene, samtlige forbruksdeler og direktemateriell er lagret i separate seksjoner i det ene lagerrommet eller hovedlageret som det betegnes som ved InnovaMar.

Direktmateriell er reservedeler og annet utstyr som bestilles direkte på et oppdrag eller en arbeidsordre. Reservedelene disponerer en egen reol på hovedlageret, men skal i utgangspunktet ikke lagerføres permanent. Varierende ledetid, utsatte arbeidsordrer og utstyr og materiell som ikke benyttes som planlagt, gjør det nødvendig med lagerplass for direktmateriell. Hovedlageret består også av tre datamaskiner, fortrinnsvis tilegnet bruk av Infor EAM. Figur 4.7 viser to av totalt åtte reolrekker for oppbevaring av reservedeler på hovedlageret.



*Figur 4.7 Hovedlageret består av totalt åtte reolrekker for oppbevaring av reservedeler.*

Det andre lagerrommet i etasjen over produksjonsloket består av operasjonelle reservedeler i tillegg til roterende reservedeler med dedikerte vedlikeholdsprogram for reparasjon, overhaling og vedlikehold. Lagerrommet omfatter i hovedsak motorer av ulike typer samt transportbånd og moduler med tilhørende elementer. Figur 4.8 viser hvordan lageret er strukturert.



*Figur 4.8 Lagerrommet omfatter motorer, transportbånd og moduler med tilhørende elementer.*

SalMar AS har per i dag en person ansatt som ansvarlig for daglig drift av hovedlageret og ivaretagelse av den tekniske lagerbeholdningen. Ansvarsområdene inkluderer bestilling og mottakskjøring av reservedeler samt ivaretagelse av struktur og systemer på lagrene.

## **4.6 Konklusjon**

En viktig forutsetning for kostnadseffektivt vedlikehold er god reservedelsstyring. God reservedelsstyring innebærer å ha de riktige artiklene tilgjengelig til riktig tid. SalMar AS opplever per i dag noe rutinesvikt i prosedyrene for registrering av uttak i Infor EAM når artikler tas ut fra lagrene. En medvirkende faktor antas å være tungvinte systemer for uttaksføring. Tiltak som skal iverksettes inkluderer utvidelse av KANBAN-systemet undertegnede tidligere har implementert for majoriteten av forbruksdelene på hovedlageret til også å gjelde for forbruksdeler tilknyttet trommelmotorer.

Et annet tiltak som bør iverksettes ved fabrikken er gjennomføring av risikoanalyser for maskiner, systemer og annet utstyr for etablering av en optimal beholdning av reservedeler. Faste rutiner for gjennomføring av risikoanalyser hver gang nye installasjoner eller modifikasjoner gjøres bør også etableres. Grunnet trommelmotorer som tema for oppgaven og tidsbegrensninger for oppgavegjennomføringen, havner reservedeler tilknyttet øvrige systemer utenfor omfanget. Etablering av rutiner for gjennomføring av risikoanalyser for optimalisering av beholdningen av øvrige reservedeler er likevel et forbedringsområde med stort potensial som bør prioriteres.

Implementering av enklere og mindre tidkrevende systemer for registrering av uttak fra reservedelslageret bør også vurderes, dette kan oppnås ved innføring av databaserte uttakssystemer. Innføring av et strekkodesystem er det enkleste med hensyn til kostnad og omfang. Ved oppkobling av strekkodesystemet mot modulen for reservedelsstyring i Infor EAM kan lagerartikler uttaksføres med en laserskannende enhet. Det andre forslaget er innføring av passive RFID-systemer i reservedelsstyringen. Imidlertid vil implementering av slike systemer medføre betydelige kostnader og lønnsomhet over tid må evalueres grundig før dette vurderes.



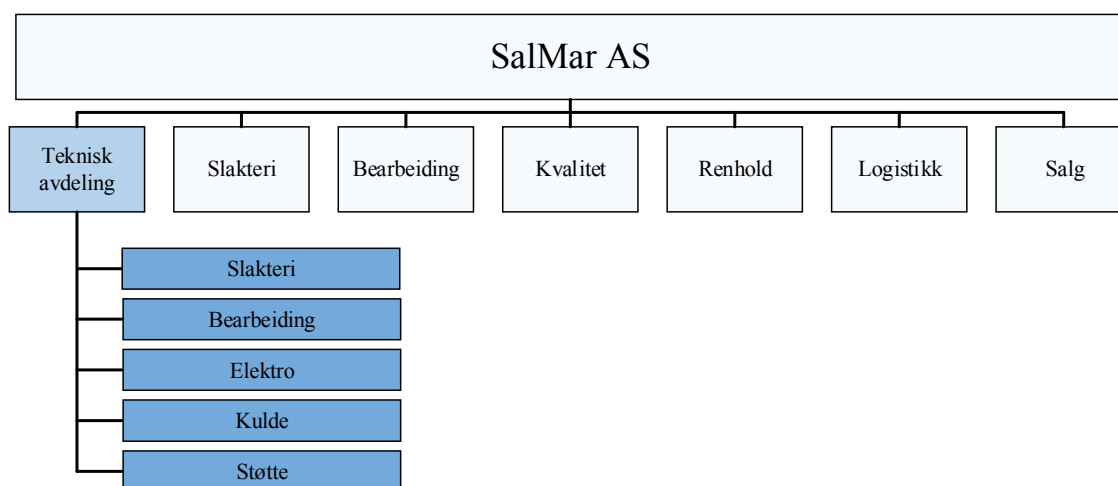
## 5 Vedlikeholdsstyring ved SalMar AS

Kapittelets hensikt er formidling av elementer innenfor vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS av betydning for gjennomføring av masteroppgaven. Formålet er å skape et grunnlag med hensyn til bevisstgjøring ovenfor hvilke faktorer som påvirker vedlikeholdsstyringen i bedriften.

Kapittelet presenterer vedlikeholdsavdelingens oppbygning og plassering i SalMar AS. Videre inngår en beskrivelse av SalMar AS sine målsetninger knyttet til vedlikehold samt diskusjon rundt bedriftens vedlikeholdsstrategi. Avslutningsvis omfatter kapittelet en overordnet beskrivelse av faktorer som påvirker vedlikeholdskulturen i bedriften.

### 5.1 Vedlikeholdsavdeling

Avdeling for vedlikehold eller teknisk avdeling som det heter ved InnoVaMar opptrer som én av syv grupperinger med hensyn til tilhørighet av ansatte ved SalMar AS. Avdelingene er gruppert på bakgrunn av arbeidsoppgaver ved fabrikken, hvorav teknisk avdeling er ansvarlig for alt vedlikeholdsrelatert. Bedriftsstrukturen er illustrert i Figur 5.1.



Figur 5.1 Innenfor SalMar AS foreligger det syv avdelinger med hensyn til tilhørighet av ansatte.

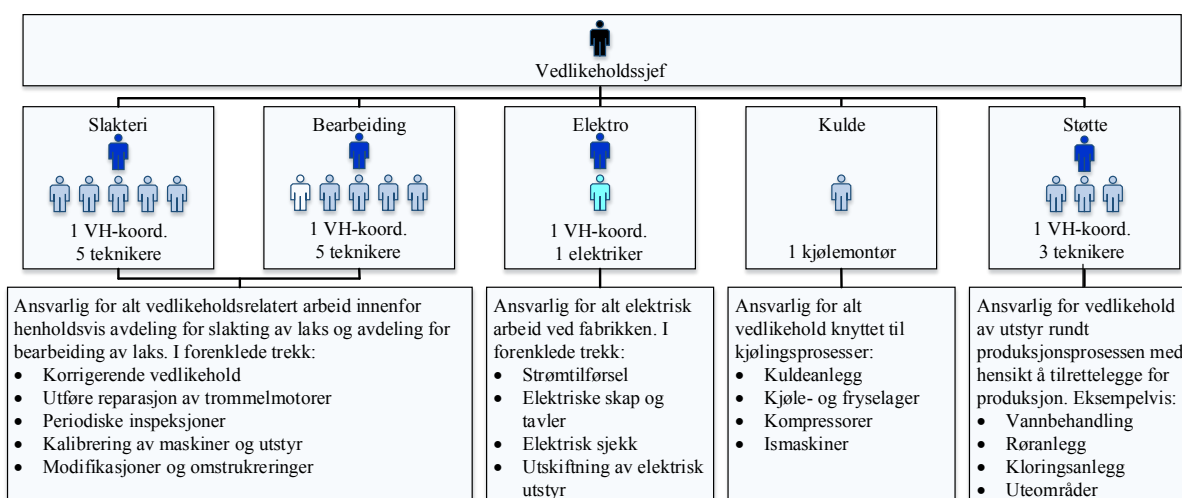
I henhold til NS-EN 13306 er vedlikehold definert som en kombinasjon av alle tekniske, administrative og styringsmessige aktiviteter i levetiden til en enhet, som har til hensikt å opprettholde eller gjenopprette den til en tilstand som gjør den i stand til å utføre den krevde funksjonen [14]. Hensikten med vedlikeholdsarbeidet ved InnoVaMar er å sikre at maskinene og produksjonslinjene har den tilgjengeligheten som kreves, samtidig som sikkerheten i fabrikken ivaretas.

Teknisk avdeling er som det fremkommer i Figur 5.1 delt inn i fem underavdelinger basert på ansvarsområder i fabrikken – slakteri, bearbeiding, elektro, kulde og støtte. Underavdelingene styres av hver sin avdelingsleder, foruten avdeling for kulde som kun består av én person. Avdelingslederne ved InnoVaMar går under stillingstittelen «vedlikeholdskoordinator» og er som navnet tilsier ansvarlig for

koordinering av arbeidsoppgaver som skal utføres, fortrinnsvis innenfor egen underavdeling. Vedlikeholdskoordinatorer følger følgende stillingsinstruks:

- Koordinere og daglig følge opp vedlikeholdsaktiviteter innenfor sitt ansvarsområde
- Bistå og veilede vedlikeholdsoperatørene ved utbedring av aktuelle feil som oppstår i produksjonsanlegget
- Ha fokus på kontinuerlig forbedring av driftssikkerhet ved kontinuerlig å følge opp forbedringsforslag fra sine vedlikeholdsoperatører
- Ha fokus på kontinuerlig forbedring av vedlikeholdsrutiner ved å generere samt følge opp forslag til forbedring av vedlikeholdsmetoder og forebyggende rutiner
- Legge til rette for effektiv utnyttelse av arbeidsdagen, både for seg selv og vedlikeholdsoperatørene
- Instruere og styre vedlikeholdsoperatører innenfor sitt arbeidsområde
- Behandle arbeidsordrer i vedlikeholdsstyringssystemet Infor EAM

Vedlikeholdskoordinatorer rapporterer til vedlikeholdssjef. Figur 5.2 illustrerer hvordan teknisk avdeling er strukturert med hensyn til tilhørighet av ansatte. I tillegg inngår en forenklet oversikt over de mest sentrale arbeidsoppgavene tilknyttet underavdelingene.



Figur 5.2 Underavdelingene innenfor teknisk avdeling styres av en vedlikeholdskoordinator.

## 5.2 Vedlikeholdsmål

Vedlikehold er en del av den totale verdiskapningen i SalMar AS og bør følgelig ha klare definerte mål. Per i dag har bedriften én kvantitativ målsetning knyttet til vedlikehold. Målsetningen er at nedetid forårsaket av teknisk stopp innenfor avdeling for slaktning av laks maksimalt skal være 5 % av planlagt produksjonstid. En overordnet kvalitativ målsetning gjeldende for hele produksjonsanlegget er at

maskiner, systemer og annet utstyr nødvendig for frakting av laks gjennom fabrikken skal være tilgjengelig med hensyn til å kunne utføre sin tiltenkte funksjon i tiden som er planlagt for produksjon.

Forebyggende vedlikehold eller planlagt vedlikehold som krever produksjonsstopp vil nærmest aldri utføres i løpet av tiden som er planlagt for produksjon. Med hensyn til potensielle tapte salgsinntekter og kontrakter, finnes det få argumenter som tilsier at det er lønnsomt å stoppe produksjonen for utførelse av vedlikehold. Utførelse av vedlikehold av maskiner og utstyr som inngår i produksjonsprosessen foregår følgelig i tiden som ikke er planlagt for produksjon.

Som følge av varierende tilgang på råstoff fortrinnsvis grunnet biologiske utfordringer hos oppdrettsdivisjonen SalMar Farming, vil slaktevolum variere på ukentlig basis. I tillegg skal laks fra ulike lokasjoner i perioder holdes adskilt i produksjonsanlegget grunnet sykdomsbilde og bekjempelsessoner. Som et resultat vil også tiden planlagt for produksjon variere ukentlig. Produksjonen kjøres store deler av året i to skift, fordelt på ett formiddagsskift og ett ettermiddagsskift. Utførelse av planlagt vedlikehold som krever produksjonsstopp begrenser seg dermed til helgene og etter det siste skiftet på hverdager, dog utføres det også renhold.

Driftsprofilen til produksjonsanlegget ved InnovaMar har ført til en viss aksept for at noe av utstyret svikter. En kvalitativ målsetning når svikt av utstyr fører til produksjonsstopp, er utførelse av riktig innsats på riktig måte slik at produksjonsprosessen kan gjenopprettes på kortest mulig tid. For at sistnevnte målsetning skal kunne oppnås er det viktig å trene den korrektive beredskapen med hensyn til kontinuerlig å forbedre prosedyrer tilknyttet utførelse av korrektivt vedlikehold.

Masteroppgaven skal etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved bedriften, hvor rutiner for utførelse av korrigerende vedlikehold inngår som et sentralt element. Foreslåtte forbedringstiltak vil generere forbedring knyttet til den korrektive beredskapen og på så måte bidra til oppnåelse av en av SalMar AS sine vedlikeholdsmålsetninger. I tillegg vil utvikling og implementering av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer potensielt bidra til mindre nedetid for produksjonsprosessen i løpet av tiden som er planlagt for produksjon.

### **5.3 Vedlikeholdsstrategi**

SalMar AS sin vedlikeholdsstrategi er i stor grad påvirket av risikoen for potensielle tapte salgsinntekter og kontrakter bedriften opplever i forbindelse med produksjonsstopp samt begrensninger knyttet til ressurser ved teknisk avdeling. Da planlagt vedlikehold som krever produksjonsstopp begrenses til å kunne utføres fortrinnsvis i helgene, opplever SalMar AS utfordringer knyttet til å ha tilstrekkelig ressurser tilgjengelig. Majoriteten av teknikerne arbeider på skift, hvorav arbeidsdagene følger produksjonstid og er delt inn i morgen- og kveldsskift. Følgelig er det begrenset hvor mange teknikere

som kan pålegges å jobbe i helgene når planlagt forebyggende vedlikehold kan utføres. Kapasitetsbegrensningene gjør at det kun er prioritert forebyggende vedlikehold som utføres i helgene.

Forebyggende vedlikehold som utføres er fortrinnsvis som følge av visuell inspeksjon og avvik som oppdages under produksjon. Dersom det under produksjon avdekkes feil som i liten grad påvirker produksjonsflyten, avventes inngrepet hvis mulig til etter endt skift eller til nærmeste helg. Vedlikehold i form at utskiftning eller reparasjon av utstyr kan dermed utføres uten påvirkning av produksjonsflyten.

Videre utføres det også mer generelle inspeksjonsrunder i produksjonslokalet. Hensikten er avdekking av potensielle sviktårsaker det er mulig å detektere visuelt mens produksjonen pågår og som har et PF-intervall (Potential-to-functional Failure Interval) langt nok til å kunne håndtere konsekvensen av feilen, eksempelvis oljelekkasje i motor, slitasje på transportbånd eller løse skruer og innfestninger. Imidlertid er det ingen faste rutiner for de generelle inspeksjonsrundene, både med hensyn til tidspunkt for utførelse og hva som skal inspiseres. Arbeidsordrer tilknyttet periodiske inspeksjoner er programmert til og genereres automatisk ved hjelp av Infor EAM. Dette er beskrevet ytterligere i Kapittel 6.3.

Ovenfor nevnte faktorer gjør at nåværende vedlikeholdsstrategi er preget av en høy andel korrigerende vedlikehold.

## **5.4 Vedlikeholdskultur**

SalMar AS opplever per i dag utfordringer knyttet til å ha tilgang på tilstrekkelig kompetanse i daglig drift. Fabrikken InnovaMar er plassert på Kverva vest på Frøya som er et optimalt område med tanke på biologisk utvikling. Imidlertid har området vist seg å være utfordrende med hensyn til å få ressurspersoner med utdanning og kompetanse innen vedlikehold og ledelse til å bosette seg og bli værende. Vedlikeholdssjef er på nåværende tidspunkt den eneste innenfor teknisk avdeling med femårig høyere utdanning innen fagfeltene. Vedlikeholdskoordinatorer og teknikere har fortrinnsvis fagbrev innen industrimekanikk eller automasjon.

Blant de ansatte i teknisk avdeling er om lag halvparten fra Norge. Resterende halvpart består av utenlandske statsborgere, fortrinnsvis fra østeuropeiske land. Basert på behov ved fabrikken og delvis egne ønsker fra ansatte er det variasjoner knyttet til arbeidsrutiner. Majoriteten av teknikerne arbeider som nevnt på skift, hvorav arbeidsdagene er delt inn i morgen- og kveldsskift.

Opphold ved InnovaMar og direkte involvering i prosessene rundt styring av vedlikehold ved bedriften, har gitt en oppfatning av at vedlikeholdsavdelingen er preget av mangler med hensyn til struktur. Prosedyrer for hvilke ansvarsområder ansatte fra ulike trinn i hierarkistigen har virker nærmest å være fraværende, spesielt knyttet til utførelse av vedlikehold. Eksempelvis forekommer det på daglig basis at vedlikeholdssjef og vedlikeholdskoordinatorer utfører både første-, andre- og tredjelinjes vedlikehold

på utstyr i produksjonen. Dette på tross av at teknikere ansvarlig for det aktuelle området i fabrikk er tilgjengelig.

Årsakene til den noe uklare strukturen på vedlikeholdsavdelingen kan være flere og sammensatte. En årsak kan være at enkelte teknikere ikke har den kompetansen som kreves for utførelse av nødvendig vedlikehold. En annen årsak kan være at vedlikeholdsledelsen ikke stoler på at teknikerne har de riktige forutsetningene for utførelse av vedlikeholdet. Resultatet blir at personer i vedlikeholdsledelsen utfører vedlikeholdet på egen hånd, i flere tilfeller uten at kunnskapen overføres til teknikerne.

En av forutsetningene for å kunne ta i bruk begrepet «WCM-bedrift» er at bedriftens kultur går i retning av å ha en lærende vedlikeholdsorganisasjon. Anvendelse av ressurser fra øverste trinn i hierarkistigen til utførelse av vedlikehold som burde vært teknikernes ansvarsområde vil ikke generere noe form for læring.

For å kunne legge til rette for å skape en lærende vedlikeholdsavdeling er det nødvendig med forståelse av hvordan ansattes adferd og motivasjon påvirker vedlikeholdsfunksjonen. I tillegg må de ansatte inneha riktige forutsetninger for å bedrive systematisk forbedringsarbeid samt et ønske om å skape en endring i egen organisasjon. Ved InnovaMar har situasjonen uten læring over en lengre periode ført til en lite robust vedlikeholdsorganisasjon.

En ikke-lærende vedlikeholdsorganisasjon har ført til at SalMar AS har gjort seg selv svært avhengig av enkeltpersoner. Slik som strukturen er nå er ikke vedlikeholdsorganisasjonen robust nok til å tåle et bortfall av én eller to nøkkelpersoner uten nærmest å bryte sammen.

Imidlertid har vedlikeholdsledelsen ved SalMar AS de seneste årene etablert et sterkt kontaktnett med MTP ved NTNU. Inneværende år blir tredje strake år studenter fra MTP har sommerjobb hos SalMar AS med påfølgende utførelse av fordypningsprosjekt og potensiell videreføring i form av masteroppgave i samarbeid med bedriften. Det noe vanskelige arbeidsmarkedet for studenter med fullført mastergrad fra MTP kan også vise seg å være fordelaktig for SalMar AS da nyutdannede studenter kan bli tvunget til å flytte på seg for å få fast ansettelse. Ansettelse av flere ressurspersoner med utdanning innen vedlikeholdsstyring vil utvilsomt bidra til å gjøre vedlikeholdsorganisasjonen ved SalMar AS mer robust.

## **5.5 Konklusjon**

SalMar AS har per i dag én kvantitativ målsetning knyttet til vedlikehold – nedetid forårsaket av teknisk stopp innenfor avdeling for slakting av laks skal være mindre enn 5 % av planlagt produksjonstid. Implementering av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer vil med stor sannsynlighet bidra positivt med hensyn til oppnåelse av målsetningen.

Bedriftens vedlikeholdsstrategi er preget av en høy andel korrigerende vedlikehold, fortrinnsvis grunnet ressursbegrensninger samt risiko for tapte salgsinntekter og kontrakter i forbindelse med produksjonstopp. En målsetning når svikt av utstyr fører til produksjonsstopp er utførelse av riktig innsats på riktig måte slik at produksjonsprosessen kan gjenopprettes på kortest mulig tid. Masteroppgaven vil bidra positivt med hensyn til oppnåelse av målsetningen ved at besvarelsen inneholder et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.

Vedlikeholdsorganisasjonen ved InnovaMar er lite robust og svært avhengig av enkeltpersoner. Imidlertid vil det sterke kontaktnettet som i løpet av de seneste årene er etablert mellom SalMar AS og NTNU gjennom ansettelse av flere ressurspersoner med utdannelse innen vedlikeholdsstyring kunne bidra til å gjøre vedlikeholdsorganisasjonen ved bedriften mer robust.

## 6 Infor EAM

Kapittelet formidler en presentasjon av SalMar AS sin bruk av moduler som inngår i vedlikeholdsstyringssystemet Infor EAM. I tillegg til å skape en bevisstgjøring overfor leseren i hvilken grad SalMar AS benytter modulene som inngår er hensikten å identifisere utfordringer knyttet til behandling av trommelmotorer i vedlikeholdsstyringssystemet.

Utfordringene identifisert og presentert i kapittelet er benyttet som grunnlag for utforming av tiltak som er planlagt implementert med hensikt å forbedre nåværende rutiner for behandling av trommelmotorer i Infor EAM, utbedret i Kapittel 10.2.

### 6.1 Infor EAM

Infor er et amerikansk selskap som satser globalt på utvikling, leveranse og oppfølging av databaserte bedriftsstyringssystemer. Selskapet har siden det ble grunnlagt i 2002 vokst til å bli en av verdens ledende leverandører av bedriftsstyringssystemer og fungerer per i dag som teknologipartner for mer enn 90.000 organisasjoner verden over [49].

Infor leverer styringssystemer til alle grener av organisasjonen tilpasset flere typer industrier. SalMar AS benytter et databasert styringssystem utformet spesielt for produksjonsbedrifter. Styringssystemet heter Infor Enterprise Asset Management, heretter omtalt som Infor EAM.

Infor EAM er i utgangspunktet et databasert system for vedlikeholdsstyring, levert på det norske markedet av Prevas. Hensikten er oppfølging av vedlikeholdsarbeidet til SalMar AS i henhold til IEC 60529. I tillegg skal Infor EAM bidra med hensyn til å sikre kontinuerlig og helhetlig kontroll over bedriftens verdier i henhold til «Asset Management» og tilknyttede aspekter definert i NS-ISO 55000-serien.

Systemet omfatter moduler med ulike funksjoner som samarbeider med hensikt å kunne forvalte bedriftens eiendeler på en effektiv måte. SalMar AS sin anvendelse av Infor EAM er i hovedsak basert på to moduler. Modulene og tilhørende nøkkelfunksjoner tilknyttet SalMar AS sin anvendelse er illustrert i Tabell 3.

Tabell 3 Sentrale moduler og nøkkelfunksjoner innen Infor EAM.

Modul	Nøkkelfunksjoner
<b>Reservedelsstyring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagre informasjon om segmenter, systemer, aktiva og andre eiendeler.</li> <li>• Definere eiendeler hierarkisk.</li> <li>• Inkludere spesifikasjoner, tegninger, garantiinformasjon, servicekontrakter, reservedeler, innkjøpsdato og forventet levetid.</li> <li>• Kontrollere flyten av reservedeler.</li> <li>• Generere innkjøpsordrer og administrere mottak av utstyr.</li> <li>• Registrere lagerinformasjon.</li> <li>• Generere automatiske bestillingspunkter.</li> </ul>
<b>Arbeidsordresystem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planlegge og registrere arbeidsordrer.</li> <li>• Generere arbeidsordrer manuelt eller automatisk.</li> <li>• Planlegge rutinemessig vedlikeholdsarbeid.</li> <li>• Administrere rutiner for forebyggende vedlikehold, inspeksjoner og andre arbeidsoppgaver.</li> <li>• Allokere ressurser.</li> <li>• Registrere kostnader.</li> </ul>

Infor EAM leveres i utgangspunktet med moduler tilstrekkelig med hensyn til tilfredsstillelse av samtlige steg i en forbedringsprosess knyttet til vedlikeholdsstyringen ved en bedrift – planlegge, utføre, forbedre, forandre. Imidlertid er modulene SalMar AS benytter i daglig drift kun tilstrekkelig med hensyn til tilfredsstillelse av de to første stegene.

Bakgrunnen for at SalMar AS kun benytter to moduler er ifølge vedlikeholdsledelsen dårlig oppfølging av Infor EAM fra Prevas. I tillegg til at tjenester og oppfølging fra Prevas sin salgsavdeling i Norge medfører store kostnader, oppleves Infor EAM som et vedlikeholdsstyringssystem med mye begrensninger. Flere funksjoner kunne med fordel vært implementert i SalMar AS sin daglige bruk av Infor EAM, dog må alle forbedringer og modifikasjoner i systemet utføres av Prevas.

Grunnet trommelmotorer som tema for oppgaven og tidsbegrensninger for oppgavegjennomføringen, havner forslag til forbedringer tilknyttet funksjoner i Infor EAM utenfor omfanget. Likevel er dette et forbedringsområde med stort potensial det kan være interessant å studere nærmere etter fullført masteroppgave.

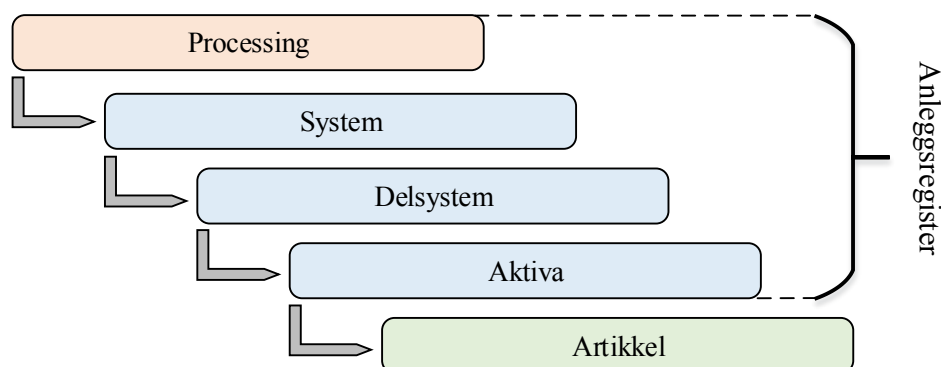
Påfølgende delkapitler beskriver i hvilken grad SalMar AS benytter seg av modulene i Infor EAM.



## 6.2 Reservedelsstyring

### 6.2.1 Anleggsregister

Anleggsregisteret i Infor EAM definerer segmenter, systemer og aktiva ved SalMar AS hierarkisk. Produksjonsanlegget ved InnovaMar havner innenfor segmentet «Processing». Segmentet er følgende øverste nivå i den hierarkiske definisjonen til fabrikk. Figur 6.1 viser hvilke nivåer anleggsregisteret ved InnovaMar er brutt ned i.

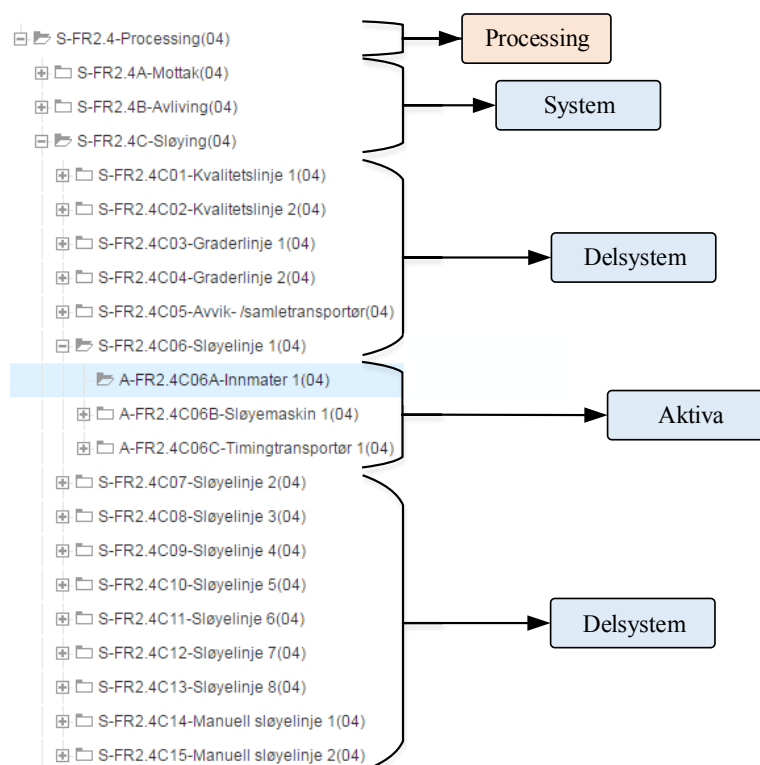


Figur 6.1 Anleggsregisteret er definert hierarkisk med hensyn til segmenter, system og aktiva.

Segmentet er videre delt inn i systemer på bakgrunn av laksens flyt gjennom fabrikk. Et system er i SalMar AS sitt tilfelle et område i fabrikk hvor laksen gjennomgår en spesifikk prosess. Eksempelvis er «Mottak», «Avliving» og «Sløyning» systemene som utgjør avdelingen for slaktning av laks.

Systemene i fabrikk består av én eller flere delsystemer, fortrinnsvis produksjonslinjer eller andre innretninger. Delsystemene er videre inndelt i aktiva. Skillet mellom delsystem og aktiva er ved InnovaMar noe diffus. Et aktivum kan være en produksjonslinje, transportør, maskin eller andre anleggsmidler installert i fabrikk og bestemt til varig bruk.

Figur 6.2 viser et skjermbilde fra anleggsregisteret i Infor EAM tilhørende segmentet «Processing».



Figur 6.2 Segmenter, systemer, delsystemer og aktiva er definert hierarkisk i Infor EAM.

Av Figur 6.2 fremkommer det at systemet «Sløyning» er bestående av 15 delsystemer. I området hvor laksen sløyes inngår det 10 sløyelinjer som opereres i parallell, hvorav hver sløyelinje er registrert som unike delsystemer i Infor EAM. Sammen med to kvalitetslinjer, to graderlinjer og én avviks- og samletransportør utgjør sløyelinjene systemet for «Sløyning».

Videre er delsystemet «Sløyelinje 1» bestående av tre aktiva: «Innmater 1», «Sløyemaskin 1» og «Timingtransportør 1». Samtlige aktiva er koblet opp mot tilknyttede reservedeler eller artikler som de betegnes som i Infor EAM. Artikkene er laveste nivå av hierarkiet ved InnovaMar, men inngår ikke direkte som en del av anleggsregisteret.

Systemet viser tilknyttede artikler ved å klikke på et aktivum i anleggsregisteret. Figur 6.3 viser noen av artikkene tilknyttet «Innmater 1».

Artikkel	Beskrivelse	Antall	Måleenhet
13638	113i Endelokk, Rear Flange Cast iron, FR0019-N, 61101062-N	1	STK
13660	Trommelmotor 113i, serienr. 4875167 0,225kw 2.p intra	1	STK
13661	Trommelmotor 113i, serienr. 4875171	1	STK
13663	Trommelmotor 113i, serienr. 4875169	1	STK
13678	113i Rør S/S gummiert Intralox S1600 z=16, BDS822, 400mm	1	STK
13816	Lodde krympehylse 2QMM CWT - 3803	308	STK
14311	trommelmotor 4875170	1	STK
14979	113i S/S Rør, Intralox S.1600 Z=16 Gummibredde 200mm, 52407233, BDS822	1	STK
14980	Trommelmotor 113i, S/S, 0,225 kW, 2-pol, Intralox S1600 Z=16, serienr. 4875174	1	STK
14981	Trommelmotor 113i 0,225kw 2p ser.nr. 4874550	1	STK
15110	Autofeed kaskade, 1425503100	2	STK
15244	Trommelmotor, Seriennummer 10013039	1	STK
15276	Strupeventil, COOGE0800	1	STK
15559	Banjo-drøvelektroventil, COK510818, Norgren strupebanjo Ø8mm-1/8"	1	STK

Figur 6.3 Et utdrag av artiklene tilknyttet «Innmater 1» i Infor EAM.

Av Figur 6.3 fremkommer det at samtlige artikler er definert med artikkelnummer, beskrivelse, antall og måleenhet. I tillegg er majoriteten av artiklene ved InnovaMar definert med følgende informasjon:

- Lagerplassering
- Lagerbeholdning
- Etterbestillingspunkt
- Leverandør
- Innkjøps- og ordrehistorikk
- Transaksjoner
- Hvor brukt

Ovenfor nevnte informasjon kan sees ved å klikke på artiklene i Infor EAM. Informasjon om «hvor brukt» benyttes til å knytte artikler opp mot aktiva. Flere typer artikler kan benyttes på ulike systemer og aktiva i fabrikkens. Figur 6.4 viser et eksempel på hvordan trommelmotor med artikkelnummer «14980» fra Figur 6.3 er knyttet opp mot åtte ulike aktiva. Da konfigureringen av innmaterne er identiske ved samtlige sløyelinjer, skal også samme type artikler benyttes. Følgelig kan samtlige trommelmotorer tilknyttet innmaterne også benyttes på de andre innmaterne innenfor systemet for sløyning av laks.

Artikkel 14980 Trommelmotor 113i, S/S, 0,225 kW, 2-pol, Intralox S1600 Z=16, serienr. 4875174

Søk i Alle artikler

14980 - Trommelmotor 113i, S  
Organisasjon: \*  
Klasse:  
Måleenhet: STK

Alle artikkelknytninger

Forekomst	Kode	Beskrivelse	Antall	Type	Kommentarer
(A) ▾	(A) ▾	(A) ▾	= ▾	(A) ▾	(A) ▾
Utstyr	FR2.4C06A	Innmater 1	1	Aktiva	Parallell
Utstyr	FR2.4C07A	Innmater 2	1	Aktiva	
Utstyr	FR2.4C08A	Innmater 3	1	Aktiva	
Utstyr	FR2.4C09A	Innmater 4	1	Aktiva	
Utstyr	FR2.4C10A	Innmater 5	1	Aktiva	
Utstyr	FR2.4C11A	Innmater 6	1	Aktiva	
Utstyr	FR2.4C12A	Innmater 7	1	Aktiva	
Utstyr	FR2.4C13A	Innmater 8	1	Aktiva	

Figur 6.4 En artikkel kan i Infor EAM knyttes opp mot flere aktiva.

Et godt strukturert anleggsregister kan medføre betydelige fordeler i vedlikeholdsarbeidet, spesielt for bedrifter med et omfang eiendeler og utstyr som SalMar AS forvalter. Anleggsregisteret kan også bidra til å minske risikoen for lengre produksjonsstopp. Når svikt av utstyr som fører til produksjonsstopp inntreffer er det eksempelvis effektivt å klikke seg inn på tilknyttet system eller et aktivum i anleggsregisteret for å kontrollere om reservedeler nødvendig for utførelse av korrigerende vedlikehold er lagerført.

Dersom en trommelmotor installert i «Innmater 1» svikter kan ansvarlig tekniker eksempelvis benytte anleggsregisteret til å finne tilknyttede artikler. Ved å klikke seg inn på «Innmater 1» i anleggsregisteret, får vedkommende opp et skjermbilde tilsvarende utklippet i Figur 6.3. Tekniker kan med en gang se hvilke trommelmotorer som kan benyttes i gjeldende aktiva. Ved å søke opp tilknyttet artikkelnummer kan systemet i tillegg vise lagerplassering samt antall artikler på lager. Et utklipp fra sistnevnte funksjon er vist i Figur 6.5.

Artikkel 14980 Trommelmotor 113i, S/S, 0,225 kW, 2-pol, Intralox S1600 Z=16, serienr. 4875174

Søk i Alle artikler

14980 - Trommelmotor 113i, S  
Organisasjon: \*  
Klasse:  
Måleenhet: STK

Hele lagerbeholdningen

Lagersted	Beskrivelse	Lagerplass	Ant. på lager	Måleenhet
(A) ▾	(A) ▾	(A) ▾	= ▾	(A) ▾
HLF	Hovedlager fabrikk	250-A3-A-18-A	1	STK

Figur 6.5 Ved å søke opp artikkelnummer i Infor EAM kan systemet vise lagerinformasjon.

Direkte involvering i prosedyrer og systemer tilknyttet vedlikeholdsstyring av trommelmotorer inkludert uttaksføring av reservedeler fra lageret har gitt inntrykk av at majoriteten av teknikerne ikke vet hvordan anleggsregisteret i Infor EAM kan benyttes til å finne ut hvilke artikler som er tilknyttet ulike aktiva. Med hensikt å illustrere overfor teknikerne hvordan anleggsregisteret enkelt kan benyttes til formålet er det utarbeidet en ettpunktsleksjon. Tiltaket er beskrevet i detalj i Kapittel 10.2.2.

## 6.2.2 Uttaksføring

Majoriteten av de lagerførte artiklene ved InnovaMar kan med bakgrunn i NORSOK Z-008 klassifiseres som operasjonelle reservedeler. Kjennetegn er relativt uregelmessig forbruk, samtidig som de kreves for opprettholdelse av drift –og/eller sikkerhetsmessige funksjoner ved produksjonsprosessen under normal levetid.

Bestillingspunktssystemet er lagermodellen som per i dag benyttes for håndtering av operasjonelle reservedeler, beskrevet i Kapittel 4.4.1. Samtlige operasjonelle reservedeler er i Infor EAM definert med et individuelt etterbestillingsnivå og en fastsatt ordrestørrelse. Figur 6.6 viser etterbestillingsinformasjon for en simmering tilhørende en bestemt type trommelmotor.

Artikkel 21471 Simmering, 45-58-7, 160178

Søk i Alle artikler

21471 - Simmering, 45-58-7,  
Organisasjon: 04  
Klasse:  
Måleenhet: STK

Alle lagersteder Redigere

Lagersted	Beskrivelse	Lagermetode	Maksimum ant	Ordre ant	Etterbestillingsnivå
HLF	Hovedlager fabrikk	Etterbestilling...	15	10	5

Figur 6.6 Operasjonelle reservedeler er definert med etterbestillingsnivå og ordrestørrelse.

Lagernivået overvåkes kontinuerlig ved at uttaksføring registreres i Infor EAM hver gang en reservedel tas ut av lageret. Systemet generer på ukentlig basis en rapport med en liste over artikler hvor lagernivået har underskredet etterbestillingspunktet. Simmeringen i Figur 6.6 vil påføres etterbestillingsrapporten i uken lagernivået underskrider fem artikler. Dersom bestillingsansvarlig godkjenner rapporten vil Infor EAM automatisk sende en bestilling til leverandør tilsvarende den fastsatte ordrestørrelsen, i dette tilfellet 10 artikler.

## 6.3 Arbeidsordrer

Hensikten med modulen for arbeidsordrer er administrering av bedriftens arbeid knyttet til vedlikehold. Alle ansatte i vedlikeholdsavdelingen har rettigheter til å generere arbeidsordrer. Imidlertid er vedlikeholdskoordinatorer ansvarlig for å generere, følge opp og avslutte arbeidsordrer tilknyttet sin avdeling.

Samtlige arbeidsordrer som genereres tildeles en planlagt startdato, sluttdato og prioritetsklasse. Prioritetsklassen avhenger av hvor kritisk utstyret er for sikkerhet og nedetid. Arbeidsordrer knyttes i tillegg opp mot aktiva. På så måte vet teknikerne hvilke arbeidsordrer som faller innenfor deres ansvarsområde.

Ansatte i teknisk avdeling er pålagt å registrere alle benyttede arbeidstimer i forbindelse med vedlikeholdsrelatert arbeid på en arbeidsordre i Infor EAM, fortrinnsvis med hensyn til rapportgrunnlag. I tillegg vil vedlikeholdsledelsen til enhver tid ha oversikt over omfanget arbeidstimer som benyttes på de ulike arbeidsprosessene.

Arbeidsordrer kan enten registreres manuelt i Infor EAM eller programmeres til og genereres automatisk basert på kalendertid. For å sikre at ressursforbruk og kostnader knyttet til vedlikeholdsarbeid registreres, skal alt vedlikehold, modifikasjoner og eventuelle avvik som avdekkes under inspeksjoner registreres i systemet. Arbeidsordrer som registreres manuelt kan både defineres som korrigerende og forbyggende vedlikehold.

Majoriteten av automatisk genererte arbeidsordrer programmeres på bakgrunn av kalendertid, historikk og tidligere korrektive hendelser.

Da SalMar AS per i dag nærmest ikke praktiserer tilstandsovervåking foruten inspeksjonsrunder og visuell inspeksjon, programmeres majoriteten av automatisk genererte arbeidsordrer på bakgrunn av kalendertid, historikk og tidligere korrektive hendelser. Figur 6.7 viser et skjermbilde fra arbeidsordremodulen i Infor EAM.

Arbeid...	Beskrivelse	Status	Prioritetsikon	Type	Utstyr	Utstyrbeskri...	Avdelli...
(A) ↓	(A) ↓	(A) ↓	(A) ↓	(A) ↓	(A) ↓	(A) ↓	(A) ↓
283248	Ukentlig kontroll og smøring av Frøyas dyptrekker	Utført		Forebyggende	FR2.4H00A	Vakuumpakker 1A, Dyptrekker 1A, Frøyas	FILET
283246	Sjekk fordampere og ising inne på fryserom	Avsluttet	2. Medium - Viker for	Arbeid fra FV	FR2.4K01K	Fordamper1 Fryselager	KULDE
283244	Sjekk av alt utstyr maskinrom og tankrom	Avsluttet	1. Høy - Absolutt tidsfrist	Arbeid fra FV	FR2.4K	Kuldeanlegg	KULDE
283243	Truck på frys pakk knekt hendel	Utført	Standard	Korrektiv	FR2.4L07A	Trucker	FELLES
283242	P7 Desipumpe 2 går ikke	Utført	Standard	Korrektiv	FR2.4L01...	P7 Desipumpe 2	FELLES
283241	TAW1 stoppet - ødelagt bånd	Utført	0. Akutt	Korrektiv	FR2.4D01F	Takeawayco... 2 C4.TAC210	SLAKT
283236	Ukentlig kontroll av skinnemaskin linje 3	Klar for tidplanlegging		Arbeid fra FV	FR2.4G01H	Skinne maskin linje 3	FILET

Figur 6.7 Utlipp fra arbeidsordremodulen i Infor EAM.

Arbeidsordrer av typen «Arbeid fra FV» i Infor EAM er automatisk genererte. Eksempelvis er arbeidsordren nederst i Figur 6.7, «Ukentlig kontroll av skinnemaskin linje 3», programmert slik at den automatisk opprettes på ukentlig basis. Av Figur 6.7 fremkommer det også at arbeidsordren er tilknyttet aktiva «Skinnemaskin linje 3» som videre faller innenfor ansvarsområdet til avdelingen for bearbeiding av laks eller «FILET» som den kalles i Infor EAM. «KULDE», «FELLES» og «SLAKT» i Infor EAM tilsvarer henholdsvis avdelingene for kulde, støtte og slaktning.

SalMar AS utretter et stort fokus på at menneskelige ressurser knyttet til vedlikehold i fabrikken allokeres mest mulig effektivt. Til formålet innehar arbeidsordremodulen en innboksfunksjon som benyttes aktivt. Samtlige teknikere disponerer en egen innboks i Infor EAM bestående av arbeidsordrer innenfor deres ansvarsområder. Hensikten er å gjøre informasjon om hvilke arbeidsordrer som skal prioriteres tilgjengelig for teknikerne på en enkel måte. I innboksen skal teknikerne til enhver tid ha ett eller flere bakenforliggende prosjekter som skal utføres i den tid det ikke foreligger arbeidsordrer med høyere prioritetsklasse. Figur 6.8 viser et skjermbilde fra innboksen til én av teknikerne tilknyttet avdelingen for bearbeiding av laks.

Arbeids- [A] ↓ [A] ↓	Beskrivelse	Status [A] ↓ [A] ↓	Prioritetsikon [A] ↓ [A] ↓	Type [A] ↓ [A] ↓	Utstyr [A] ↓ [A] ↓	Utstyrbeskrivels [A] ↓ [A] ↓	Avdeling [A] ↓ [A] ↓	Ansvarlig [A] ↓ [A] ↓	Planl. startdat [A] ↓ [A] ↓
286155	Ukentlig kontroll/vedlikehold av dyptrekkere	Planlagt	3. Lav - Viker for Pri 0 - 1 - 2	Arbeid fra FV	FR2.4H	Inneremballerin	FILET	HJ	13-MAI-2017
286131	Ukentlig kontroll/vedlikehold av filetmaskin	Planlagt	2. Medium - Viker for Pri 0 og 1	Arbeid fra FV	FR2.4F	Filetering	FILET	HJ	13-MAI-2017
285597	Biproduktdyptrekkere - formingsstasjon - defekte lager og tapper løftesystem	Planlagt		Forebyggend	FR2.4G11	Vakumpakker biprodukt Serie 1 100809	FILET	HJ	13-MAI-2017
283635	Gyrofryser 3 - montere deksel over styreskjerm (tilsvarende trimmemaskiner)	Planlagt		Forbedring / Modifikasjon	FR2.4H10E	Gyrobånd/fryser snr. 50402-13	FILET	HJ	02-MAI-2017
283634	Gyrofryser 2 - montere deksel over styreskjerm (tilsvarende trimmemaskiner)	Planlagt		Forbedring / Modifikasjon	FR2.4H07A	Gyrobånd/fryser (Mellomste)	FILET	HJ	02-MAI-2017
283184	Bytte aksling på øvre skillekniv Art.nr.10380	Pågår	Standard	Forebyggend	FR2.4F04C	Hodekappemas 4	FILET	HJ	11-APR-2017
281834	Rema-linjer - lage mobilt stativ oppheng bånd porsjonskutter + Portion-2-Pack	Planlagt		Forbedring / Modifikasjon	FR2.4H15	Skålpakkelinje -	FILET	HJ	02-MAI-2017
281716	Filetmaskin 5 - utskifting av slidedeler som påvirker bearbeiding av fisk	Planlagt		Korrektiv	FR2.4F07A	Filetmaskin 5	FILET	HJ	28-MAR-2017
281715	Filetmaskin 4 - utskifting av slidedeler som påvirker bearbeiding av fisk	Planlagt		Korrektiv	FR2.4F09A	Filetmaskin 4	FILET	HJ	28-MAR-2017

Figur 6.8 Samtlige teknikere har sin egen innboks i Infor EAM.

## 6.4 Konklusjon

Infor EAM har som hensikt å tilfredsstille samtlige steg i en kontinuerlig forbedringsprosess – planlegge – utføre – forbedre – forandre. SalMar AS utnytter systemet med hensyn til de to førstnevnte stegene, mens det for de to sistnevnte foreligger et forbedringspotensial. Infor EAM-programvaren består av flere funksjoner som ikke er i bruk hos bedriften og som potensielt kan implementeres med hensikt å optimalisere vedlikeholds- og reservedelsstyringen. Grunnet trommelmotorer som tema for oppgaven og tidsbegrensninger for gjennomføringen havner forslag til forbedringer tilknyttet funksjoner i Infor EAM utenfor masteroppgavens omfang. Dog er SalMar AS sin anvendelse av Infor EAM et

forbedringsområde med stort potensial det kan være interessant å studere nærmere etter fullført masteroppgave.

Vedlikeholdsevnen til en trommelmotorer påvirkes av hvor mye tid som medgår på å fremskaffe en trommelmotor med identiske spesifikasjon fra lageret når svikt inntreffer. En ettpunktsleksjon er utarbeidet med hensikt å etablere en bevisstgjøring overfor teknikerne hvordan anleggsregisteret i Infor EAM effektivt kan anvendes til formålet.



## 7 Trommelmotoren

Kapittelet beskriver trommelmotorens oppbygning og virkemåte samt funksjon og betydning for SalMar AS evaluert ut ifra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv. Videre inngår vedlikeholdsarbeid tilknyttet trommelmotorer opp mot Norsk Standard NS-EN 13306:2010 som en del av kapittelet. Kapittelet omfatter også en klassifisering av reservedeler tilknyttet trommelmotorer ved InnovaMar samt en diskusjon omhandlende sviktårsaker og sviktmekanismer utbredt ved produksjonsanlegget.

Flere av utfordringene identifisert i kapittelet er benyttet som grunnlag for utforming av tiltak som er planlagt implementert for å forbedre systemer og prosedyrer tilknyttet vedlikeholdsstyring av trommelmotorer. Noen av utfordringene som er identifisert er også benyttet som basis for generering av et rammeverk for utførelse av forebyggende vedlikehold av trommelmotorer med tyngde på tilstandsbaserte aktiviteter.

### 7.1 Beskrivelse

#### 7.1.1 Oppbygning

En trommelmotor er en enhet hvor motor, gir og øvrige komponenter nødvendig for generering av rotasjonskraft er omsluttet av en trommel. Trommelmotorer består av en synkron eller en asynkron elektrisk motor, men enheten omfatter også tilfeller hvor en hydraulisk motor benyttes.

Trommelmotorene som benyttes i produksjonslokalene ved InnovaMar er bestående av en type asynkronmotor kategorisert som kortslutningsmotor. Asynkronmotorer produseres både trefaset og enfaset. Beholdningen av trommelmotorer ved InnovaMar er i all hovedsak bestående av trefaset asynkronmotorer. Da masteroppgaven er avgrenset til kun å omfatte trommelmotorene som benyttes i produksjonslokalene ved InnovaMar, vil Kapittel 7 formidle en beskrivelse med hensyn til denne motortypen.

Asynkronmotoren tilføres trefaset strøm fra en strømforsyning via en strømkabel. Viklingene i stator er konstruert på en slik måte at det dannes et dreiefelt i motoren. Rotorviklingen består av en rekke uisolerte kobberstaver som ligger i aksielle spor langs rotoromfanget. Samtlige staver er kortsluttet med en omløpende kobbering i begge ender. Rotorviklingen er utformet som noe som kan minne om et bur, og er bakgrunnen for betegnelsen «squirrel cage» eller på norsk «burvikling» [50].

Motorens dreiefelt induserer vekselspanninger i rotorviklingene. På så måte dannes det rotorstrømmer som sammen med dreiefeltet fra stator tilfører rotor krefter og dreiemoment. Rotor, som er koblet sammen med girboksen via en aksling, roterer sammen med feltet. Girboksen er via en kobling festet til trommelrøret og slik skapes rotasjonskraft.

I produksjonsanlegg som ved InnovaMar må det tas spesielt hensyn til trommelmotorenes beskyttelse mot inntrengning av vann og faste partikler som for eksempel støv. Internasjonal standard IEC 60529 definerer IP-systemet (fra engelsk International Protection) som et system for å angi kapslingsgraden til trommelmotorer og annet elektrisk utstyr.

Kapslingsgraden består av to siffer, angitt slik at det første sifferet klassifiserer utstyrets beskyttelse mot faste partikler, mens det andre sifferet klassifiserer utstyrets beskyttelse mot inntrengning av vann. Tabell 4 illustrerer hvordan IEC 60529 definerer kravene for utstyr med kapslingsgrad «IP66» [51].

*Tabell 4 Krav til utstyr med kapslingsgrad «IP66».*

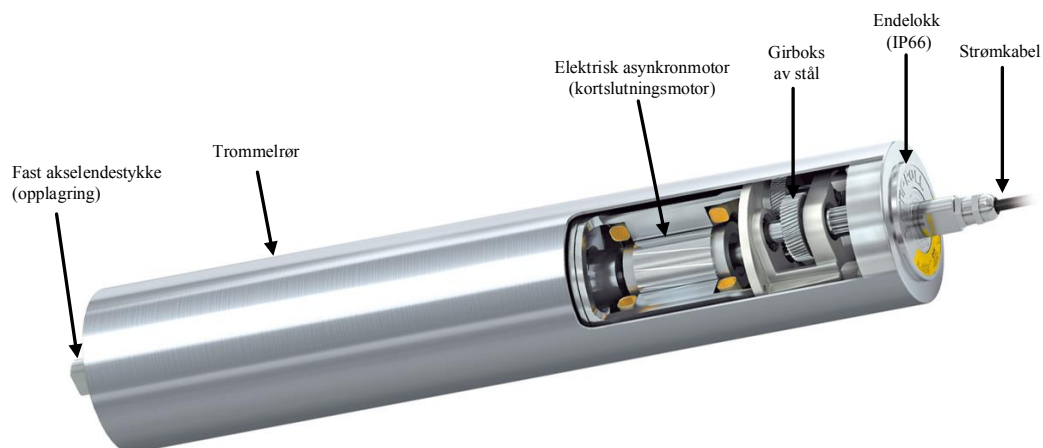
Kategori	Siffer	Beskrivelse
Faste gjenstander	6	Støvtett. Komplet beskyttelse mot støvgjennomtrengning.
Vann	6	Sterke vannstråler mot kapslingen skal ikke ha noen skadelig effekt, uavhengig hvilken retning strålene kommer fra.

Samtlige trommelmotorer i produksjonsanlegget ved InnovaMar er klassifisert med kapslingsgraden «IP66».

### 7.1.2 Konfigurasjon

Trommelmotorer har et forholdsvis vidt bruksområde og benyttes i alt fra transportbånd på flyplasser og dagligvarebutikker til transportbånd i matproduserende industrier. Ulike bruksområder stiller ulike typer krav. Eksempelvis er det i forbindelse med produksjon av fisk i oppdrettsnæringen strenge krav og reguleringer knyttet til hygiene. Da trommelmotorer er helt lukket, ikke krever vedlikehold under drift og har en glatt og ren profil uten noen utvendige deler eller ekstra utstyr, er det svært lite sannsynlig at den vil forurense fisk. Hensikten er i hovedsak effektivt å kunne operere transportbånd ved hjelp av én, helt lukket drivenhet. Motorene er robuste og driftssikre, samtidig som de er forholdsvis enkle å installere. Egenskapene gjør trommelmotorer optimal for anvendelse i oppdrettsnæringen.

Figur 7.1 viser den mest anvendte motortypen ved InnovaMar.



Figur 7.1 Trommelmotor av typen 138i, produsert av Interroll. Foto: Interroll.

Trommelmotorenes fastmonterte akselendestykker benyttes som opplagring mot produksjonslinjen motoren er installert i. Figur 7.2 viser hvordan en trommelmotor er opplagret i enden av et transportbånd ved hjelp av akselendestykkene. Trommelmotoren bør installeres på trekkside, spesielt ved drift av transportbånd av en størrelse tilsvarende majoriteten av båndene ved InnovaMar. På så måte sikres det at transportbåndet ligger jevnt og fint på produksjonsoverflaten. Dersom trommelmotor installeres i motsatt ende av transportbåndet slik at motor dytter båndet fra seg, kan det oppstå opphopinger på oversiden hvor fisken forflyttes.



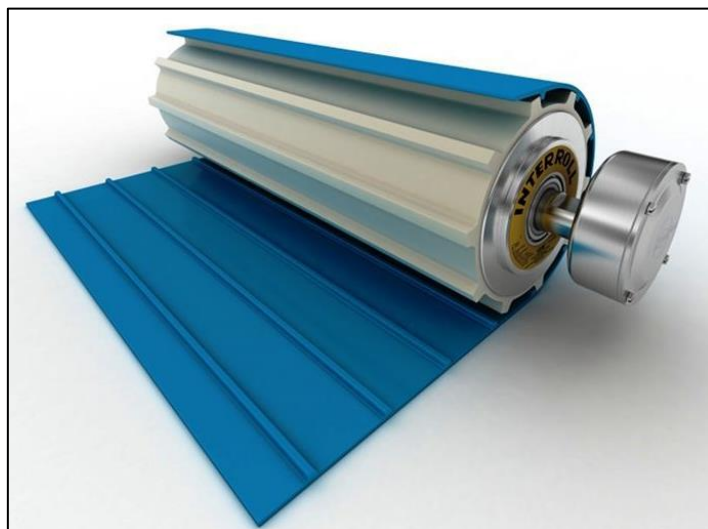
Figur 7.2 Trommelmotor konfigurert med transportbånd i en produksjonslinje. Foto: Interroll

Transportbåndene som benyttes i produksjonsanlegget ved InnovaMar er fortrinnsvis modulbånd og gummibånd. Modulbåndene er bygget opp av flere mindre plastmoduler ved hjelp av modulpinner mens gummibånd er heltrukne transportbånd bestående av ulike typer gummi.

For at transportbåndene skal kunne oppnå hastigheten som kreves, er det nødvendig med en friksjonskraft utover det trommelmotorens overflate i stål kan skape. For å oppnå tilstrekkelig med friksjon, limes det rundt trommelrøret et lag av gummi med spor som sammenfaller med mønsteret på

baksiden av transportbåndet. Gummilaget kalles for «vulking» og bestilles fra leverandør sammen med trommelmotor. Sporene til vulkingen kan tilpasses ulike typer transportbånd.

Figur 7.3 viser en trommelmotor med vulking og tilhørende transportbånd.



*Figur 7.3 Trommelmotor med vulking og tilhørende transportbånd. Foto: Interroll*

Som det fremkommer i figuren sammenfaller utformingen på transportbåndets bakside med mønsteret på overflaten av vulkingen. Slik sikres det at transportbåndet forflyttes i takt med trommelmotoren.

## **7.2 Trommelmotorer knyttet opp mot NS13306**

NS-EN 13306 definerer begrepene enhet, krevd funksjon, svikt, sviktmode, sviktårsak og sviktmekanisme. Begrepene kan relateres til hverandre ved at en enhets krevde funksjon er funksjoner som anses å være nødvendig for levering av en gitt tjeneste. Enheten i dette tilfellet er trommelmotoren. For at et transportbånd skal kunne utøve tiltenkt hastighet, er trommelmotorens krevde funksjon å rotere med en bestemt fart i en bestemt retning.

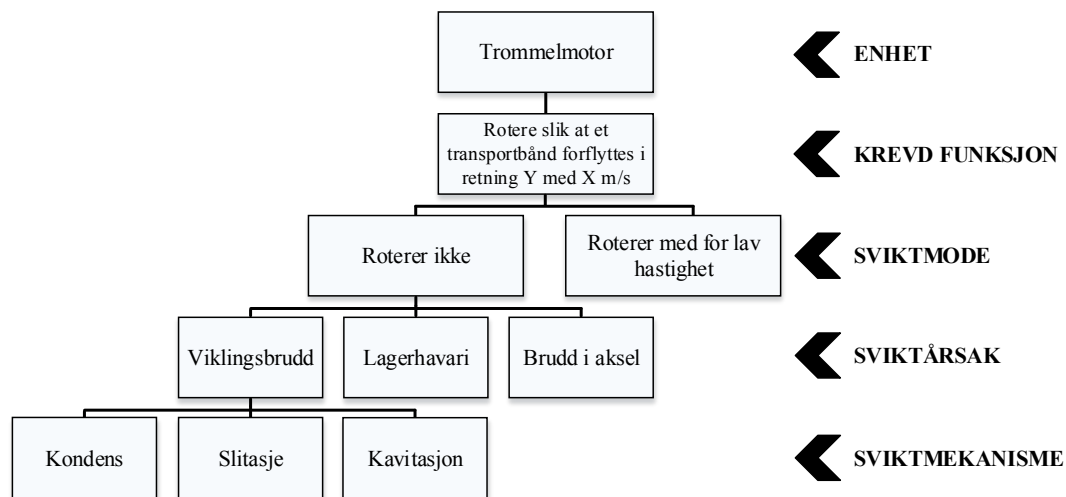
Svikt inntreffer ved at trommelmotoren mister sin mulighet til å utføre krevd funksjon. Måten svikt inntreffer på defineres som sviktmode. NS13306 definerer sviktmode som funksjonen som er mistet eller tilstandsovergangen som har funnet sted. Eksempler på sviktmoder for en trommelmotor kan være at den roterer med for lav hastighet, for høy hastighet eller ikke roterer i det hele tatt.

Sviktårsaker er forhold under spesifisering, utforming, framstilling, installering, bruk eller vedlikehold som fører til svikt. De mest kjente årsakene for at en trommelmotor ikke roterer ved InnovaMar er viklingsbrudd, oljelekkasje og lagerhavari.

Sviktmekanisme er fysiske, kjemiske eller andre prosesser som kan føre eller har ført til svikt. Eksempelvis kan sviktmekanismer bak et viklingsbrudd i stator være kondens eller slitasje på

komponenter med hensikt å tette trommelrør. Sviktårsaker og tilhørende sviktmekanismer knyttet til trommelmotorer er beskrevet nærmere i Kapittel 7.5.

Figur 7.4 illustrerer et svikthierarki knyttet til trommelmotorer hos SalMar AS.



Figur 7.4 Eksempel på svikthierarki knyttet til trommelmotorer.

IEC 60300 definerer driftssikkerhet som en enhets evne til å fungere når og slik det kreves. Egenskaper ved driftssikkerhet omfatter tilgjengelighet og påvirkende forhold som pålitelighet, vedlikeholdstilpasning og vedlikeholdsevne.

Påliteligheten til en trommelmotor er dens evne til å kunne forflytte transportbåndet i riktig retning med riktig hastighet over en gitt tidsperiode, under gitte drifts- og miljøforhold. Ved InnovaMar betraktes påliteligheten til en trommelmotor over den tid som er planlagt for produksjon og renhold, under de forhold som prosessene medfører i produksjonslokalet.

Vedlikeholdstilpasning er et mål for hvor effektivt en enhet lar seg vedlikeholde. Et måltall som ofte benyttes for å måle vedlikeholdstilpasningen er MTTR. Vedlikeholdstilpasningen måles i tiden fra ressursene nødvendig for vedlikehold er på plass, til enheten er klar for igangsetting. For trommelmotorer hos SalMar AS foregår det en utskiftning hver gang svikt inntreffer. Trommelmotorer som har sviktet skal gjennom en reparasjonsprosess. For å sikre at nedetiden blir kortest mulig, erstattes trommelmotoren som har sviktet av en annen ferdig reparert trommelmotor med identiske spesifikasjoner.

Vedlikeholdstilpasningen for trommelmotorer hos SalMar AS regnes i tiden fra teknisk avdeling er klar med nødvendig ressurser og utstyr, til trommelmotoren som har sviktet er erstattet med en ny trommelmotor og transportbåndet igjen er i drift. Faktorer som påvirker vedlikeholdstilpasningen for trommelmotorer er operasjoner som feilsøking, utskiftning, funksjonstesting og oppstart. Nedetiden er

avhengig av blant annet hvor enkelt det er å detektere feil, komme til for utskiftning av motor samt tilgang på tekniske spesifikasjoner.

Vedlikeholdsevne defineres som evnen til å fremskaffe ressurser med hensyn på å vedlikeholde en enhet. Et måltall for vedlikeholdsevnen er mean waiting time (MWT) eller på norsk «midlere ventetid». Faktorer som påvirker vedlikeholdsevnen er blant annet vedlikeholdsstrategi, prosedyrer for vedlikehold, kompetanse, tilgjengelighet på verktøy, lagerstyring og i hvilken grad vedlikeholdsavdelingen er organisert og fungerer. Vedlikeholdsevnen knyttet til trommelmotorer hos SalMar AS måles i tiden fra en svikt oppstår, til nødvendige ressurser er på plass for å påbegynne utskiftningen.

Om en trommelmotor skal gjennom en overhaling eller en reparasjon avhenger av dens tilstand i tidspunktet den tas ut av produksjonsprosessen. En overhaling defineres som et omfattende sett av forebyggende vedlikeholdstiltak som utføres for å opprettholde det påkrevde ytelsesnivået til en enhet. På så måte vil en overhalingsprosess kun være beskrivende for trommelmotorer som fortsatt utfører sin tiltenkte funksjon ved utskiftning.

For trommelmotorer ved InnovaMar er nærmest samtlige utskiftninger grunnet opphør av tiltenkt funksjon, det vil si at en trommelmotor ikke lenger er i stand til å forflytte det tilhørende transportbåndet med krevd hastighet. Ved disse tilfellene skal trommelmotorene tas ut av produksjonen og deretter gjennom noe SalMar AS også betegner som en overhalingsprosess. Imidlertid er prosessen bestående av fysiske tiltak som iverksettes med hensikt å gjenvinne en defekt enhet sin krevde funksjon, noe som i henhold til NS-EN 13306 defineres som en reparasjon.

Selv om prosessen betegnes som overhaling eller reparasjon basert på trommelmotorens tilstand under utskiftning, er prosedyrene som utføres ved SalMar AS identiske. Uavhengig om det er en overhaling eller reparasjon som utføres benyttes de samme reservedelene. Prosedyrer for overhaling og reparasjon av trommelmotorer er nærmere beskrevet i Kapittel 8.4.

### **7.3 Trommelmotorer ved InnovaMar**

Systemer og aktiva i produksjonsanlegget ved InnovaMar er per i dag preget av liten grad av standardisering. Bakgrunnen er at ulike prosesser i produksjonsanlegget krever ulike typer maskiner og utstyr med ulik utforming. Som et resultat er elementer i produksjonsprosessen sammensatt av maskiner og aktiva fra ulike leverandører, hvilket medfører liten grad av standardisering på enhetsnivå.

Utfordringen er den samme med hensyn til transportbånd, hvor utforming, diameter, lengde og utøvd hastighet varierer for hver enkelt prosess gjennom hele fabrikken. I tillegg varierer belastning i form av antall kilo produkt på transportbånd under produksjon.

Majoriteten av transportbånd ved avdeling for slakting av laks og avdeling for bearbeiding av laks ved InnovaMar er drevet av trommelmotorer. Trommelmotorene må skreddersys med hensyn til å kunne drive transportbåndene i henhold til spesifikasjonene. Likevel prøver SalMar AS å holde beholdningen av trommelmotorer standardisert i den grad det lar seg gjøre. Trommelmotorene som utgjør beholdningen hos ved InnovaMar faller innenfor «i-serien» til Interroll.

### 7.3.1 Interroll «i-serie»

Trommelmotorer innenfor Interroll sin «i-serie» er bestående av en asynkron kortslutningsmotor og har gir laget av stål. Et annet fellestrekk er at trommelmotorene er reversible i form av at rotasjon er mulig begge veier. Sistnevnte funksjon er imidlertid ikke i bruk i produksjonsprosessen ved InnovaMar, da laksen kun transporteres i én bestemt retning.

Interroll produserer også trommelmotorer bestående av asynkronmotorer med girboks av technopolymer (S-serien), så vel som trommelmotorer bestående av synkronmotorer med girboks av stål (D-serien). SalMar AS har tidligere hatt trommelmotorer av «S-serien» til Interroll. Grunnet betydelig dårligere levetidsegenskaper er disse nå byttet ut med trommelmotorer innenfor «i-serien».

SalMar AS operer per i dag trommelmotorer av fem ulike størrelser, hvorav samtlige inngår i «i-serien» til Interroll. Selv om beholdningen kun er bestående av én bestemt serie, varierer spesifikasjonene betraktelig.

Tabell 5 viser en oversikt over de mest sentrale spesifikasjonene for trommelmotorer som per i dag enten er i produksjonsprosessen eller er lagerført hos SalMar AS. Verdiene referer til drift på 50 Hz.

*Tabell 5 SalMar AS opererer per i dag fem ulike modeller trommelmotorer fra Interroll «i-serie».*

<b>Modell</b>	<b>Diameter</b> [mm]	<b>Trommel- lengde</b> [mm]	<b>Nominell effekt</b> [kW]	<b>Rotasjons- hastighet</b> [m/s]	<b>Antall poler</b> [stk]
<b>80i</b>	81,5	193,0 – 1093	0,033 – 0,120	0,100 – 0,980	2 – 4
<b>113i</b>	113,5	250,0 – 1400	0,058 – 0,370	0,048 – 1,515	2 – 12
<b>138i</b>	138,0	0,041 – 2,005	0,074 – 1,000	0,041 – 2,005	2 – 12
<b>165i</b>	164,0	400,0 – 1750	0,306 – 2,200	0,084 – 2,527	2 – 12
<b>217i</b>	217,5	400,0 – 1750	0,306 – 3,000	0,126 – 3,344	2 – 8

Som det fremkommer i tabellen sammenfaller navnet på modell med trommelmotorenes diameter. Andre spesifikasjoner som blant annet motorens nominelle effekt og antall poler varierer innenfor gitte modeller. Det samme gjelder for trommelrørets lengde og rotasjonshastighet.

Av overnevnte spesifikasjoner er det kun rotasjonshastigheten det er mulig å endre på etter at trommelmotoren er bestilt og mottatt fra leverandør. Rotasjonshastigheten kan endres ved justering av frekvensen på tilført strøm. Imidlertid kjøres majoriteten av trommelmotorene ved InnovaMar på 50 Hz, da det i henhold til momentkurvene til motorene gir best effekt.

Vulkingen som bestilles fra leverandør sammen med trommelmotor er et annet element det ikke er mulig å endre på uten utskiftning av trommelrør. Resultatet blir en beholdning av trommelmotorer bestående av en rekke ulike kombinasjoner av størrelse, effekt, hastighet, effekt, polpar og type vulking.

Eksempelvis genererte et søk på beskrivelsen «trommelmotor» i utstysregisteret i Infor EAM 473 treff, hvorav majoriteten av treffene tilsvarende en trommelmotor med en bestemt kombinasjon av spesifikasjoner. Et utklipp fra søket i Infor EAM er vist i Figur 7.5.

Artikkel	Beskrivelse	Måleenhet
(A) <input type="text"/>	(A) <input type="text" value="trommelmotor"/>	(A) <input type="text"/>
20810	Trommelmotor 113i 0,37 kW 2-pol 0,70 m/s 50 Hz 0,84 m/s 60 Hz. ser.nr 10010698	STK
20790	Trommelmotor snr. 10025537	STK
20789	Trommelmotor 138i, 0,37 Kw, 4-pol, ser.nr 10025539	STK
20691	Trommelmotor, serienr. 10427451	STK
20690	Trommelmotor, serienr. 10427450	STK
20667	Trommelmotor 80i, 0,12kW 2-pol, 0,75m/s, Habasit M1233, serienr. 11237179	STK
20638	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,35 m/s 50 Hz, serienr. 5047792	STK

Poster: 50 av 100+

Figur 7.5 Et søk på «trommelmotor» i utstysregisteret i Infor EAM genererte 473 treff.

Av Figur 7.5 fremkommer det også at informasjon tilgjengelig i utstysregisteret i Infor EAM knyttet til trommelmotorer er mangelfull, spesielt med hensyn til type transportbånd motoren er tilpasset bruk på. Da bestemte typer transportbånd er tiltenkt bestemte typer trommelmotorer, kan informasjon om førstnevnte i anleggsregisteret fungere som et beskrivende element for både trommellengde og type vulking.

Et forbedringstiltak masteroppgaven skal resultere i etablering av en standardisering knyttet til hvordan artikkelbeskrivelser tilknyttet trommelmotorer registreres i utstysregisteret i Infor EAM, både med hensyn til type informasjon og struktur. Dette er nærmere utbedret i Kapittel 10.2.

### 7.3.2 Trommelmotorens betydning for SalMar AS

Majoriteten av transportbånd ved avdeling for slakting av laks og avdeling for bearbeiding av laks ved InnovaMar er som tidligere nevnt drevet av trommelmotorer. Motorhavari i løpet av tiden som er



planlagt for produksjon vil medføre tap for bedriften, uansett hvilket transportbånd i fabrikkens som påvirkes.

Enkelte trommelmotorer i avdeling for slakting av laks har spesielt høy kritikalitet med hensyn til ivaretagelse av oppetid under planlagt produksjonstid. I tillegg til at all laksen skal gjennom slakteprosessen, består produksjonslinjen i avdelingen av flere transportbånd som utgjør 100 % av kapasiteten.

Avdelingen for slakting av laks har en kapasitet på slakting av ca. 150 laks per minutt. Avhengig av laksens størrelse utgjør antallet et volum i størrelsesorden 40 tonn per time. Gjennomsnittlig eksportpris for fersk, hel laks var 60,11 kroner per kilo i 2016 [52]. Dersom en svikt inntreffer disse trommelmotorene under produksjon, vil det medføre betydelige økonomiske tap for bedriften samt ekstra arbeid knyttet til håndtering av påfølgende endringer.

Avdeling for bearbeiding av laks består også av flere transportbånd som utgjør 100 % av kapasiteten i gitte produksjonslinjer. Både postrigor og prerigor produserer laks til kunder i henhold til kontrakter og det er på så måte kritisk med ivaretagelse av oppetid i tiden som er planlagt for produksjon. Dersom en svikt inntreffer for en av trommelmotorene vil det medføre nedetid for bearbeidingsprosessen. SalMar AS kompenserer vanligvis tapt driftstid ved å utvide produksjonstiden. Det kan også være nødvendig med produksjon i helgene for innhenting av tapt driftstid. Produksjon utenfor tid planlagt for produksjon vil medføre kostnader i form av driftskostnader og lønn.

Da trommelmotorer inngår som en svært sentral del av produksjonsprosessen ved InnovaMar er det avgjørende med veldefinerte prosedyrer for hvordan motorsvikt skal håndteres. Iverksettelse av forbedringstiltakene foreslått i masteroppgaven vil med stor sannsynlighet forbedre prosedyrene for håndtering av motorsvikt samt medføre at svikt inntreffer mindre hyppig.

## **7.4 Reservedeler**

Trommelmotorene hos SalMar AS ble i henhold til Figur 4.1 kategorisert som roterende reservedeler på bakgrunn av at de er forholdsvis komplekse komponenter, spores med individuelle serienummer og har dedikerte ressurser for reparasjon og overhaling.

Kjennetegn for komplekse systemer og komponenter, er at de ofte er sammensatt av flere typer reservedeler. Trommelmotorene ved InnovaMar består av både ikke-reparerbare reservedeler og reparerbare reservedeler.

Ikke-reparerbare reservedeler kan som tidligere beskrevet deles inn i forbruksreservedeler og forbruksmateriell. Forbruksreservedeler er standarddeler det ikke er økonomisk eller teknisk forsvarlig å reparere.

Forbruksreservedeler knyttet til trommelmotorene ved InnovaMar er:

- Trommelrør med vulking
- Rotor
- Aksling
- Girboks
- Endeløkk
- Akselendestykke
- Lager
- Ground sleeve
- Tetningsring
- Labyrinttetning
- Simmering
- Gummipakning
- Strømkabel
- Strømplugg
- Vinkelkobling



*Figur 7.6 Venstre: Ground sleeve (øverst) og labyrinttetning (nederst).*

*Høyre: Strømkabel med strømplugg.*

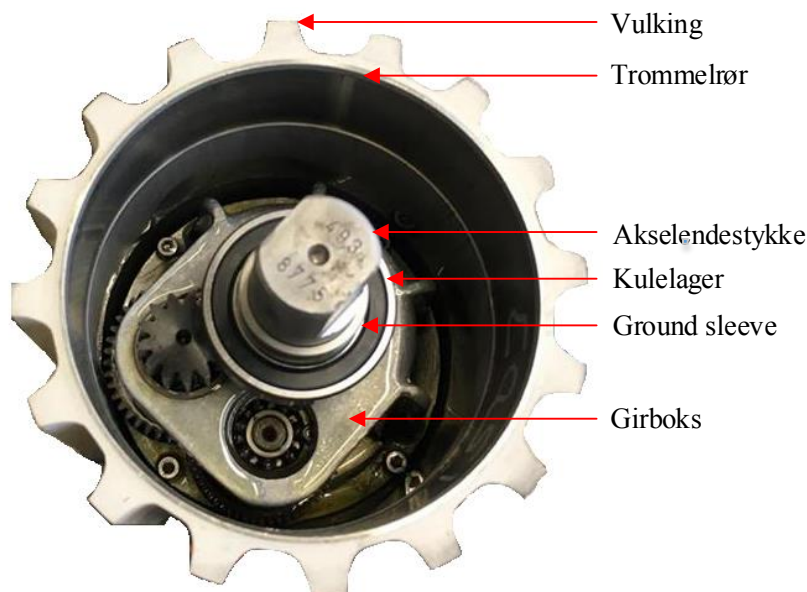
Trommelrøret avhenger som tidligere nevnt av størrelse på motor og bredde på transportbånd. Vulkingen er skreddersydd for ulike typer transportbånd og bestilles sammen med trommelrøret ferdig fabrikkert som én enhet. Trommelrør og vulking er vist i Figur 7.3.

Andre reservedeler som skreddersys med hensyn til diameter og lengde er rotor og aksling. Ved brudd eller skjevhet erstattes disse med tilsvarende reservedeler. Reparasjon utføres aldri og reservedelene kan følgelig betraktes som ikke-reparerbare.

Felles for trommelmotorer av «i-serien» til Interroll er at de leveres med girboks av stål. Størrelse på girboks tilpasses til diameter på trommelrør. I tillegg er antall tenner i tannhjul avhengig av hastighet på motor. Tannhjulene i girboksen er sammenkoblet på så måte at de overfører rotasjonskraft fra rotor til trommelrøret slik at det roterer. I tillegg til tannhjul, består girboksen av flere lager. Da både lager og tannhjul er utskiftbare fra girboks, kan det argumenteres for at girboks er en reparerbar enhet bestående av flere ikke-reparerbare reservedeler. Nåværende prosedyrer ved InnovaMar tilsier imidlertid at defekte girbokser kasseres og erstattes med en ny. Følgelig betrakter SalMar AS girbokser tilhørende trommelmotorer som ikke-reparerbare enheter.

Endeløkkene er som illustrert i Figur 7.1 montert på tverssidene av trommelrøret. Funksjonen er å «lukke igjen» trommelrøret og videre beskytte trommelmotoren mot inntrengning av vann og andre partikler. Akselendestykkene benyttes som opplagring mot maskinen trommelmotoren skal installeres i og er montert slik at de stikker ut av et sentrert hull på tverssidene av trommelrøret. Figur 7.7 viser en

trommelmotor hvor endelokket på girbokssiden er demontert. Trommelmotorens serienummer består av syv siffer og vises fra tverrsiden av akselendestykket.



Figur 7.7 Trommelmotor uten endelokk sett fra girsiden.

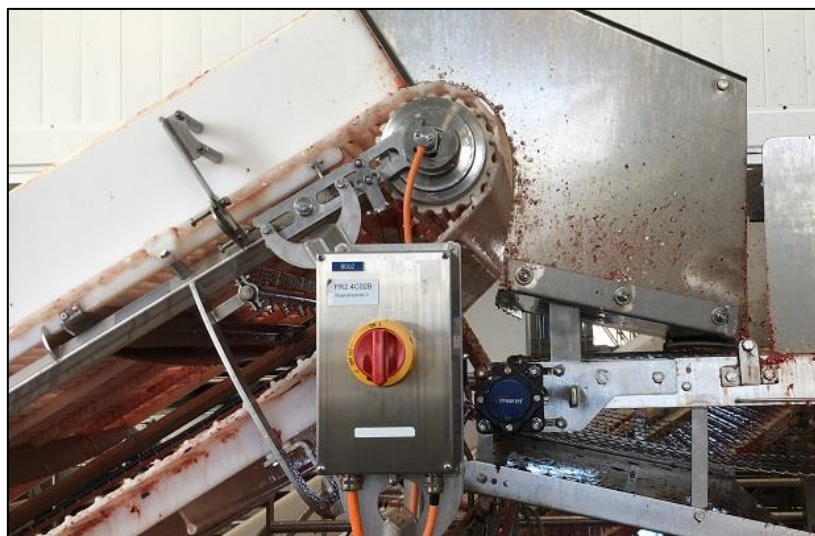
Som det fremkommer i figuren er det også kulelager på utsiden av girboksen. For å sikre at kulelageret ikke forflytter seg horisontalt under drift er det viktig at det sitter stramt rundt akselendestykket. En ground sleeve er en ring i rustfritt stål som pålimes utsiden av kulelageret. Hensikten er å beskytte delen av akselendestykket som forblir inne i trommelrøret etter at endelokket er pålimt.

En labyrinttetning benyttes for å hindre lekkasje av olje mellom akselendestykket og endelokk. Labyrinttetningen plasseres rundt ground sleeve og skal ligge presset mot endelokket når det limes på. «Labyrinten» består av flere sammensatte riller av ulik utformingen. Hensikten er å skape utfordringer for oljen som må passere gjennom en lang og vanskelig bane for å unnsnippe. Både ground sleeve og labyrinttetning er avbildet i Figur 7.6.

For å gjøre tverrsiden av trommelrøret helt tett er det montert en simmering mellom akselendestykket og endelokk. Hensikten er ivaretagelse av kapslingsgraden ved at vann og andre partikler hindres i å trenge inn i trommelmotoren.

Trommelmotoren er på tverrsiden av trommelrøret som ikke vises i Figur 7.7 tilkoblet trefaset strøm via en strømkabel. Strømkabelen tilfører trommelmotoren strøm gjennom en åpning i endelokket. Videre er åpningen tettet ved bruk av tetningsringer. Den andre enden av strømkabelen er ved InnovaMar koblet til en frekvensomformer via en sikkerhetsbryter. Hensikten med sikkerhetsbryteren er å kunne bryte strømtilførselen til trommelmotor i forbindelse med vedlikehold og på så måte forhindre utilsiktet innkobling.

For å samle alle ledningene i strømkabelen i ett punkt og på så måte gjøre det enklere å koble strømkabelen inn og ut av stator benyttes det en strømplugg. En vinkelkobling benyttes for å lede strømkabel i hensiktsmessig retning ut av trommelmotor. Figur 7.8 viser strømsiden av trommelmotor samt tilhørende sikkerhetsbryter.



*Figur 7.8 Samtlige trommelmotorer ved InnovaMar er installert med en dedikert sikkerhetsbryter.*

Felles for overnevnte forbruksreservedeler er at det er 100% utskiftbare komponenter. For å kunne utføre reparasjon av trommelmotorer etter at svikt har inntruffet er det nødvendig at komponentene er tilgjengelig på lager, et område hvor SalMar AS per i dag opplever utfordringer. Årsaken er i hovedsak er at det aldri ble foretatt noen risikovurdering innledningsvis da produksjonsanlegget var ferdigstilt.

Et tiltak som er planlagt implementert med hensyn til å definere optimal lagerbeholdning samt etterbestillingspunkt for forbruksreservedeler tilknyttet trommelmotorer er utførelse av risikovurderinger. En nærmere utdypelse inngår i Kapittel 10.3.

Forbruksmateriell er råmaterial eller kjemisk material som benyttes i forbindelse med reparasjon og overhaling, og som ikke kan tas ut av prosessen. Forbruksmateriell som benyttes er olje og fastholdingsmasse. Olje med hensyn til smøring av komponenter i trommelmotor og fastholdingsmasse for sammenliming av overflater samt tetting av trommelrør. Lagermodellen som anvendes for håndtering av forbruksmateriell er et KANBAN-system, implementert av undertegnede høsten 2016.

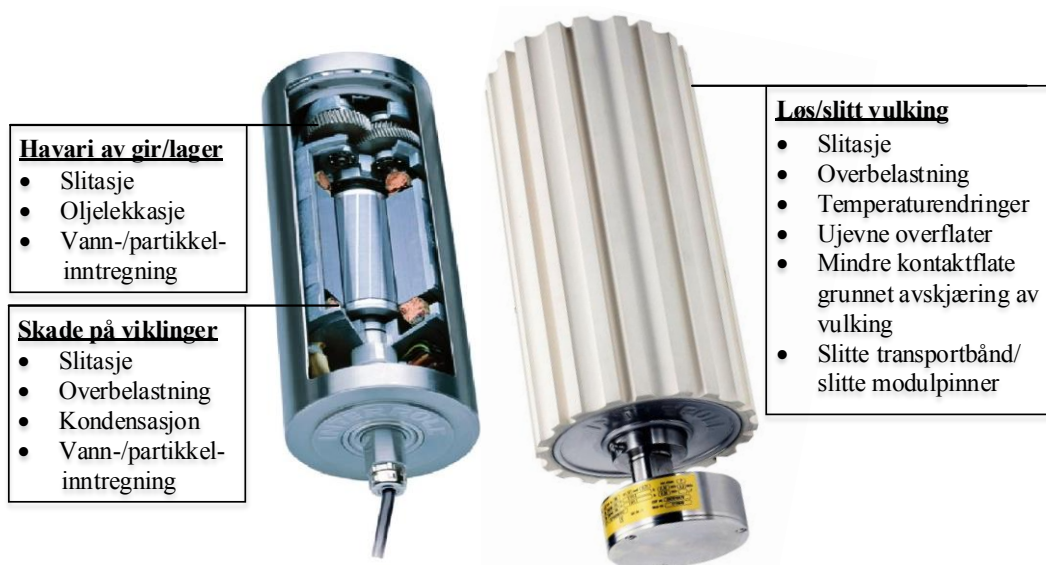
Stator er eneste reservedel tilknyttet trommelmotor som i henhold til Figur 4.1 kan klassifiseres som reparerbar. Imidlertid er reparasjon av stator en svært tidkrevende prosess som i tillegg krever spesialutstyr og -kompetanse. SalMar AS har nylig endret rutine fra bestilling av en ny stator fra Interroll hver gang en svikt har inntruffet til outsourcing av reparasjon til et annet selskap med spesialisering innen denne type vedlikehold. Tilholdsstedet til det eksterne selskapet som reparerer

statorer er i Litauen. Leveringstiden er dermed høy og for å kunne utføre reparasjon av trommelmotorer etter at svikt har inntruffet er SalMar AS avhengig av å ha flere statorer av samme type lagerført.

Lagerføring av statorer er et annet område det er knyttet utfordringer til ved SalMar AS. På nåværende tidspunkt er system for å kontrollere at riktig type stator er på lager ved behov fraværende. Risikovurdering med hensyn til å definere optimal beholdning av statorer er et annet forbedringstiltak som skal iverksettes.

## 7.5 Sviktårsaker

Svikt av et transportbånd ved InnovaMar kan ha flere bakenforliggende årsaker. Termisk ekspansjon av transportbånd på grunn av endring i temperatur, fastkjøring av transportbånd i omkringliggende elementer, brudd i transportbånd på grunn av slitasje eller plutselige hendelser og kortslutning av strøm kan alle være sviktårsaker. Basert på erfaringer fra opphold hos SalMar AS og samtaler med vedlikeholdssjef Ole Meland, kan det likevel fastslås at majoriteten av stopp på transportbånd er forårsaket av svikt i trommelmotor. Figur 7.9 viser de mest utbredte sviktårsakene og tilhørende sviktmekanismer for trommelmotorer ved InnovaMar.



Figur 7.9 Utbredte sviktårsaker og tilhørende sviktmekanismer for trommelmotorer ved InnovaMar.

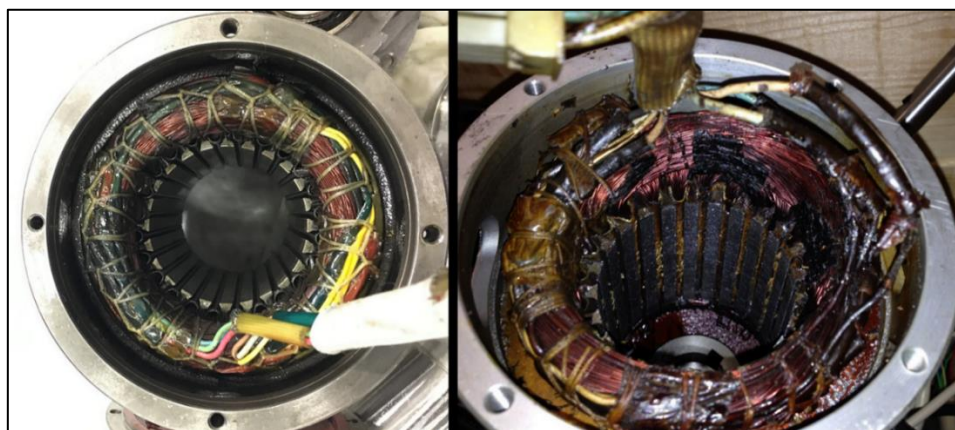
På bakgrunn av erfaringer fra InnovaMar og samtaler med sentrale personer i Interroll Norge, kan skade på viklinger i stator fastslås å være årsaken som hyppigst fører til svikt for trommelmotorer. Mekanismen som i størst grad fører til denne type svikt er inntrenging av vann.

Samtlige trommelmotorer ved InnovaMar er kategorisert med kapslingsgrad «IP66» og skal følgelig være rustet mot renholdet som på daglig basis utføres ved fabrikken. Renholdet antas ikke å være hovedgrunnen for at vann trenger inn i trommelmotor.



Trommelmotorene ved InnovaMar startes og stoppes minimum to ganger i løpet av en produksjonsdag med to skift. Tilført energi som under drift ikke konverteres til rotasjonskraft slippes ut i form av varme. Resultatet blir at blant annet oljen i det lukkede trommelrøret varmes opp og det genereres et høyere trykk. Etter endt produksjon stoppes trommelmotoren og oljen kjøles ned. Trykket inne i trommelrør faller. Da trommelmotorene i produksjonsanlegget ved InnovaMar konstant opererer i et fuktig klima kan kondensasjon føre til at vann trenger inn i trommelrør. Selv om det er minimalt med vann som trenger inn som følge av kondensasjon, vil en slik «snikende» vanninntrenging etter tid skape problemer. Driftsprofilen til produksjonsanlegget og det konstant fuktige klimaet i fabrikken gjør prosessen vanskelig å gardere seg mot.

Vann har betraktelig lavere kokepunkt enn olje. Store mengder vann blandet med smøreoljen i trommelrør kan følgelig medføre brannskader som følge av viklingsbrudd i stator. Bildet til høyre i Figur 7.10 viser en typisk situasjon hvor inntrenging av vann i trommelrør har forårsaket viklingsbrudd og brente strømledninger. Til venstre i figuren er en «frisk» stator.



*Figur 7.10 Inntrenging av vann i trommelrør kan medføre betydelige skader.*

Overbelastning er en annen sviktmekanisme som kan forårsake termiske skader i trommelmotor. Dersom en trommelmotor belastes med større moment enn hva den er designet for kan det medføre viklingsbrudd i stator. Imidlertid er de fleste trommelmotorer ved InnovaMar konfigurert med termobryter i frekvensomformer. Hensikten er å bryte strømtilførsel dersom temperaturen inne i trommelrøret blir for høy. Likevel kan temperaturen bli så høy at effekten til smøreolja svekkes uten at termobryter reagerer.

En annen sviktårsak som skaper utfordringer for SalMar AS er løsning av fastholdingsmassen mellom trommelrør og vulking. Sviktmekanismene kan være flere og sammensatte. Slitasje over tid, store belastninger på motor, temperaturendringer, ujevne overflater på trommelrør og dannelse av porer i metallet ved tilføring av varme er alle mekanismer som kan føre til at fastholdingsmassen blir mindre motstandsdyktig. To førstnevnte mekanismer kan også resultere i at sporene i vulkingen slites. For at transportbånd skal kunne forflyttes med hastigheten som kreves uten å overbelaste trommelmotor må

sporene i vulkingen sammenfalle med utformingen på transportbåndets bakside. Dersom sporene i vulkingen slites ned vil det ikke være tilstrekkelig med friksjonskraft mellom trommelrør og transportbånd.

For modulbånd som er bygget opp av moduler festet sammen ved hjelp av modulpinner vil vulking med slitte spor føre til at pinnene raskere slites ut. På samme måte vil slitte modulpinner føre til at sporene i vulkingen slites.

Havari av komponenter inne i trommelrør som girboks og lager er en annen sviktårsak utbredt ved InnoMar. Sviktmekanismene er i hovedsak mangel på smøring, fortrinnsvis grunnet slitasje, oljelekkasje eller inntrenging av vann og andre partikler. Bakgrunnen for oljelekkasje er i hovedsak slitasje på slitedeler som simmering, labyrinttetning eller gummitetning. Slitasje på komponenter som har til hensikt å tette trommelrør kan også føre til inntrenging av vann og andre partikler. Tilgrising i form av uønsket partikkelinnhold forurenses oljen og kan følgelig skade komponenter inne i trommelrør.

En annen sviktårsak for trommelmotorer kan være brudd i aksling. Akslingsbrudd kan forekomme av plutselige kraftendringer eller inntrenging av større partikler, men er ikke en utbredt sviktårsak ved InnoMar.

## **7.6 Konklusjon**

Et tiltak som anses som nødvendig for på lengre sikt å opprettholde en oversikt over SalMar AS sin beholdning av trommelmotorer er implementering av en standardisering knyttet til hvordan artikkelbeskrivelser tilhørende trommelmotorer registreres i utstyrsregisteret i Infor EAM, både med hensyn til type informasjon og struktur. Standardisering av artikkelbeskrivelser vil medføre tidsbesparelse for vedlikeholdspersonellet i form av at spesifikasjoner blir søkbare og på så måte enkel å finne. Dette er nærmere beskrevet i Kapittel 10.2.1.

Gjennomføring av risikovurderinger anses som nødvendig for å kunne definere optimal lagerbeholdning for forbruksreservedeler tilknyttet trommelmotorer samt statorer. Tiltak som er planlagt implementert med hensyn til forbedring av prosedyrer tilknyttet reservedelsstyring av trommelmotorer er utdypet nærmere i Kapittel 10.3.

Masteroppgaven skal etter planen utarbeide et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer, fortrinnsvis med løsninger innenfor tilstandsbasert vedlikehold. Da skade på viklinger i stator er sviktårsaken som hyppigst fører til svikt av trommelmotorer ved InnoMar, er det nettopp stator det er mest hensiktsmessig å utvikle et system for tilstandsovervåking av. Systemet er beskrevet i detalj i Kapittel 11.

## **8 Vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS**

Kapittelet formidler en beskrivelse av SalMar AS sin vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer inkludert prosedyrer for forebyggende vedlikehold samt rutiner for korrigerende vedlikehold. Kapittelet omfatter videre en evaluering av bedriftens systemer og prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer. I tillegg inngår en evaluering av reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer som en del av kapittelet.

### **8.1 Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer**

SalMar AS sin nåværende vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer følger i hovedsak en «run to failure»-strategi. Ved en produksjonsbedrift med inntjening som SalMar AS vil produksjonsstopp for utførelse av forebyggende vedlikehold aldri være lønnsomt. Trommelmotorer utgjør en svært sentral del av produksjonsprosessene ved InnovaMar. I tillegg krever alt av vedlikehold som på nåværende tidspunkt utføres på trommelmotorer at produksjonsprosessen stoppes. Følgelig er SalMar AS sin vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer preget av en svært høy andel korrigerende vedlikehold.

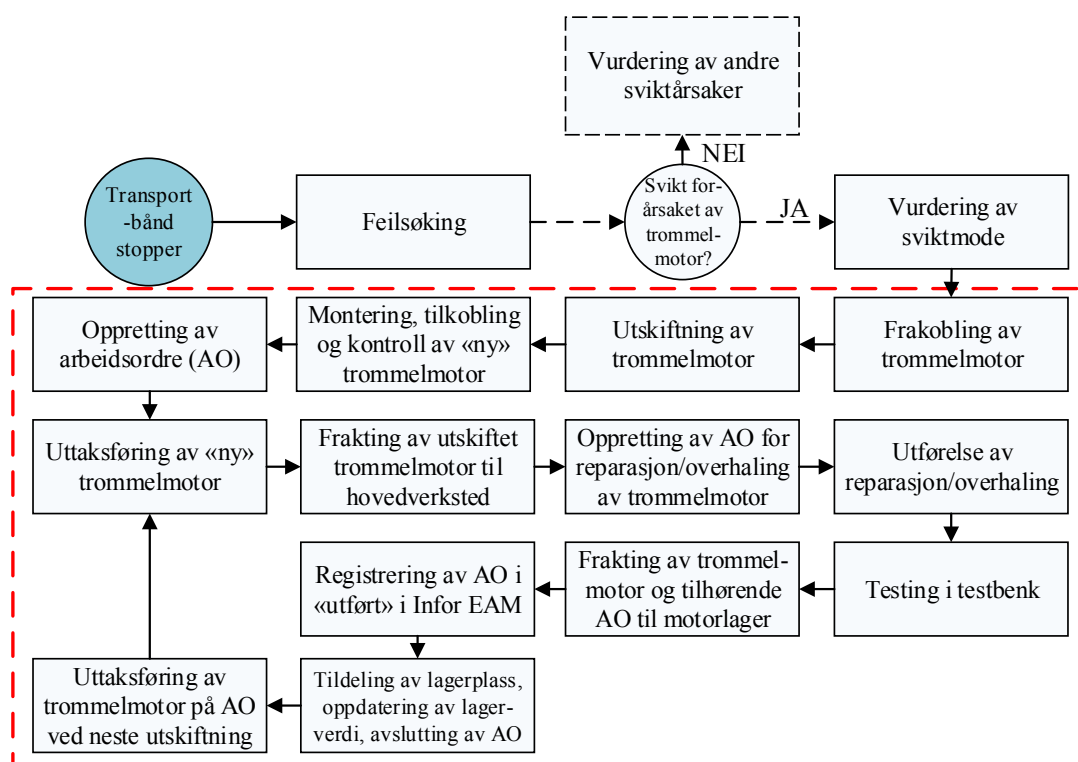
Imidlertid forekommer det også situasjoner hvor det utføres forebyggende tiltak knyttet til trommelmotorer. Forebyggende vedlikehold av trommelmotorer utføres i hovedsak som følge av inspeksjonsrunder og visuell inspeksjon. Eksempelvis kan det i forbindelse med visuell inspeksjon oppdages at fastholdingsmassen mellom vulking og overflaten av trommelrør er i ferd med å løsne. Dersom trommelmotoren er kritisk med hensyn til at den bærer 100 % av kapasiteten til produksjonslinjen, kan det etter endt produksjon utføres forebyggende tiltak i form av utskiftning. For mindre kritiske trommelmotorer kan det korrigerende vedlikeholdet planlegges ved å kontrollere at alle nødvendige reservedeler er lagerført. Ved mangler kan reservedelene bestilles opp slik at vedlikeholdsevnen til trommelmotoren forbedres.

SalMar AS opplever per i dag utfordringer knyttet til å ha fastsatte rutiner for inspeksjon av trommelmotorer, fortrinnsvis grunnet kapasitetsbegrensninger samt andre prioriteringer. Dermed er det svært sjeldent feil på en trommelmotor oppdages før svikt inntreffer. Som et resultat er nåværende vedlikeholdsstrategi knyttet til trommelmotorer i hovedsak basert på en «run to failure»-strategi og utførelse av korrigerende vedlikehold i form av reparasjon.

### **8.2 Overordnede prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer**

For trommelmotorer gjelder de samme prosedyrene uavhengig om det utføres forebyggende vedlikehold i form av overhaling eller korrigerende vedlikehold i form av reparasjon. Figur 8.1 viser en bearbejdet modell for overordnede prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS.





Figur 8.1 Overordnede prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS.

Aktivitetene innenfor den røde rammen i Figur 8.1 danner på overordnet basis grunnlaget for det korrigerende vedlikeholdet som utføres av trommelmotorer. Uavhengig av type vedlikehold som utføres, skal trommelmotorer ifølge bedriftens vedlikeholdsstrategi frakobles, tas ut av produksjonsprosessen og erstattes med en «ny». En «ny» trommelmotor er en trommelmotor som er ny fra leverandør eller lagerført som følge av en reparasjon eller overhaling.

Etter at trommelmotor er erstattet skal det opprettes en arbeidsordre (AO) i Infor EAM. «Ny» trommelmotor uttaksføres fra lageret og registreres på den tilhørende arbeidsordren. Trommelmotor som skiftes ut fraktes til hovedverksted hvor den basert på sin tilstand skal repareres eller overhales. En arbeidsordre med informasjon om trommelmotorens serienummer genereres i Infor EAM. Figur 8.2 viser et en arbeidsordre tilknyttet korrektivt vedlikehold av en sviktet trommelmotor med serienummer «100907».

The screenshot shows a software interface for a work order. At the top, it says 'Arbeidsordre 282800 overhale trommelmotor sn.: N 100907'. Below this are several tabs: 'Detaljvisning' (selected), 'Kommentarer', 'Aktiviteter', 'Registrer arbeid', 'Registrer leverandørtimer', and 'Stenging'. The main form has the following fields and values:

- Arbeidsordre: 282800
- Utstyr: FR2.4B03A
- Type: Korrektiv
- Avdeling: SLAKT
- Lokasjon: (empty)
- Status: Utført
- overhale trommelmotor sn.: N 100907 (highlighted with a red box and arrow)
- Fordelingsbånd før Helixtanker (highlighted with a red arrow)
- Feilkode: MEK
- Aksjonskode: REP
- Årsakskode: BRUDD
- Prioritet: 1. Høy - Absolutt tidsfri (highlighted with a red arrow)
- Kostnadskode: 66305
- Overordnet arbeidsordre: (empty)
- Stopptid, timer: (empty)
- EQS avvik nr.: (empty)
- Arbeidsrekkefølge: (empty)

Figur 8.2 Arbeidsordre knyttet til reparasjon av defekt trommelmotor.

Som det fremkommer i Figur 8.2 er defekt trommelmotor i arbeidsordren tilknyttet fordelingsbånd for helixtanker, et aktivum tilhørende avdeling for slakting av laks. Utførelse av vedlikeholdet faller dermed innenfor ansvarsområdet til teknikere med tilhørighet i denne avdelingen.

Fordelingsbåndet før helixtankene er et av transportbåndene i avdelingen som utgjør 100% av kapasiteten. Svikt av tilhørende trommelmotor medfører full produksjonsstopp. I tillegg finnes det ved InnovaMar kun én trommelmotor med identiske spesifikasjoner i lagerbeholdningen. Prioritetsklassen til arbeidsordren er dermed satt til å være «høy».

Arbeidsordren skrives ut og legges sammen med trommelmotoren som er skiftet ut på hovedverksted hvor den skal repareres eller overhales. Eksisterende rutiner knyttet til reparasjon og overhaling av trommelmotorer er beskrevet videre i Kapittel 8.4.

Etter at trommelmotoren er ferdig reparert eller overhaldt, skal den sammen med tilhørende arbeidsordre plasseres på lagerrommet hvor motorer lagerføres. Utførende tekniker er ansvarlig for registrering av status til «utført» i Infor EAM.

Ansvarlig person på det tekniske lageret skal videre tildele lagerplass til trommelmotor, både i Infor EAM og fysisk på lageret. For å gjøre det enklere for teknikerne å finne igjen trommelmotoren neste gang den skal settes inn i produksjonen, påføres artikkelnummeret med tusj på motorens endelokk. Siste steg er at ansvarlig person på det tekniske lageret oppdaterer lagerbeholdning i Infor EAM samt avslutter tilhørende arbeidsordre. Trommelmotoren ligger nå lagerført, hvilket medfører at lagerplassering kan spores i Infor EAM ved neste utskifting.

Med hensyn til ivaretagelse av oppetid for produksjonsprosessen er det hensiktsmessig med en beholdning bestående av minimum to trommelmotorer av motortypene som opereres i fabrikk – én i

drift og én på lager. For trommelmotorer tilhørende transportbånd som opererer i parallell bør minimum beholdning være antall motorer i parallell pluss én. Dog finnes det unntak. Eksempelvis bør det for trommelmotorer tilhørende sløyemaskinene hvor ti identiske motorer operer i parallell, foreligge mer enn én ekstra trommelmotor lagerført.

SalMar AS opplever fortsatt tilfeller hvor trommelmotorer svikter og det ikke finnes noen erstatning med identiske spesifikasjoner på lager. I hovedsak er dette trommelmotorer som ikke har blitt erstattet siden InnovaMar ble ferdigstilt i 2010. utfordringen er at disse ikke er registrert i Infor EAM. For å handle proaktivt og bestille opp trommel motorene før svikt inntreffer, må de identifiseres ved hjelp av inspeksjonsrunder. I tillegg bør det utføres risikovurderinger med hensyn til å finne optimal lagerbeholdning for samtlige trommelmotorer som opereres i fabrikken.

Bedriften har de senere årene rettet et større fokus mot lagerføring av trommelmotorer med mål om alltid å ha en erstatning tilgjengelig når motorsvikt inntreffer. Imidlertid har bestillingene i stor grad blitt gjort reaktivt, etter at svikt har inntruffet.

### **8.3 Prosedyrer for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer**

Forebyggende vedlikehold som utføres i forbindelse med trommelmotorer ved InnovaMar er overhaling. SalMar AS utfører per i dag ikke noen form for tilstandsmåling av trommelmotorer annet enn inspeksjonsrunder og visuell inspeksjon. Hensikten er avdekking av potensielle sviktårsaker som er mulig å detektere visuelt mens produksjonen pågår, fortrinnsvis oljelekkasje og vulking som har løsnet fra trommelrør. I tillegg er det også tilfeller hvor elektrisk resistans i viklinger samt strømtrekk har blitt målt for kontroll av tilstand på stator.

Imidlertid er det ingen faste rutiner for inspeksjonsrundene knyttet til trommelmotorer. Slik som situasjonen er per i dag, utføres inspeksjonsrundene nærmest på tilfeldig basis og ikke i henhold til noen plan. Prosedyrer for hva inspeksjonsrundene angår er fraværende, både knyttet til tidspunkt de skal utføres og hvilke trommelmotorer som skal kontrolleres. Hovedårsaken er tids- og kapasitetsbegrensninger samt andre prioriteringer. Under produksjon benyttes ressurser i stor grad til korrektiv beredskap og andre pågående prosjekter. I helgene det ikke er produksjon er det annet forebyggende vedlikeholdsarbeid som prioriteres av de tre-fire teknikerne som er på jobb.

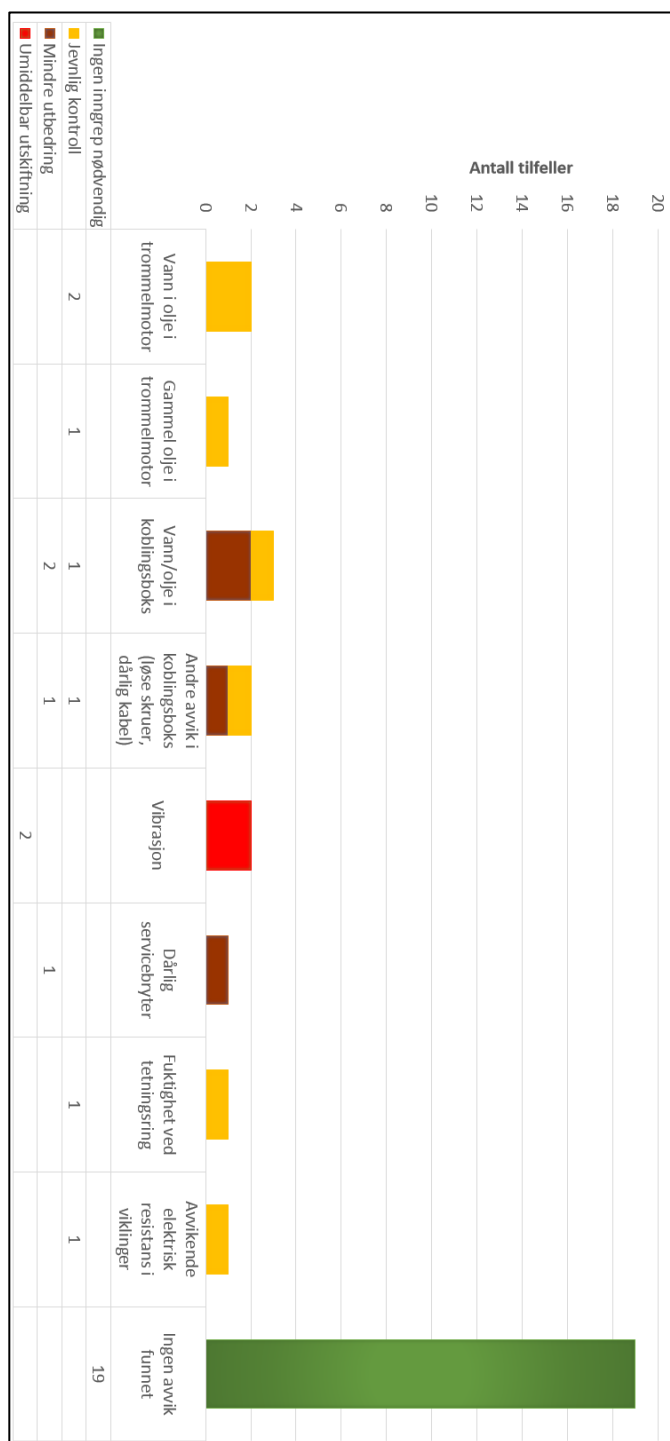
Det har også blitt utført mer omfattende inspeksjoner av trommel motorene ved fabrikken. Som et ledd i Interroll AS sitt kvalitetsprogram, ble det høsten 2013 utført en test av 32 trommelmotorer innenfor avdeling for slakting av laks. For å gjøre de målingene som var nødvendig ble testen utført på en lørdag det ikke var produksjon. Hensikten var avdekking av feil som potensielt kunne forårsake driftsstopp ved anlegget.

Støyttest samt kontroll av strømkabel og tilkobling til koblingsboks var blant de visuelle testene som ble utført. For trommelmotorer med høyt støynivå ble det ved flere tilfeller avdekket vibrasjoner, hvilket medførte umiddelbar utskiftning. I tilfeller hvor strømkabel satt løst ble også dette utbedret på stedet. Kontroll av tilkobling i koblingsboks avdekket ved flere tilfeller rust, kondens eller inntrenging av vann eller olje. Inngrep vurdert som nødvendig ble på bakgrunn av anbefaling utført før neste produksjonsstart. I tilfeller hvor tilstanden var stabil men med potensiale til å kunne bli kritisk, ble jevnlig kontroll av koblingsboksene anbefalt. Imidlertid ble det ikke gjort noen form for rotårsaksanalyse og ingen tiltak ble iverksatt med hensikt å forhindre at samme potensielle sviktårsaker skulle inntreffe på nytt. Interroll AS burde i dette tilfellet analysert avvikene ytterligere og foreslått modifikasjoner.

Ved hjelp av oljepluggene på tverrsiden av trommelmotor ble det også utført visuell inspeksjon av oljen. Trommelmotorer bestående av svært utvannet olje ble kategorisert som en potensiell kilde til driftsstopp. Disse ble følgelig skiftet ut umiddelbart. I tilfeller hvor oljen så gammel ut eller hvor det var et mindre innhold av vann, ble jevnlig oljeinspeksjon anbefalt. Da inntrenging av vann i trommelrør potensielt kan medføre kortslutning av viklinger i stator og er den mest utbredte sviktårsaken for trommelmotorer ved InnovaMar, burde samtlige trommelmotorer med vanninnhold blitt skiftet ut umiddelbart.

Trommelmotorenes strømforbruk ble målt for å kontrollere tilstand på stator. Et multimeter ble benyttet til måling av strømtrekk for alle tre fasene. I tilfeller hvor strømtrekk i minimum én av fasene var avvikende fra de andre, ble jevnlig etterkontroll av stator anbefalt.

To av de 32 trommelmotorene som ved avdeling for slakting av laks ble testet måtte erstattes umiddelbart. I tillegg avdekket testene feil som medførte at det måtte gjøres umiddelbare inngrep i form av mindre utbedringer på ytterligere fire trommelmotorer. Syv trommelmotorer måtte kontrolleres jevnlig i etterkant av testene. De resterende 19 trommelmotorene hadde ingen feil som ble ansett å kunne forårsake driftsstopp ved anlegget og det ble følgelig ikke gjort noen ytterligere inngrep. Resultatene fra Interroll AS sin inspeksjonsrunde samt deres anbefalinger til SalMar AS er fremstilt i Figur 8.3.



Figur 8.3 Interroll AS sine testresultater.

Da det forebyggende vedlikeholdet i forbindelse med Interroll AS sitt kvalitetsprogram resulterte i at det måtte iverksettes tiltak for nærmest halvparten av trommel motorene som ble testet, er en rimelig påstand at testingen hadde nytteverdi for SalMar AS. Ved at SalMar AS ble gjort observant på hvilke trommel motorer som var i tilstand som kunne lede til svikt, kunne korrektive inngrep planlegges. Blant annet kunne lagerbeholdningen kontrolleres både med hensyn til trommel motor med identiske spesifikasjoner og nødvendige reservedeler.

Etter gjennomgang av vedlikeholdsrapporten er en rimelig antakelse at spesielt inngrep som ble gjort umiddelbart for håndtering av vibrering i trommelmotor har forhindre produksjonsstopp. I tillegg er det rimelig å anta at tiltak som ble utført på stedet for å tette hull i koblingsboks med hensikt å forhindre inntrenging uønskede elementer har bidratt til en forlenget levetid for systemet. Det er ingen tvil om at slike systematiske inspeksjonsrunder og påfølgende inngrep vil medføre færre produksjonsstopp som følge av uplanlagte svikt av trommelmotorer.

Grunnet manglende ressurser har ikke SalMar AS prioritert oppfølging av denne typen systematiske inspeksjonsrunder. Ved InnovaMar har det ikke blitt utført noe lignende siden Interroll AS utførte denne omfattende inspeksjonen høsten 2013, verken fra leverandøren eller SalMar AS sin side.

Mangelen på systematiske inspeksjonsrunder er hovedgrunnen til at SalMar AS per i dag nærmest kun utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. I tillegg til forhindring av produksjonsstopp, kan innføring av systematiske inspeksjonsrunder bidra til reduksjon av kostnader og risiko i form av utskiftning av komponenter før svikt inntreffer. Eksempelvis kan en oljeprøve avdekke et innhold av vann inne i trommelrør som potensielt kan forårsake brannskader i stator på grunn av kortslutning. Ved å erstatte trommelmotor kan stator tas ut av prosessen før det oppstår brannskader.

Uten inspeksjon ville scenariet vært at trommelmotoren hadde operert helt til temperaturen på den vanninnholdige oljen inne i trommelrøret var så høy at det hadde forårsaket kortslutning av viklinger i stator. Trommelmotorene ved InnovaMar opererer med belastning kun under produksjon, hvilket medfører at svikt av stator med stor sannsynlighet vil føre til nedetid for produksjonsprosessen. I tillegg er korrigerende vedlikehold av statorer som tidligere nevnt outsourcet til en ekstern bedrift i Litauen, en prosess som både tar tid og medfører kostnader. Dersom SalMar AS kun disponerer to statorer med de krevde spesifikasjonene, vil det også kunne medføre risiko for bedriften. Dette er nærmere beskrevet i Kapittel 8.5.

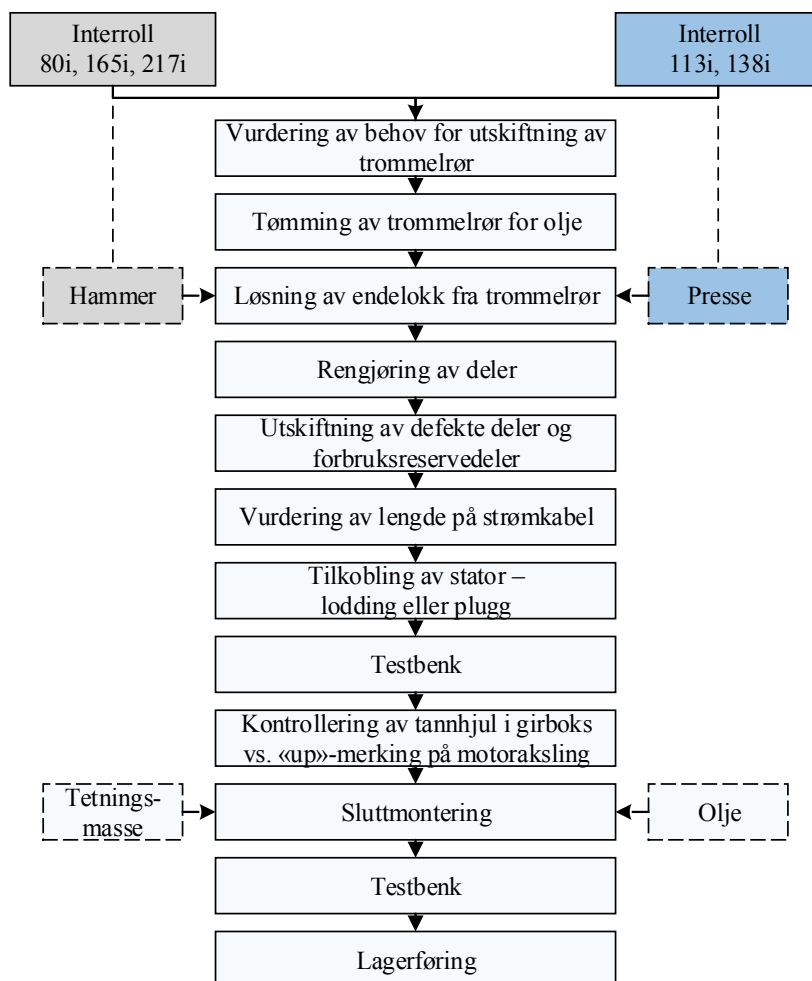
«For hyppig» utførelse av reparasjon vil heller ikke være lønnsomt. Utskiftning av en trommelmotor med mange driftstimer igjen av levetiden vil påføre vedlikeholdspersonellet unødvendige arbeidstimer. I tillegg vil komponenter som i utgangspunktet ikke skal skiftes ut slites som følge av inngrep, spesielt med hensyn til trommelrør og endelokk. Dette er nærmere beskrevet i Kapittel 10.4.

Utfordringen er å finne en balansegang mellom utførelse av inngrep med hensikt å forebygge produksjonsstopp og en «run to failure»-strategi med utførelse av korrektive inngrep.

## **8.4 Rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer**

Som diskutert i Kapittel 7.2 er nærmest samtlige utskiftninger av trommelmotorer ved InnovaMar grunnet at motoren ikke lenger er i stand til å forflytte det tilhørende transportbåndet med krevd hastighet. I henhold til NS-EN 13306 skal prosessen bestående av fysiske tiltak iverksatt med hensikt å

gjenvinne trommelmotorens krevde funksjon defineres som en reparasjon. Figur 8.4 illustrerer nåværende rutiner for reparasjon av trommelmotorer ved SalMar AS.



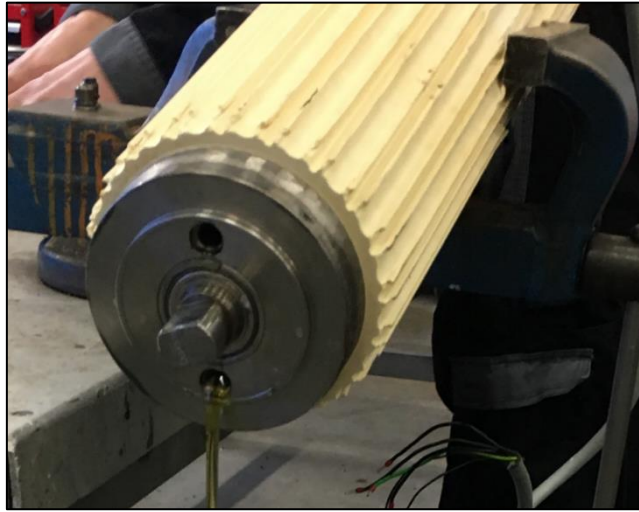
Figur 8.4 Nåværende rutiner for reparasjon av trommelmotorer ved SalMar AS.

Av Figur 8.4 fremkommer det at første steg i reparasjonsprosessen er vurdering av behov for utskiftning av trommelrør. Utføres reparasjonen på grunn av at vulkingen er for nedslitt til å drive transportbåndet eller at festet mellom vulking og trommelrør er for løst, skiftes trommelrør ut som en del av det korrektive vedlikeholdet. Utover dette er det ingen faste rutiner for når trommelrør skal byttes ut - avgjørelsen er det ansvarlig tekniker som tar basert på vurdering. Dermed er det også tilfeller hvor trommelrør skiftes ut på forebyggende basis. Dersom en trommelmotor eksempelvis har sviktet som følge av andre årsaker og ansvarlig tekniker vurderer sporene på vulkingen som så nedslitte at det er en potensiell sviktårsak ved en senere anledning, skiftes trommelrør ut.

#### 8.4.1 Åpning av trommelmotor

Umiddelbar deteksjon av sviktårsak er ikke alltid mulig. I de fleste tilfeller avsløres ikke årsaken til svikt før trommelmotor er åpnet opp. Første steg i åpningsprosessen er uttømming av olje fra

trommelrør. Trommelmotoren monteres med helning i en skrustikk. To oljeplugger på endelokket skrues opp slik at oljen kan renne ut. Figur 8.5 hvordan trommelrøret tømmes for olje.

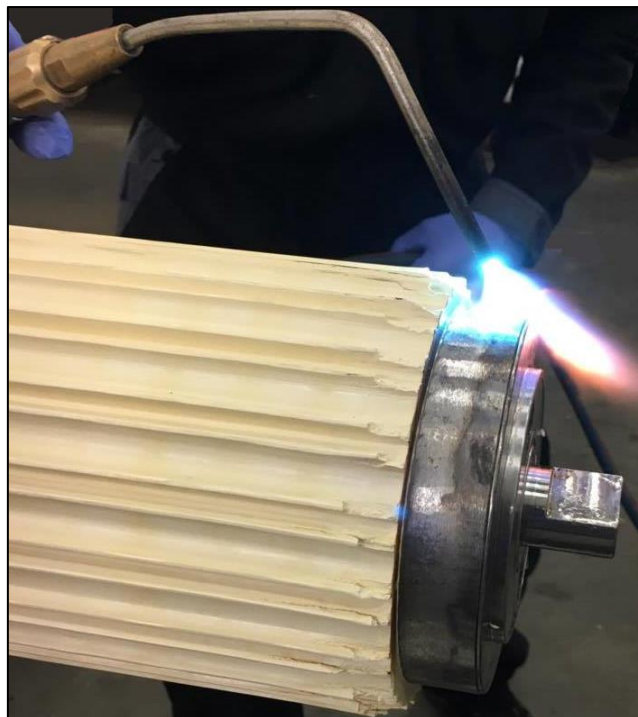


*Figur 8.5 En skrustikk benyttes for å skape helning slik at oljen kan renne ut.*

Trommelmotoren kan åpnes når det ikke kommer mer olje fra oljepluggene. For å kunne ta ut innmaten bestående av stator, rotor, girboks og aksling er det nødvendig å løsne det ene endelokket fra trommelrøret. Endelokket er festet med fastholdingsmasse utformet for bruk på sylindriske metalleder. Fastholdingsmassen fungerer også som tetningsmiddel designet for å tette mellomrom på opptil 0,25 mm, hvilket medfører at endelokket sitter svært godt [53].

Grunnet de ulike typene transportbånd SalMar AS opererer, er det variasjoner knyttet til hvordan vulkingen er påført trommelrørene. Driften av enkelte transportbånd i fabrikken krever ikke at bredden på vulkingen er lik lengden på trommelrør, altså at vulkingen strekker seg helt ut til endelokket. Tilfellene tillater tekniker ansvarlig for reparasjon å skjære av et lag med vulking i ytterpunktene av trommelrørets overflate. Inngrepet gjør det mulig å tilføre overflaten av trommelrøret varme ved skjøten mot endelokket uten å skade gummien vulkingen består av. Hensikten er å gjøre fastholdingsmassen mindre motstandsdyktig og på så måte gjøre det enklere å løsne endelokket. Figur 8.6 viser nåværende prosedyre for tilføring av varme til trommelrør hvor vulkingen ikke strekker seg helt ut til endelokket.





*Figur 8.6 Trommelrøret tilføres varme ved skjøten mot endestykket.*

Imidlertid er majoriteten av transportbåndene ved InnovaMar installert slik at det ikke er mulig å skjære av vulkingen. For nedbryting av fastholdingsmassen tilføres det i disse tilfellene varme direkte på endelokket. Motstandsdyktigheten til fastholdingsmassen gjør at selv om trommelrør og endelokk varmes opp, må det store krefter til for å åpne trommelmotoren. Til formålet disponerer SalMar AS en presse, spesialdesignet for håndtering av sylindriske metalloverflater.

Pressen fungerer ved at to metallstenger festes i gjengene på den siden av trommelrøret akselendestykket skal tilføres kraft fra. Et motstandsstykke festes i toppen tvers over metallstengene. Videre benyttes en hydraulisk sylinder med opplagring i motstandstykket til å presse på akselendestykket. Innmaten henger sammen som én enhet og presses ut sammen med akselendestykket på den andre siden av trommelrøret. Kraften som tilføres økes i et forholdsvis konstant tempo uten plutselige utslag slik at ingen komponenter kommer til skade i forbindelse med åpningen. Avstanden mellom metallstengene kan justeres slik at pressen kan benyttes for åpning av trommelmotorer av typene 113i og 138i.

Utfordringen med pressen er at den ikke er justerbar i den grad at den kan benyttes til åpning av de øvrige typene trommelmotorer SalMar AS operer: 80i, 165i og 217i. Nåværende prosedyrer tilsier at en hammer skal benyttes for åpning av disse trommelmotorene. Harde slag med hammeren mot akselendestykket kreves for å løsne innmaten fra trommelrøret, spesielt dersom vulkingen fyller ut hele trommellengden og det kun er mulig med tilførsel av varme på endelokket.

Figur 8.7 viser nåværende rutine for åpning av trommelmotorer av typene 80i, 165i og 217i – hammerslag mot akselendestykke. Avbildet er trommelmotor av typen 165i.



*Figur 8.7 For å åpne trommelmotorer av typene 80i og 113i benyttes det per i dag en hammer.*

Som det fremkommer i figuren er sporene i vulkingen preget av slitasje, spesielt i midtpartiet. Avbildet trommelrør måtte byttes ut som følge av hygieniske årsaker.

Etter at trommelrøret er løsnet fra endelokket kan innmaten tas ut. Innmaten bestående av stator, rotor, girboks og aksling føres ut fra den siden hvor endelokket er løsnet. Neste steg er utskifting av defekte deler samt forbruksreservedeler. Nåværende prosedyrer tilsier at kun forbruksreservedeler med en forholdsvis lav innkjøpskostnad skal skiftes ut. Trommelrør, stator, rotor, girboks, aksling, akselendestykke og endelokk karakteriseres av SalMar AS som kostbare reservedeler og skal følgelig ikke skiftes ut så lenge ansvarlig tekniker betrakter deres framtidsutsikter som gode med hensyn til ivaretagelse av oppetid. Før monteringsprosessen kan påbegynne tørkes trommelrør og reservedeler for oljerester.

#### **8.4.2 Montering av trommelmotor**

Da SalMar AS på nåværende tidspunkt ikke har rutiner for å sikre at alle typer reservedeler nødvendig for korrigerende vedlikehold av trommelmotor er lagerført, må ansvarlig tekniker før prosessen kan igangsettes kontrollere at delene som trengs finnes på lager. Dersom dette ikke er tilfellet, må korrigerende vedlikehold settes på vent og nødvendige reservedeler bestilles.

Første steg i monteringsprosessen er tilkobling av stator og rotor. Komponentene kobles sammen via lodding eller plugg avhengig av hvor ny statoren er. Statorer som produseres i dag leveres med plugg. Lengde på strømkabel bestemmes ut i fra trommelmotorens plassering i fabrikken og må være tilstrekkelig med hensyn til tilhørende sikkerhetsbryter.

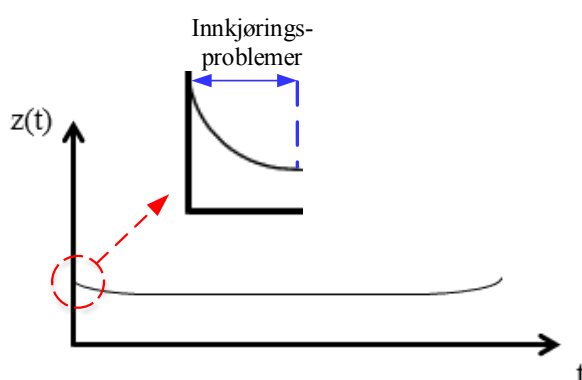
Trommelmotorens funksjon skal i løpet av det korrigerende vedlikeholdet testes ved to anledninger i testbenk. For avdekking av eventuelle feil på stator før trommelmotoren monteres sammen kobles stator til testbenk. Hensikten er å kontrollere at elektrisk resistans er lik i samtlige viklinger.

Dersom målerverdiene av elektrisk resistans i stator er like for de tre viklingene, monteres øvrig innmat sammen. Nødvendigheten av utskiftning av girboks kontrolleres ved visuell inspeksjon. Dersom ansvarlig tekniker vurderer tannhjul og lager i girboks som uskadet, benyttes den igjen. Visuell inspeksjon benyttes også for vurdering av behov for utskiftning av endelokk, aksling og akselendestykke.

Neste steg er sluttmontering. For enklere å kunne feste kulelagrene rundt akselendestykkene benyttes et varmeelement. Hensikten er å tilføre indre ring av kulelagrene varme slik at den utvides. Etter at ringene er plassert der de skal være og temperaturen igjen avtar, vil indre ring trekke seg sammen og feste seg rundt akselendestykket.

Når innmaten bestående av stator, rotor, girboks, aksling og akselendestykker er montert sammen inne i trommelrør, fylles trommelmotor med smøreolje. Siste steg er sammenliming og trommelrør og endelokk. Tetningsmasse påføres overflatene som skal festes, innside av trommelrør og ytterside av endelokk. Videre benyttes en plasthammer for å banke endelokket på plass.

Da rutiner for utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved InnovaMar omfatter kun utskiftning av defekte deler samt forbruksreservedeler, er en rimelig antakelse at motorene vil ha en økende sviktintensitet. Siden delene trommelmotorene består av er plukket fra hverandre og satt sammen igjen under utførelse av det korrigerende vedlikeholdet, er det også rimelig å anta at innkjøringsproblemer kan føre til at sviktintensiteten er noe høyere i starten sammenlignet med når motoren er «innkjørt». Med dette tatt i betraktning kan det påstås at trommelmotorene ved InnovaMar har en sviktintensitet tilnærmet en «badekarkurve» illustrert i Figur 8.8.



Figur 8.8 Trommelmotorene ved InnovaMar har en sviktintensitet tilnærmet en «badekarkurve».

Med hensikt å identifisere og eventuelt eliminere svikt som følge av innkjøringsproblemer før trommelmotorer installeres i produksjonsprosessen, utføres en testrunde i testbenk. Testingen utføres

ved at trommelmotoren kobles til et strømskap og festes fast i testbenk ved hjelp av to opplagringspunkt. Hensikten er på ny å kontrollere at elektrisk resistans er lik i alle tre faser i stator og følgelig avdekke om sluttmonteringen har hatt innvirkning på trommelmotorens evne til å utføre tiltenkt funksjon.

Det foreligger ingen faste prosedyrer for hvor lenge trommelmotor skal testes i testbenk, men etter om lag én time uten avvik i elektrisk resistans betraktes trommelmotoren som godkjent. Det korrigerende vedlikeholdet avsluttes med at trommelmotoren legges på lageret hvor den skal lagerføres og arbeidsordre settes til utført i Infor EAM.

## **8.5 Reservedelsstyring tilknyttet trommelmotorer**

Samtlige reservedeler tilknyttet trommelmotorer ved InnovaMar kan i henhold til NORSOK Z-008 klassifiseres som operasjonelle reservedeler. Lagermodellen som benyttes for å kontrollere flyten av operasjonelle reservedeler ved fabrikken er som tidligere nevnt bestillingspunktsystemet. Systemet tillater reservedeler å ha tilpassede etterbestillingspunkt basert på deres kritikalitet med hensyn til produksjon og sikkerhet. Imidlertid har bedriften erfart utfordringer knyttet til å definere optimale etterbestillingspunkt i Infor EAM. SalMar AS har den siste tiden opplevd flere tilfeller hvor defekte trommelmotorer klare til reparasjon har ligget på vent grunnet mangel på nødvendige reservedeler.

En sentral faktor er at bedriften per i dag ikke har noen form for oversikt over hvor mange trommelmotorer med et bestemt sett spesifikasjoner som til enhver tid opereres i fabrikken. Bedriften har den siste tiden rettet et økt fokus mot å ha tilstrekkelig antall trommelmotorer lagerført med hensyn til å være bedre rustet mot lengre produksjonsstopp, fortrinnsvis grunnet en aldrende maskinpark og en beholdning av trommelmotorer hvor majoriteten har vært gjennom flere reparasjoner. Følgelig har beholdningen av trommelmotorer i løpet av de siste årene økt betraktelig. Etterbestillingspunktene til reservedelene i Infor EAM har i løpet av den samme tidsperioden nærmest forblitt de samme. Som et resultat har etterspørselen av enkelte artikler overskredet lagerbeholdningen før nye leveranser har ankommet og reparasjonsprosesser har blitt satt på vent. Reservedelslageret virker på nåværende tidspunkt å være tiltenkt en mindre motorbeholdning enn hva som faktisk er tilfellet.

Imidlertid kan mangel på reservedeler også forekomme selv om etterbestillingspunktet er definert med hensyn til økning i etterspørsel og sen leveranse. Et velfungerende bestillingspunktsystem krever at lagerbeholdning i Infor EAM kontinuerlig stemmer overens med faktisk lagerbeholdning. SalMar AS opplever per i dag noe rutinesvikt i uttaksføringen som følge av at artikler tas ut av lagerbeholdningen uten at det registreres i Infor EAM. Figur 8.9 viser etterbestillingsinformasjon for en rotor med effekt 0,9 kW tilhørende en trommelmotor av typen 138i.

Artikkel 20492 Rotor, 138i, short, 0,9, 6-pol, 61010084-N

Søk i Alle artikler

20492 - Rotor, 138i, short, 0,9, 6-pol, ...  
Organisasjon: 04  
Klasse:  
Måleenhet: STK

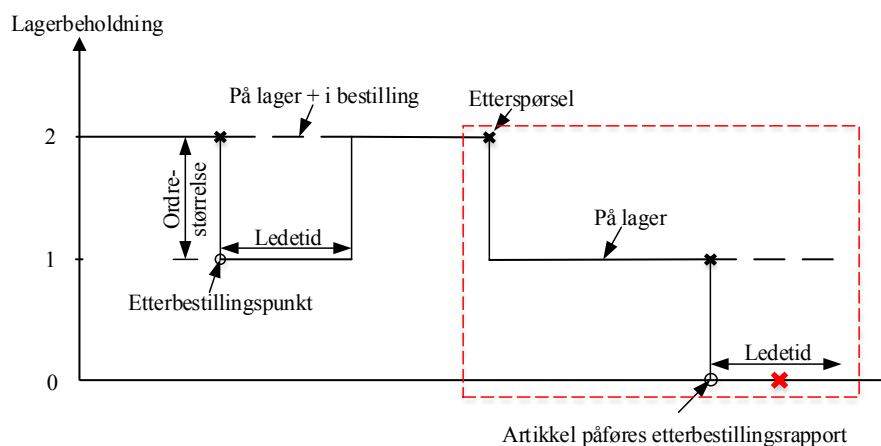
Alle lagersteder Redigere Lagersted

Lagersted	Beskrivelse	Lagermetode	Maksimum ant	Ordre ant	Etterbestillingsnivå
(A) [ ]	(A) [ ]	(A) [ ]	= [ ]	= [ ]	= [ ]
HLF	Hovedlager fabrikk	Etterbestilling...	2	1	1

Figur 8.9 Etterbestillingsnivå for en rotor tilhørende en trommelmotor av typen 138i.

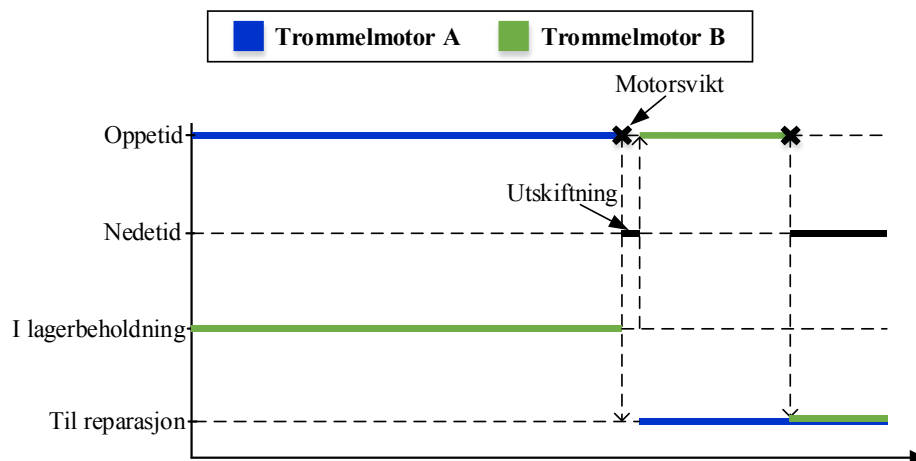
Av Figur 8.9 fremkommer det at både etterbestillingsnivået og ordrestørrelsen til rotoren definert til å være én artikkel. I tidspunktet lagerbeholdningen av rotoren når etterbestillingsnivået på én artikkel, vil tilhørende artikkelnummer og ordrestørrelse automatisk påføres den ukentlige etterbestillingsrapporten. Infor EAM vil automatisk sende en bestilling på én artikkel til leverandør når rapporten godkjennes av SalMar AS. Rotorens etterbestillingsnivå gjør at lagerbeholdningen maksimalt kan bestå av to artikler til enhver tid.

Dersom en rotor tas ut av lagerbeholdningen uten at det registreres i Infor EAM, kan det få konsekvenser i form av stillstandskostnader. Lagerbeholdningen er da tilsvarende én artikkel og det er ikke generert noen bestilling. Dersom artikkelen uttaksføres i Infor EAM neste gang rotoren etterspørres, påføres artikkelnummeret på daværende ukes etterbestillingsrapport. Dog er det ingen rotorer av denne typen igjen på lageret frem til neste leveranse. Ny etterspørsel i løpet av ledetiden vil føre til at reparasjonsprosessen må settes på vent. Se illustrasjon i Figur 8.10.



Figur 8.10 Rutinesvikt i uttaksføringen kan føre til at stillstandskostnader påløper.

Samtlige reservedeler tilknyttet trommelmotorer ved InnovaMar kan være kritisk med hensyn til å unngå lengre produksjonsstopp. Spesielt i tilfeller hvor lagerbeholdningen av trommelmotorer kun er bestående av én motor med bestemte spesifikasjoner kan mangel på tilhørende reservedeler være kritisk. Forøvrig er dette det hyppigste tilfellet ved InnovaMar. Se illustrasjon i Figur 8.11.



Figur 8.11 Mangel på reservedeler kan medføre nedetid.

Figur 8.11 illustrerer en situasjon som har oppstått og som fortsatt forekommer hos SalMar AS. Beholdningen av en trommelmotor med en bestemt kombinasjon av spesifikasjoner er i mange tilfeller kun bestående av to motorer. Ofte er situasjonen slik som figuren illustrerer: én av trommelmotorene (Trommelmotor A) er installert i fabrikken og bidrar til oppetid for produksjonsprosessen, mens den andre (Trommelmotor B) er lagerført og fungerer som reservemotor.

Når trommelmotor A svikter tilsier nåværende prosedyrer at motoren skal gjennom en reparasjonsprosess. For å holde nedetiden kortest mulig, erstattes trommelmotor A i produksjonen med trommelmotor B fra lagerbeholdningen. Hvor raskt reparasjonen av trommelmotor A kan påbegynne, avgjøres av motorens vedlikeholdsevne. Dersom reservedeler nødvendig for utførelse av reparasjon av trommelmotor A ikke er tilgjengelig på lager, må reparasjonsprosessen utsettes. Nødvendige reservedeler må etterbestilles.

I løpet av tiden trommelmotor A ligger på hovedverksted og venter på nødvendige reservedeler, kan en svikt inntreffe på trommelmotor B. Følgelig må trommelmotoren gjennom en reparasjonsprosess. Da trommelmotor B var den eneste motoren blant lagerbeholdningen med identiske spesifikasjoner som trommelmotor A, finnes det ingen trommelmotor som kan konfigureres i transportbåndet som erstatning. Resultatet blir to trommelmotorer til reparasjon og et transportbånd som ikke kan kjøres.

I slike tilfeller er løsningen enten å vente på at en av trommelmotorene er ferdig reparert eller å sette inn en midlertidig løsning i form av en trommelmotor med andre spesifikasjoner. Imidlertid foregår produksjonen i store deler av fabrikken i parallell, hvilket medfører at to og to trommelmotorer må utøve identisk hastighet. Sistnevnte løsning er dermed ikke gunstig med hensyn til produksjonsflyt.

Et tiltak som skal iverksettes med hensikt å forbedre reservedelsstyringen knyttet til trommelmotorer ved InnovaMar er som tidligere nevnt gjennomføring av risikovurderinger. Ved gjennomføring av risikovurderinger for samtlige reservedeler tilknyttet trommelmotorer på bakgrunn av antall motorer parallelt i drift samt erfaringer fra tidligere hendelser og historikk kan optimale lagernivåer defineres. En langsiktig målsetning er at det ikke skal forekomme hendelser som i Figur 8.11 hvor mangel på reservedeler medfører nedetid for produksjonsprosessen.

## **8.6 Konklusjon**

SalMar AS opplever fortsatt tilfeller hvor trommelmotorer som ikke er registrert i Infor EAM svikter. Utførelse av inspeksjonsrunder anses for å være et tiltak som bør prioriteres med hensyn til å identifisere samt fremskaffe en totaloversikt over bedriftens beholdning av trommelmotorer. Oversikt over hvilke trommelmotorer som parallelt opereres i fabrikken vil videre benyttes som basis for gjennomføring av risikovurderinger med hensyn til å definere optimal beholdning av trommelmotorer samt optimale lagernivåer og etterbestillingspunkt for tilknyttede reservedeler.

## **9 Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører**

Kapittelet omfatter en evaluering av vedlikeholdsstrategi knyttet til trommelmotorer hos relevante aktører i oppdrettsnæringen. Sentralt i kapittelet er en diskusjon angående fordeler og ulemper insourcing av vedlikehold knyttet til trommelmotorer medfører kontra outsourcing av vedlikehold til Interroll AS. Videre inngår en beskrivelse av Interroll AS sine prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer inkludert deres rutiner for utførelse av korrigerende vedlikehold som en betydelig del av kapittelet.

Kapittelet benyttes i stor grad som bakgrunn for flere av tiltakene som skal implementeres ved InnoMar med hensikt å forbedre systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer, spesielt med hensyn til utførelse av korrigerende vedlikehold.

### **9.1 Interroll AS**

Interroll er Norges ledende leverandør av trommelmotorer og følgelig en sentral aktør innenfor næringen hvor bruk av denne typen motorer foretrekkes eller er påkrevd. Selskapet er per i dag hovedleverandør av trommelmotorer til majoriteten av de største oppdrettsselskapene i Norge, hvor blant annet Marine Harvest, SalMar, Lerøy, Vikenco, Nordlaks og Bremnes Seashore inngår i kundeporteføljen.

Interroll AS i Drammen er en privateid bedrift med forhandlerstatus for Interroll. Bedriftens hovedfokusområde er opprettholdelse samt forsterkelse av Interroll sin posisjon som ledende leverandør av trommelmotorer og transportruller på det norske markedet. Gjennom oppfølging av eksisterende kunder og salgsarbeid mot nye kunder skal avdelingen i Drammen vedlikeholde samt etablere relasjoner til relevante aktører i markedet.

I takt med veksten innen oppdrettsnæringen og den stadige økende utviklingen av nye og eksisterende anlegg er en rimelig antakelse at behovet for trommelmotorer utelukkende vil øke i tiden fremover. For å få et videre fortrinn innen bransjen retter Interroll AS et stort fokus mot overbevisning av maskinleverandører om å velge deres trommelmotorer i forbindelse med nye installasjoner. Bevisstgjøring ovenfor ledende maskinleverandører innenfor oppdrettsnæringen i Norge som Baader og Marel vil kunne føre til at nye anlegg og installasjoner gjøres utelukkende med bruk av trommelmotorer fra Interroll AS. Imidlertid hadde ikke et monopol på leverandørsiden av trommelmotorer vært fordelaktig for aktører i oppdrettsnæringen, da det både kan bidra til å presse opp prisene samt forverre kundeoppfølgingen.

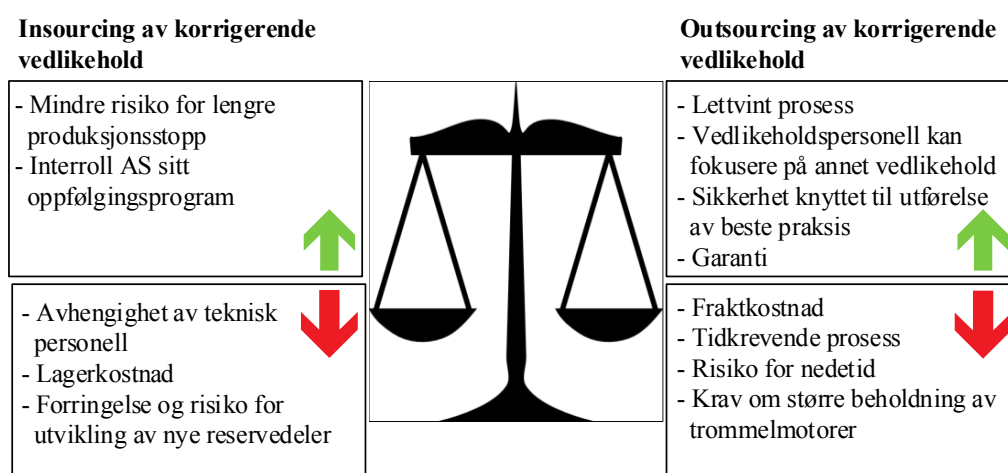
### **9.2 Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører**

Ifølge Interroll AS er anlegg i oppdrettsnæringen i Norge per i dag preget av mangel på standardisering, spesielt med hensyn til trommelmotorer. En rimelig antakelse er at hovedgrunnen er liten grad av



planlegging på komponentnivå i forbindelse med konstruering av nye fabrikker. I tillegg velges maskiner med hensyn til maskinleverandører som videre benytter ulike trommelmotorer til ulike konstruksjoner ut i fra hva de mener egner seg best. Følgelig vil standardisering på trommelmotornivå i oppdrettsnæringen være mangelfull.

Som følge av blant annet variasjoner knyttet til standardisering av trommelmotorer hos ulike aktører i oppdrettsnæringen, vil også tilnærmingen aktørene har til vedlikehold variere. Ifølge Interroll AS praktiserer deres kunder i oppdrettsnæringen enten en vedlikeholdsstrategi basert på utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer i eget hus eller en tilnærming hvor alt av vedlikehold outsources tilbake til leverandøren. Figur 9.1 viser de mest sentrale faktorene knyttet til kostnader, risiko og sikkerhet med hensyn til de to tilnærmingene.



Figur 9.1 Faktorer som påvirker valg av vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer.

### 9.2.1 Insourcing av vedlikehold

Ifølge Interroll AS er det kun tre aktører i deres eksisterende kundeportefølje som har fått innvilget ønsket om benyttelse av egne ressurser for utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. I tillegg til SalMar AS er dette Nordlaks og Bremnes Seashore med fabrikker i henholdsvis Stokmarknes og Bremnes.

Felles for aktørene er en lokasjon med stor geografisk distanse fra Interroll AS sitt verksted i Drammen, uten direkte flyforbindelser. Fabrikker på desentraliserte lokasjoner i kombinasjon en omfattende beholdning av trommelmotorer medfører at outsourcing av vedlikehold til Interroll AS ville vært svært ugunstig med hensyn til kostnader. Eksempelvis er fraktkostnaden knyttet til forsendelse av en trommelmotor fra Interroll AS sin avdeling i Drammen til InnovaMar pålydende kr. 1.000-3.000 avhengig av størrelse og type frakt. Følgelig vil fraktkostnaden tur-retur for en trommelmotor være opp til kr. 6.000, hvilket tilsvarer rundt halvparten av prisen knyttet til anskaffelse en ny motor av typen 113i eller 138i [54]. Krevs det imidlertid hurtigere leveranser enn ved regulære forsendelser vil

fraktkostnadene øke betraktelig. En rimelig antakelse er at fraktkostnadene er omtrent de samme for SalMar AS og Bremnes Seashore og mulig noe høyere for Nordlaks.

Med flere hundre trommelmotorer i parallell drift alle produksjonsdager er det høy sannsynlighet for at svikt vil inntreffe hyppig nok til at det i disse tilfellene er mer lønnsomt med insourcing av korrigerende vedlikehold kontra en utgift pålydende mange tusen kroner i frakt for utførelse av vedlikeholdet. Interroll AS ytrer forståelse for at bedrifter med en stor beholdning av trommelmotorer og desentralisert beliggenhet ønsker utførelse av korrigerende vedlikehold av motorer i eget hus. Som en del av bedriftens oppfølgingsprogram har de bistått oppdrettsselskapene med kursing av vedlikeholdspersonell omhandlende reparasjon av trommelmotorer. Imidlertid har kun en brøkdel av teknisk avdeling ved SalMar AS gjennomført kurset, noe som illustreres ved at det fortsatt er betydelige forskjeller med hensyn til praksis for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved InnovaMar og hos Interroll AS. Prosedyrer for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer hos sistnevnte er nærmere beskrevet i Kapittel 9.4.

Som Figur 9.1 viser er de kostnadmessige faktorene som veier mot insourcing av vedlikehold nødvendigheten av å ha reservedeler knyttet til trommelmotorer lagerført samt avhengighet av teknisk personell med hensyn til utførelse av det korrigerende vedlikeholdet.

Med et velfungerende og effektivt system for lagerstyring vil ikke kostnadene i forbindelse med å ha lagerførte reservedeler være betydelige i den grad at en vedlikeholdsstrategi basert på insourcing av vedlikehold knyttet til trommelmotorer ikke kan forsvares økonomisk. Foruten relativt rimelige forbruksdeler som simmeringer og gummipakninger, vil ingen av reservedelene tilknyttet trommelmotorer forringes med tiden dersom de kun ligger lagerført. Risikoen med å ha tilknyttede artikler lagerført er dersom Interroll AS bestemmer seg for å forbedre eller utvikle reservedelene, dog skal ikke dette medføre noe tap da utgåtte reservedeler fortsatt kan benyttes i eksisterende trommelmotorer. Kostnadmessig er det i forbindelse med lagerføring av reservedeler tilknyttet trommelmotorer kun generelle kostnader i form av bruk av areal samt arbeid med lagerstyring og håndtering av bestillinger som påløper.

For at en bedrift skal kunne utføre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer på egen hånd er tilgjengelighet på kvalifisert teknisk personell nødvendig. Imidlertid er det hos samtlige oppdrettsselskaper med et produksjonsomfang tilnærmet ovenfor nevnte bedrifter alltid vedlikeholdspersonell tilgjengelig ved anlegget i den tid det foregår produksjon. I tillegg tilbyr Interroll AS som nevnt i sitt oppfølgingsprogram opplæring av vedlikeholdspersonell knyttet til reparasjon av trommelmotorer.

En annen faktor som favoriserer en vedlikeholdsstrategi basert på insourcing av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer er lavere sannsynlighet for lengre produksjonsstopp. Med et velfungerende system for lagerstyring og uttaksføring av reservedeler samt vedlikeholdspersonell med

tilstrekkelig kompetanse med hensyn til utførelse av korrigerende vedlikehold ved anlegget, er det liten tvil om at insourcing av vedlikehold vil være tidsbesparende i forhold til forsendelse av defekte trommelmotorer til Interroll AS for utførelse.

Reparasjonstiden er spesielt kritisk i tilfeller hvor beholdningen av trommelmotorer består av antall motorer installert i parallell i fabrikken pluss én. Ytterligere motorsvikt i løpet av tiden en av trommelmotorene er til reparasjon vil medføre nedetid for produksjonsprosessen. Som tidligere diskutert kan nedetid på en produksjonslinje videre forårsake betydelige økonomiske tap for et oppdrettsselskap, spesielt med de kapasiteter som foreligger hos ovenfor nevnte aktører.

### **9.2.2 Outsourcing av vedlikehold**

Andre oppdrettsselskaper, eksempelvis Marine Harvest og Vikenco, har en helt annen holdning tilknyttet vedlikehold av trommelmotorer. Bedriftene ønsker ikke selv å utføre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. Som en følge av dette sendes samtlige defekte trommelmotorer til Interroll AS i Drammen for utførelse av korrigerende vedlikehold. Marine Harvest og Vikenco driver lakseproduksjon i henholdsvis Eggesbønes på Sunnmøre og på Aukra i Romsdal. Fabrikkene er i likhet med InnovaMar beliggende på øygrupper uten direkte flyforbindelser til Gardermoen og en rimelig antakelse er at fraktkostnadene knyttet til forsendelse av en trommelmotor til Interroll AS ikke er lavere for disse bedriftene enn for ovenfor nevnte aktører som utfører korrigerende vedlikehold i eget hus.

Marine Harvest sitt produksjonsanlegg i Eggesbønes produserte i 2015 et volum på 88.500 tonn sløyd laks, hvilket tilsvarer tilnærmet to tredjedeler av produksjonen ved InnovaMar samme år [55]. Følgelig er en rimelig antagelse at det også ved Marine Harvest sitt produksjonsanlegg parallelt opereres flere hundre trommelmotorer under produksjon.

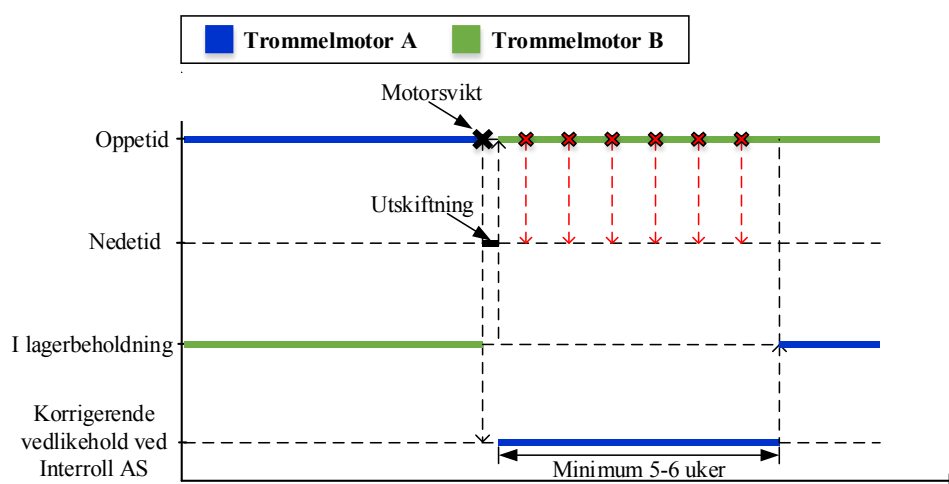
Som SalMar AS benytter Marine Harvest kun trommelmotorer levert av Interroll AS. Med beholdningen av trommelmotorer bedriftene disponerer er det liten tvil knyttet til at det er mest lønnsomt med hensyn til kostnad og risiko å utføre korrigerende vedlikehold av motorene på egen hånd.

Ifølge Interroll AS er bakgrunnen sammensatt for at bedrifter som Marine Harvest ikke ønsker å utføre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer på egen hånd. Leverandøren nevner eierskap til bedrift og utstyr som medvirkende årsaker. Marine Harvest er verdens største produsent av atlantisk laks og disponerer seks slakterier i Norge. Bedriftens gevinst var i overkant av fem milliarder kroner i 2016 [56]. Den kostnadmessige fordelene ved insourcing av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer kontra å sende de inn til Interroll AS for utførelse utgjør svært lite i «det store bildet». I glansen av godt omdømme og gode resultater kan det være vanskelig for vedlikeholdsledelsen å se effekten av små tiltak som kan bidra til å holde vedlikeholdskostnadene på et lavere nivå. I tillegg kan det være utfordrende å endre på en rutine bedriften selv synes fungerer godt.

«Lettvinthet» er en annen årsak til at Marine Harvest velger å sende defekte trommelmotorer til Interroll AS for utførelse av korrigerende vedlikehold. Bedriften unngår organisering av en beholdning av reservedeler tilknyttet trommelmotorer. I tillegg kan vedlikeholdspersonellet i stedet for å benytte tid på utførelse av vedlikehold knyttet til trommelmotorer, fokusere på annet vedlikehold i fabrikk. Vedlikeholdsoppgaver knyttet til svikt baserer seg med en slik vedlikeholdsstrategi på utskiftning av defekt trommelmotor med en ny motor tilsendt fra Interroll AS. Videre må en forsendelse av defekt trommelmotor tilbake til leverandøren organiseres.

Imidlertid forutsetter vedlikeholdsstrategien at bedriften disponerer en beholdning bestående av minimum tre trommelmotorer av de mest kritiske motortypene. Dette er trommelmotorer som ved svikt forårsaker produksjonsstopp og i tillegg ikke kan erstattes av motorer med andre spesifikasjoner med hensyn til utførelse av sin krevde funksjon i henhold til produksjonsflyten.

En beholdning bestående av tre trommelmotorer med identiske spesifikasjoner tilknyttet én produksjonslinje sikrer bedriften mot langvarige produksjonsstopp dersom det skulle oppstå en situasjon hvor to motorer sviker i løpet av en forholdsvis kort tidsperiode. Beholdningen gjør bedriften robust mot tilfeller hvor en motorsvikt inntreffer i tidsrommet en trommelmotor med identiske spesifikasjoner er hos Interroll AS for utførelse av korrigerende vedlikehold. Da det minimum må medregnes fem til seks uker fra en defekt trommelmotor sendes til Interroll AS til den returnerer ferdig reparert er det en viss sannsynlighet for at scenarioet vil oppstå. Figur 9.2 viser scenarioet hvor en trommelmotor potensielt kan svikte i tidsperioden defekt trommelmotor er sendt til Interroll AS for reparasjon. Figuren illustrerer en situasjon hvor beholdningen av trommelmotorer tilknyttet én produksjonslinje er bestående av kun to motorer.



Figur 9.2 Minimum tid for utførelse av reparasjon hos Interroll AS er fem til seks uker.

En faktor som favoriserer en vedlikeholdsstrategi basert på forsendelse av defekte trommelmotorer til Interroll AS, er sikkerheten knyttet til at det korrigerende vedlikeholdet utføres på riktig måte. Interroll AS påpeker at konsernet har jobbet mye med hvordan vedlikehold av trommelmotorer skal utføres på

best mulig måte og at de som leverandør innehar de beste prosedyrene. Leverandøren retter et sterkt fokus mot at utførelse av korrigerende vedlikehold skal medføre minst mulig kostnader med hensyn til reservedeler og utført arbeid, samtidig som at inngrepet skal ha minimalt med negativ innvirkning på levetiden til trommelmotoren.

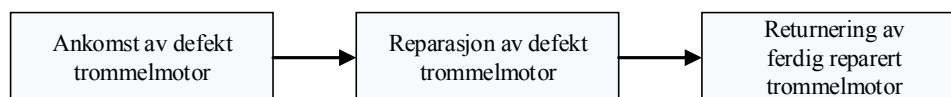
En annen trygghet er at Interroll AS gir seks måneder med garanti på trommelmotorer som repareres i deres verksted i Drammen. Garantien gjelder dog ikke for trommelmotorer som svikter som følge av inntrenging av vann. Årsaken er at Interroll AS sine kunder opererer trommelmotorer i mange ulike miljøer, hvilket medfører at eksponeringen for vann i stor grad varierer. I tillegg er det ifølge Interroll AS flere kunder som konstant belaster sine trommelmotorer med et større moment enn hva de er spesifisert for. Overbelastning vil som diskutert medføre overoppheting av oljen inne i trommelrør som videre kan forårsake inntrenging av vann som følge av kondens.

Imidlertid kan også trygghet knyttet til at korrigerende vedlikehold utføres på riktig måte oppnås av aktører som utfører reparasjon av trommelmotorer i eget hus. Interroll AS påpeker at det er benyttet mye ressurser på forskning knyttet til hvordan vedlikehold av trommelmotorer skal utføres på best mulig måte med hensyn til ivaretagelse av levetiden. Gjennom å opptre som en lærende vedlikeholdsorganisasjon overfor leverandøren og deres prosedyrer knyttet til vedlikehold av trommelmotorer, kan de beste prosedyrene også overføres til disse aktørene.

### 9.3 Prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer ved Interroll AS

Som nevnt følger majoriteten av Interroll AS sin kundeportefølje innenfor norsk oppdrettsnæring en vedlikeholdsstrategi basert på retur av trommelmotorer til Interroll AS sitt verksted i Drammen for utførelse av korrigerende vedlikehold.

Interroll AS sitt verksted kan deles inn i fire soner: en forsendingsone, en sone for reservedelslager samt to ulike soner for utførelse av korrigerende vedlikehold. Bedriftens prosedyrer for utførelse av vedlikehold knyttet til trommelmotorer baserer seg i hovedsak på tre simple steg illustrert i Figur 9.3.



Figur 9.3 Interroll AS sine prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer baserer seg på tre steg.

Lagerbeholdningen tilknyttet trommelmotorer ved Interroll AS sitt verksted i Drammen er i hovedsak bestående av reservedeler med standardiserte spesifikasjoner. Dog er dette tilstrekkelig med hensyn til å ha majoriteten av reservedelene tilknyttet de norske kundenes beholdning av trommelmotorer lagret. Reservedeler som ikke inngår i lagerbeholdningen er fortrinnsvis trommelrør samt komponenter tilhørende spesialdesignede trommelmotorer.

Trommelrør skreddersys med hensyn til type vulking. Lagerført ved verkstedet i Drammen er kun et fåtall av de mest benyttede kombinasjonene av trommelrør og vulking. Ved behov for utskiftning av trommelrør bestiller Interroll AS trommelrør med vulking fra en av konsernets produksjonsfabrikker i Europa. Konsernet disponerer to fabrikker for konfigurering av trommelrør og vulking, en i Hückelhoven, Tyskland og en utenfor Aarhus, Danmark.

Standard leveringstid for ferdig fabrikkert trommelrør med vulking fra Interroll sin fabrikk i Danmark er fire uker. Ved kritiske situasjoner kan det også utføres hurtigbestillinger. I slike situasjoner kan leveringstiden ifølge Interroll AS presses ned til tre til fem dager, dog med høye kostnader.

Den andre typen reservedeler som ikke er lagerført ved verkstedet i Drammen er komponenter som er spesialdesignet fra fabrikk. Komponentene er tilknyttet skreddersydde trommelmotorer som ikke er oppført i produktkatalogen, fortrinnsvis større trommelmotorer med diameter utover den største standardstørrelsen på 217,5 mm.

Bakgrunnen for Interroll AS sitt valg av reservedelsstrategi er at trommelrør med vulking og øvrige spesialdesignede komponenter er preget av forholdsvis liten gjennomstrømning i verkstedet i Drammen. Basert på kundenes ulike kravspesifikasjoner er det i tillegg knyttet stor variasjon til komponentenes egenskaper og utforming. Følgelig er antall ulike kombinasjoner av trommelrør og vulking som benyttes av kundene på det norske markedet svært høyt. Lagerføring av samtlige kombinasjoner av trommelrør og vulking er fysisk umulig i lokalene Interroll AS disponerer per i dag.

Lagerbeholdningen av standardreservedeler som bedriften disponerer per i dag utgjør en egen sone i verkstedet. Reservedelene er organisert i reoler og lagerbokser, hvorav hver type trommelmotor disponerer sin egen reel. Antall lagerførte artikler av hver komponent avhenger av forbruk og gjennomstrømning. Figur 9.4 viser to av totalt fire reoler som Interroll AS disponerer. Nederst i reolene er trommelrør av typene mest benyttet av Interroll AS sine kunder på det norske markedet.



Figur 9.4 Lagerbeholdningen Interroll AS disponerer består av standardreservedeler.

Til forskjell fra SalMar AS som praktiserer bestillingspunktsystemet som lagermodell for lagerførte reservedeler, benytter Interroll AS periodisk bestilling. Bedriften benytter ikke noen form for databaserte vedlikeholdsstyringssystem. Ved hver reol er det hengt opp en liste med informasjon om komponentene tilknyttet tilhørende type trommelmotor. Listene kan i Figur 9.4 sees på tverrsiden av reolene. Uttaksføringen foregår ved at vedlikeholdspersonellet fyller inn i listen hver gang en artikkel tas ut av lagerbeholdningen. Bestillingsansvarlig gjennomgår med faste tidsrom listene og etterbestiller slik at antall artikler fylles opp til et forhåndsbestemt maksimalt lagernivå.

Interroll AS deler verkstedet hvor de utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer i to soner. «Uren sone» benyttes i hovedsak til åpning av trommelmotor, mens «ren sone» benyttes til å montere trommelmotor sammen igjen.

Første steg ved ankomst av trommelmotor for korrigerende vedlikehold er vurdering av nødvendighet for utskiftning av trommelrør. I likhet med SalMar AS behandler Interroll AS trommelrør og vulking som én ikke-reparerbar enhet. Basert på uttalelser fra leverandøren bør trommelrør erstattes per 3-4 reparasjon, fortrinnsvis grunnet det korrigerende vedlikeholdets slitasje på trommelrøret. Fjerning og påføring av fastholdingsmasse parallelt med at store krefter benyttes med hensyn til å føre innmaten ut og inn medfører spesielt slitasje for metallet på innsiden av trommelrør. I tillegg vil styrken på fastholdingsmassen mellom vulking og trommelrør avta med tiden samtidig som sporene i vulkingen slites.

Imidlertid foreligger det ikke hos Interroll AS noen form for oversikt over antall ganger en bestemt trommelmotor har vært gjennom en korrigerende vedlikeholdsprosess. Følgelig erstattes trommelrør på bakgrunn av visuell vurdering utført av vedlikeholdspersonellet ved bedriften.

Interroll AS sine prosedyrer for utførelse av korrigerende vedlikehold baserer seg på utskiftning av forbruksreservedeler samt defekte og eventuelt slitte deler. Samtlige forbruksreservedeler som tetninger, lager, simmeringer og ground sleeve karakteriseres som slitedeler med forholdsvis lav innkjøpskostnad og erstattes hver gang en trommelmotor repareres. Reservedeler med en noe høyere innkjøpskostnad som rotor, aksling, akselendestykke og endelokk byttes kun ut dersom de er preget av slitasje i den grad at deres funksjonelle framtidsutsikter antas å være påvirket. Tilstand på stator kontrolleres ved måling av elektrisk resistans i viklinger og byttes ut dersom målerverdiene avviker fra hverandre.

Påfølgende delkapitler vil formidle en beskrivelse av Interroll AS sine rutiner for utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.

## 9.4 Korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved Interroll AS

### 9.4.1 Uttømming av olje

Første steg i prosedyrene for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer er tømning av trommelrør for olje. Interroll AS anvender en egenprodusert bukk avbildet i Figur 9.5. Trommelmotor settes vertikalt i bukken som videre er plassert på en rist for å unngå oljesøl.



*Figur 9.5 Interroll AS disponerer en egenprodusert bukk for å tømme trommelrøret for olje.*

Bukken er konstruert slik at den kan benyttes for samtlige trommelmotorer Interroll AS reparerer. For å sikre at trommelrøret tømmes fullstendig for olje, forblir trommelmotor stående på bukken i 15-20 minutter etter at oljepluggene er fjernet.

### 9.4.2 Åpning av trommelmotor

For enklere løsning av trommelrør fra innmaten er det nødvendig å redusere motstandsdyktighet på fastholdingsmassen. Til formålet benytter Interroll AS en stålhammer og en messingdor, hvor stålhammer benyttes til å slå messingdor mot ytterpunktene av endelokket hvor fastholdingsmassen sitter. Hensikten er tilførsel av kraft på små deler av overflaten i korte intervaller slik at fastholdingsmassen brytes.



Figur 9.6 viser hvordan leverandøren anbefaler reduksjon av motstandsdyktighet på fastholdingsmassen med hensikt å forenkle åpning av trommelmotor.



*Figur 9.6 Interroll anbefaler bruk av stålhammer og messingdor for bryting av fastholdingsmasse.*

Selv om deler av fastholdingsmassen er brutt må det som tidligere diskutert tilføres store krefter til for å løsne endelokk fra trommelrør. For å kunne tilføre den kraften som er nødvendig uten å skade andre komponenter inne i trommelrøret benytter Interroll AS slagtrekkere. Bildet til venstre i Figur 9.7 viser hvordan slagtrekker og endelokk kobles sammen via gjengene hvor oljepluggene opprinnelig er festet. Interroll AS sin avdeling i Drammen har på egen hånd konstruert overganger med ulike typer gjenger slik at slagtrekkere kan benyttes på samtlige trommelmotorer bedriften reparerer. Bildet til høyre i Figur 9.7 viser et utvalg slagtrekkere som bedriften disponerer.



*Figur 9.7 Endelokk festes til slagtrekkere (høyre) via overganger (venstre).*

For at det skal være mulig å trekke endelokket ut fra trommelrøret må den andre siden av trommelmotoren spennes fast. Til formålet benytter Interroll AS en bukk med justerbar innfestingsklemme vist i Figur 9.8. Klemmen kan stilles inn til å klemme fast trommelrør i de fleste størrelser innenfor spekteret av trommelmotorer som Interroll AS reparerer. Mindre konvensjonelle trommelmotorer som typen 217i og oppover er for store for innfestingsklemmen og spennes fast ved bruk av stropper. Stroppene er også vist i Figur 9.8.



*Figur 9.8 En bukk med justerbar innfestingsklemme benyttes til fastspenning av trommelrør.*

Verktøyet gir Interroll AS mulighet til å løsne endelukk fra trommelrør uten risiko for å skade andre komponenter inne i røret. Imidlertid er det tilfeller hvor bruk av overnevnte verktøy ikke er tilstrekkelig for åpning av trommelmotor.

Motstandsdyktighet på fastholdingsmasse avhenger av flere faktorer. Mengde fastholdingsmasse som er påført og hvor lang tid det er siden fastholdingsmassen ble påført er begge faktorer som i stor grad påvirker hvor utfordrende løsning av trommelrør er. Belastning under operasjon er også et sentralt element. En trommelmotor som over tid belastes for et større moment enn den er designet for, vil kunne generere mer varme enn hva innfestingen mellom trommelrør og endelukk er konstruert for. Følgelig kan det være mindre utfordringer knyttet til åpning av trommelmotorer operert med overbelastning enn hva som er tilfellet for trommelmotorer driftet i henhold til spesifikasjoner. I tillegg kan det være enklere å løsne et trommelrør hvor metallet på innsiden er mer slitt som følge av at trommelmotoren har vært gjennom flere reparasjonsprosesser.

Interroll anbefaler anvendelse av overnevnte prosedyrer med stålhammer og messingdor etterfulgt av slagtrekkere for bryting av fastholdingsmassen mellom trommelrør og endelukk. Bedriften har egne prosedyrer for åpning av mer utfordrende trommelmotorer. Dersom fastholdingsmassen ikke brytes fullstendig ved bruk av slagtrekkere, anbefaler Interroll AS en enkel prosedyre ved bruk av aluminiumsplate. Formålet er å tilføre akselendestykket på motsatt side av der det er benyttet

stålhammer og messingdor tilstrekkelig kraft slik at endelokket løsner. Prosedyren går ut på at akselendestykket bankes ned i aluminiumsplaten, vist i Figur 9.9.



Figur 9.9 Interroll anbefaler bruk av aluminiumsplate for åpning dersom slagtrekkere ikke er tilstrekkelig. Foto: Interroll

Endelokkets overflate er på forhånd tilført kraft i ytterkantene ved bruk av messingdor og stålhammer. Bilde 2 i figuren viser hvordan trommelmotor vertikalt føres ned mot aluminiumsplaten. Mengden krefter som kreves for åpning av trommelmotor avhenger av styrken på fastholdingsmassen. Bilde 3 viser hvordan endelokket løsner fra trommelrøret når tilstrekkelig med krefter tilføres. I bilde 4 er endelokket fullstendig løst. Innmaten kan problemfritt føres ut.

### 9.4.3 Rengjøring

Interroll AS utretter som nevnt et stort fokus på at inngrep som utføres ikke skal ha negativ innvirkning på levetiden til en trommelmotor. Følgelig inngår hygiene i form av rengjøring av komponenter i forbindelse med det korrigerende vedlikeholdet som et sentralt element. Etter at endelokket er løst fra trommelrøret og innmaten er tatt ut, skal samtlige komponenter rengjøres nøye. Til formålet disponerer bedriften en industrivaskemaskin designet for rengjøring av metallkomponenter i ulike fasonger. Imidlertid er noen av komponentene knyttet til de største trommelmotorene for store for vaskemaskinen. I disse tilfellene benyttes manuelle vaskeprosedyrer. Interroll AS sin vaskemaskin og vaskekum er vist til henholdsvis venstre og høyre i Figur 9.10.



Figur 9.10 Til rengjøring benyttes en industrivaskemaskin (venstre) og en vaskekum (høyre).

Såpe og vann benyttes for fjerning av oljerester og annet smuss fra komponentene. Deretter tørkes komponentene nøye med hensikt å sikre at fukt ikke kommer inn i trommelmotor under sluttmontering. Prosessene i «uren sone» er fullført og komponentene bringes over i «ren sone» av verkstedet hvor sluttmonteringen foregår.

#### 9.4.4 Sluttmontering

«Ren sone» består i hovedsak av arbeidsbenker, testbenk, verktøy for sluttmontering, en reol for lagring av de minste reservedelene med høyest forbruk samt oljetanker. Første steg i monteringsprosessen er sammenkobling av stator og rotor. Et multimeter benyttes for måling av elektrisk resistans i viklinger med hensikt å avdekke eventuelle feil på stator.

Dersom det ikke er noen betydelige forskjeller på målerverdiene tilknyttet de ulike viklingene, monteres resten av innmaten bestående av stator, rotor, girboks, aksling og akselendestykker sammen. For festing av lager i sluttmonteringsfasen benytter Interroll AS en presse av typen vist i Figur 9.11. Interroll har selv utviklet endestykker i ulike størrelser tilknyttet pressen slik at den kan benyttes for alle typer trommelmotorer bedriften reparerer.



Figur 9.11 Interroll AS disponerer en presse for påføring av kulelager. Foto: Interroll

Trommelmotor fylles med smøreolje etter at innmaten er montert sammen inne i trommelrør. Interroll AS disponerer to oljefat med pneumatisk pumpe som gjør det mulig å stille inn mengde olje som skal tappes. Basert på størrelse og type spesifikasjoner skal trommelmotorer fylles med ulik mengde olje. På veggen ovenfor oljefatene i verkstedet henger det en tabell som beskriver hvor mye olje trommelmotorer med bestemte spesifikasjoner skal tilføres. Ved hjelp av pumpen kan vedlikeholdspersonellet ved Interroll AS enkelt sikre at riktig mengde olje blir benyttet.

Siste steg er sammenliming av endelokk og trommelrør, hvor Interroll AS også benytter en presse. Fastholdingsmasse påføres innsiden av trommelrør samt overflaten av ytterkanten på endelokk. Videre festes et konisk endestykke til pressen for å presse fronten av endelokk slik at bakre del havner inne i trommelrør og fester seg til rørveggen. For at pressen skal kunne benyttes på alle typer trommelmotorer disponerer Interroll AS endestykker i alle størrelser. Prosessen er vist i Figur 9.12.



Figur 9.12 Interroll AS benytter en presse for lukking av trommelmotor. Foto: Interroll

Etter at trommelrør og endelokk er limt sammen testes trommelmotor i testbenk. I likhet med prosedyrene ved InnoMar utføres testingen ved at trommelmotor kobles til et strømskap og festes fast i testbenk ved hjelp av to opplagringspunkt. Strømskapet er konfigurert slik at det kontinuerlig måler og fremstiller elektrisk resistans i fasene i stator. Dersom elektrisk resistans i fasene ikke avviker betydelig i løpet av en halvtime i testbenk betraktes trommelmotor som godkjent.

## 9.5 Konklusjon

SalMar AS sin vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer basert på insourcing av vedlikehold anses for å være hensiktsmessig, fortrinnsvis grunnet et stort antall trommelmotorer parallelt i drift alle produksjonsdager, mindre risiko for lengre produksjonsstopp og unngåelse av fraktkostnader.

Imidlertid foreligger det betydelige forskjeller i rutinene knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer hos Interroll AS og SalMar AS. Dette på tross av at leverandøren i

forbindelse med sitt oppfølgingsprogram av eksisterende kunder utfører kursing av vedlikeholdspersonell omhandlende reparasjon av trommelmotorer. Da leverandøren har benyttet mye ressurser på forskning knyttet til hvordan vedlikehold av trommelmotorer skal utføres med hensyn til ivaretagelse av levetiden er liten tvil om at SalMar AS kan dra nytte av å opptre som en lærende vedlikeholdsorganisasjon overfor Interroll AS og deres vedlikeholdsprosedyrer. Forslag til forbedringstiltak inkluderer adopsjon av deler av Interroll AS sine prosedyrer knyttet til korrigerende vedlikehold av trommelmotorer, utdypet i Kapittel 10.4.



## 10 Optimalisert vedlikeholdsstyring av trommelmotorer

Kapittelets overordnede målsetning er formidling av en beskrivelse av tiltak som er planlagt implementert for optimalisering av systemer og prosedyrer tilknyttet vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS. Foreslåtte tiltak er delt inn i fire hovedkategorier med hensyn til hvilke områder innenfor vedlikeholdsstyringen som skal forbedres. Inndelingen er som følger:

- Beholdning av trommelmotorer
- Håndtering av trommelmotorer i Infor EAM
- Reservedelsstyring av trommelmotorer
- Korrigerende vedlikehold av trommelmotorer

Fundamentet for generering av forbedringstiltak er presentert i det påfølgende.

### 10.1 Beholdning av trommelmotorer

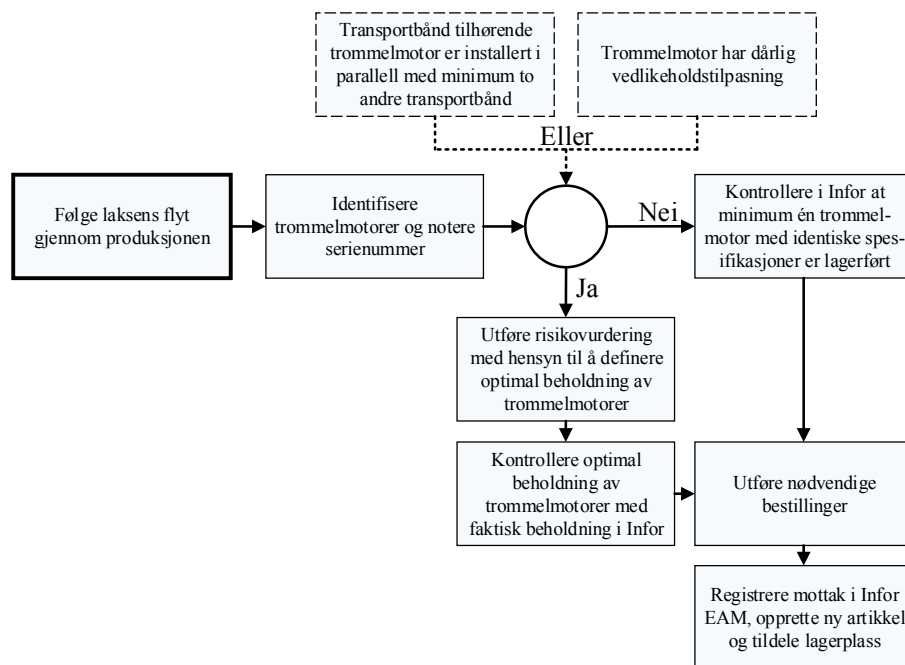
Fravær av risikovurderinger innledningsvis da «Prosjekt InnovaMar» ble utarbeidet samt fortsatt ikke-eksisterende rutiner for risikovurdering i et produksjonsanlegg hvor det stadig utføres modifikasjoner og nye installasjoner har ført til at SalMar AS opplever utfordringer knyttet til å ha en robust beholdning av trommelmotorer. Med hensikt å være sikret mot lengre produksjonsstopp som følge av motorsvikt bør samtlige trommelmotorer som opereres ved InnovaMar, ha minimum én trommelmotor med identiske spesifikasjoner lagerført. For trommelmotorer tilhørende transportbånd som opererer i parallell bør minimum beholdning være antall motorer i parallell pluss én. Dog finnes det unntak. For trommelmotorer med dårlig vedlikeholdstilpasning og trommelmotorer tilhørende transportbånd installert i større parallellsystemer må det utføres risikovurdering med hensyn til å definere optimal lagerbeholdning.

For at dette skal være mulig å gjennomføre er det nødvendig å identifisere samt fremskaffe en oversikt over bedriftens trommelmotorer. Enkelte trommelmotorer ved InnovaMar har verken sviktet eller blitt erstattet siden fabrikken stod ferdigstilt. Trommelmotorene er ikke registrert i Infor EAM og opererer følgelig uten at systemet er klar over at de eksisterer. For å kunne identifisere samtlige trommelmotorer kreves det en omfattende inspeksjonsrunde.

Ved fysisk å følge produksjonen gjennom fabrikken kan informasjon om serienummer tilhørende samtlige trommelmotorer innhentes. Videre kan serienumrene benyttes til å søke i utstysregisteret i Infor EAM og på så måte kontrollere at hensiktsmessig antall trommelmotorer med identiske spesifikasjoner er lagerført.

Dersom faktisk beholdning av trommelmotorer avviker fra optimal beholdning, enten på bakgrunn av risikovurdering eller at ingen motorer med identiske spesifikasjon er lagerført, skal nødvendige

bestillinger utføres. I tilfeller hvor søk på serienummeret i utstysregisteret genererer null treff, tilsvarer søket en trommelmotor som ikke har blitt erstattet siden InnovaMar var ferdigstilt. Følgelig skal en ny artikkel opprettes i Infor EAM og en trommelmotorer med identiske spesifikasjoner bestilles. Prosessen er illustrert i Figur 10.1.



Figur 10.1 Optimalisering av beholdningen av trommelmotorer er et prioritert forbedringstiltak.

Prosessen knyttet til generering av optimal beholdning av samtlige trommelmotorer i fabrikk er ikke komplisert, men svært tidkrevende. Likevel er det et forbedringstiltak som bør prioriteres. For vedlikeholdspersonellet å vite at det alltid finnes en trommelmotor med identiske spesifikasjoner på lager når en svikt oppstår vil føles svært betryggende. I tillegg vil det som tidligere diskutert sikre bedriften mot lengre produksjonsstopp og større økonomiske tap.

## 10.2 Prosedyrer for håndtering av trommelmotorer i Infor EAM

### 10.2.1 Utstysregister

Artikler i utstysregisteret i Infor EAM tilknyttet trommelmotorer er preget av liten grad av standardisering. Utklippet fra utstysregisteret i Figur 10.2 underbygger forskjellene knyttet til hvilken informasjon de ulike artiklene inneholder.



Artikel	Beskrivelse	Måleenhet
(A) [ ]	(A) [ ] trommelmotor	(A) [ ]
15517	Trommelmotor, Serienummer 100910 1,5kw 4p 0,6 m/s	STK
20195	Trommelmotor snr. 10406530	STK
20166	Trommelmotor 113i, 0,30 kW, 4-pol, 0,60 m/s, serienr. 4953180	STK
15920	Trommelmotor 80i, 0,12 kW, 2-pol, serienummer 10114000	STK
20128	Trommelmotor 113i, 0,30 kW, 0,19 m/s, Habasit M2510, serienr. N-163103	STK
20090	Trommelmotor, serienr. 10061383	STK
19707	Trommelmotor 113i, serienr 4956294	STK
16857	Trommelmotor 80i, 0,12 kW, 2-pol, serienummer 10114003	STK
19944	Trommelmotor 216i, 1,5 kW, 4-pol, 0,40 m/s 50 Hz, Intralox S800 serienr. 4873495	STK
19943	Trommelmotor, serienr. 4878053	STK
19881	Trommelmotor 138i, 0,18 kW, 8-pol, 0,1 m/s, IntraloxS1600, serienr. 11120079	STK

Poster: 100 av 100+ 123

Figur 10.2 Det foreligger ingen standardisering for artikkelbeskrivelser i Infor EAM.

Av Figur 10.2 fremkommer det at enkelte artikkelbeskrivelser inneholder informasjon om type trommelmotor, effekt, poltall, hastighet, båndtype og serienummer. Andre artikkelbeskrivelser inneholder kun informasjon om serienummer. Majoriteten av artikkelbeskrivelsene i utstysregisteret tilknyttet trommelmotorer inneholder noe midt imellom. Det kommer tydelig frem at nåværende rutiner knyttet til registrering av trommelmotorer i Infor EAM ikke følger noen form for standard.

Liten grad av standardisering i utstysregisteret skaper utfordringer for vedlikeholdspersonellet. Ved motorsvikt har det blitt en standard prosedyre blant majoriteten av teknisk avdeling å benytte trommelmotorens serienummer som hjelp til å finne lagerplasseringen til en trommelmotor med identiske spesifikasjoner. Ved å søke på serienummeret til defekt motor i utstysregisteret i Infor EAM, er hensikten å finne trommelmotorens spesifikasjoner. Utklippet i Figur 10.3 viser et søk på serienummer «11322386» i utstysregisteret.

Artikkel 21297 Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,80 m/s, Intralox S1600, serienr. 11322386

Alle artikler Redigere Artikel (A) [ ]

Artikel	Beskrivelse	Måleenhet	Klasse	Kategori
(A) [ ]	(A) [ ] 11322386	(A) [ ]	(A) [ ]	(A) [ ]
21297	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,80 m/s, Intralox S1600, serienr. 11322386	STK		

Poster: 1 av 1 123 Vis filterrad: [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

Figur 10.3 Et søk på serienummeret til trommelmotor i utstysregisteret.

Som Figur 10.3 viser inneholder artikkelbeskrivelsen informasjon om type trommelmotor, effekt, poltall, hastighet, båndtype og serienummer. En slik informativ artikkelbeskrivelse forenkler prosessen knyttet til å finne lagerplasseringen til en trommelmotor med identiske spesifikasjoner dersom det skulle oppstå en situasjon hvor trommelmotor i Figur 10.3 svikter.

En funksjon ved Infor EAM er at systemet tillater brukeren å søke på to søkeord i utstyrsregisteret ved samme søk. Med hensikt å finne en trommelmotor med identiske spesifikasjoner som sviktet motor, kan søk genereres med basis i to av spesifikasjonene. Utklippet i Figur 10.4 viser resultatene generert fra et søk på søkeordene «138i» og «0,80 m/s» i utstyrsregisteret.

Artikkel 21297 Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,80 m/s, Intralox S1600, serienr. 11322386

Alle artikler Redigere Beskrivelse (A) 0,80 m/s

Artikk...	Beskrivelse	Måleenhet	Klasse	Kategori
(A) 138i		(A)	(A)	(A)
21297	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,80 m/s, Intralox S1600, serienr. 11322386	STK		
21268	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,80 m/s, Intralox S1600, serienr. 4996742	STK		

Poster: 2 av 2 123 Vis filtrerad:

Figur 10.4 Infor EAM tillater brukeren å søke på to søkeord i utstyrsregisteret.

Som Figur 10.4 viser genererte søket to treff, hvorav én trommelmotor er den samme som i utklippet i Figur 10.3. Den andre trommelmotoren innehar identiske spesifikasjoner og skal i henhold til nåværende vedlikeholdsprosedyrer være lagerført. Lagerplasseringen kan finnes ved å klikke seg inn på den aktuelle trommelmotoren. Som det fremkommer i utklippet i Figur 10.5 finnes det i dette tilfellet én trommelmotor med identiske spesifikasjoner lagerført.

Artikkel 21268 Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,80 m/s, Intralox S1600, serienr. 4996742

Detailvisning Kommentarer Lagersteder Lagerbeholdning x Leverandører

Hele lagerbeholdningen Redigere Lagersted

Lagersted	Beskrivelse	Lagerplass	Ant. på lager	Antall kjerner
(A) HLF	(A) Hovedlager fabrikk	(A) 250-A3-C-12-A	= 1	= 0

Poster: 1 av 1 123

Figur 10.5 Lagerplasseringen kan finnes ved å klikke seg inn på aktuell trommelmotor.

Dersom minst én av artikkelbeskrivelsene tilhørende aktuell trommelmotor kun hadde inneholdt informasjon om serienummer, hadde det ikke vært mulig å benytte denne metoden for å finne lagerplasseringen. Spesifikasjonene som ettersøkes hadde ikke inngått blant artikkelbeskrivelsene i utstyrsregisteret.

Løsningen storparten av vedlikeholdspersonellet velger når søk på spesifikasjoner ikke genererer relevante treff er fysisk å lete etter trommelmotor på lageret hvor motorer er lagerført. Ved først å måle diameter og lengde samt å betrakte type vulking på defekt trommelmotor, benyttes en tommestokk til å lete blant de lagerførte trommelmotorene. Prosedyren er nærmest slik at den første trommelmotoren med de riktige spesifikasjonene som finnes benyttes, spesielt ved produksjonsstopp. I tillegg til at en slik omfattende «leteaksjon» tar tid, medfører prosedyren risiko i form av at det på lageret kan være flere trommelmotorer med lik vulking, diameter og lengde, men med ulik effekt eller hastighet.

Flere ganger tidligere har det oppstått situasjoner hvor en defekt trommelmotor har blitt erstattet med en motor med en helt annen hastighet. I slike situasjoner må trommelmotor på ny byttes ut, hvilket medfører en ny leteprosedyre og følgelig utvidet nedetid for produksjonsprosessen.

Det er liten tvil om at et standardiserte artikkelbeskrivelser i utstyrsregisteret vil medføre fordeler i vedlikeholdsarbeidet. Slik situasjonen er per i dag er det ingen system over beholdningen av trommelmotorer – det er ingen som egentlig vet hvor mange trommelmotorer det finnes med de ulike spesifikasjonene.

For at vedlikeholdsledelsen skal kunne holde oversikt over beholdningen av trommelmotorer, anses det som et nødvendig tiltak å gjennomgå og oppdatere samtlige artikler tilhørende trommelmotorer i Infor EAM. Samtlige artikler tilknyttet trommelmotorer som opereres i produksjonsanlegget bør oppdateres slik at artikkelbeskrivelsene følger en standard. For at anleggsregisteret ikke skal være misvisende, bør artikler tilknyttet trommelmotorer som ikke lenger finnes i beholdningen hakes ut ved «ikke i bruk» eller fjernes.

Samtlige artikkelbeskrivelser bør inneholde tilstrekkelig informasjon med hensyn til at det skal være enkelt for vedlikeholdspersonellet å se hvilke spesifikasjoner trommelmotorene innehar. Videre bør utformingen av artikkelbeskrivelsene være standardisert med hensyn til informasjon og struktur. Standardisering vil føre til tidsbesparelse for vedlikeholdspersonellet i form av at spesifikasjoner blir søkbare og på så måte enkel å finne. I tillegg vil det generere økt trygghet for bedriften med hensyn til å sikre at trommelmotorer med de riktige spesifikasjonene benyttes.

En standardisering som foreslås å benytte er i tråd med artikkelbeskrivelsene tilhørende trommelmotorene vist i Figur 10.6.

Artikkel	Beskrivelse	Måleenhet	Klasse
[A] ▾	[A] ▾ trommelmotor	[A] ▾	[A] ▾
21562	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,541 m/s, Habasit M1233, serienr. 11214302	STK	
21561	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,541 m/s, Habasit M1233, serienr. 11214300	STK	
21560	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,541 m/s, Habasit M1233, serienr. 11214303	STK	
21559	Trommelmotor 138i, 0,55 kW, 2-pol, 0,541 m/s, Habasit M1233, serienr. 11214301	STK	
21532	Trommelmotor 138i, 0,75 kW, 4-pol, 0,30 m/s, Intralox S1600, serienr. 5047790	STK	

Poster: 50 av 100+

Figur 10.6 Enkelte artikkelbeskrivelser er standardisert i form av type informasjon og struktur.

Artikkelbeskrivelsene i Figur 10.6 er standardisert med hensyn til både type informasjon og struktur. Informasjonen som inngår er som følger:

«Type trommelmotor, effekt, antall polpar, hastighet, type transportbånd, serienummer».

Dersom artikkelbeskrivelsene består av overnevnte spesifikasjoner anses det for å være tilstrekkelig. Spesifikasjonene gjør det mulig for vedlikeholdsledelsen å opprettholde kontroll over beholdningen av trommelmotorer. Eksempelvis kan et søk på to spesifikasjoner vist i Figur 10.4 generere et søkeresultat som med sikkerhet gjenspeiler faktisk beholdning av trommelmotorer. I tillegg kan standardiserte artikkelbeskrivelser i utstysregisteret som vist forenkle prosessen med å finne riktige trommelmotorer i lagerbeholdningen.

Implementering av ovenfor nevnte tiltak er forholdsvis enkelt, men i likhet med fremskaffelse av en robust beholdning av trommelmotorer svært tidkrevende. Mest hensiktsmessig med hensyn til tidsbruk hadde det vært å utføre de to forbedringstiltakene parallelt. Etter planen skal ressurser i form av sommervikarer fra NTNU disponeres med hensyn til utførelse av de mest elementære forbedringstiltakene.

### 10.2.2 Anleggsregister

Ved svikt av en trommelmotor er det kritisk på kortest mulig tid å erstatte den med en ny motor og på så måte gjenopprette produksjonsprosessen. En faktor som påvirker vedlikeholdsevnen til en trommelmotor som har sviktet er hvor mye tid som går med på å finne frem en trommelmotor med identiske spesifikasjoner. Ovenfor nevnte metode med benyttelse av serienummer til defekt

trommelmotor som søkeord med hensikt å finne lagerplassering til motor med identiske spesifikasjoner er metoden som hyppigst benyttes blant teknikerne ved SalMar AS.

Dersom metoden skal fungere i praksis krever den som nevnt at artikkelbeskrivelsene er informativ med hensyn til å inneholde spesifikasjoner som benyttes i søkeord. For at metoden skal være effektiv med hensyn til at trommelmotor med identiske spesifikasjoner kan finnes frem parallelt med at defekt motor tas ut av produksjonsprosessen, kreves det i tillegg at serienummer er synlig for teknikerne mens trommelmotor er installert i fabrikk. Flere av trommelmotorene er imidlertid installert på en slik måte at motor må tas ut av produksjonsprosessen for at identifisering av serienummer skal være mulig. Ved at prosessene knyttet til å ta ut trommelmotor fra produksjonen og finne frem ny trommelmotor fra lageret ikke kan utføres parallelt, vil vedlikeholdsevnen bli dårligere.

Som nevnt i forbindelse med beskrivelsen av anleggsregisteret i Kapittel 6.2.1, er det mulig å benytte anleggets hierarkiske struktur i Infor EAM med hensikt å finne ut hvilke artikler som er tilknyttet ulike systemer og aktiva i fabrikk. Majoriteten av trommelmotorene i beholdningen ved InnovaMar er i Infor EAM knyttet opp mot én eller flere aktiva. Ved svikt av en trommelmotor kan teknikere ved hjelp av den hierarkiske strukturen i Infor EAM navigere seg inn på aktivum som er påvirket av motorsvikten og på så måte identifisere hvilke trommelmotorer som kan benyttes som erstatning.

To av trommelmotorene ved InnovaMar det er knyttet mest utfordring til utskiftning av er tilknyttet stigebåndene i avdelingen for slaktning av laks. Figur 10.7 viser stigebåndene som frakter laksen mot avkjølingstankene etter bløtting og påbegynt utblødning.



*Figur 10.7 Laksen fraktes fra bløtting til avkjølingstanker via to parallelle stigebånd.*

Hvert stigebånd frakter 50% av all laksen som slaktes ved InnovaMar. Følgelig vil svikt av én av motorene som driver stigebåndene medføre at kapasiteten i avdelingen for slaktning av laks halveres. Ved inntreffelse av svikt er den mest effektive måten med hensyn til å finne lagerplassering til en

trommelmotor med identiske spesifikasjoner benyttelse av den hierarkiske strukturen i Infor EAM. Stigebåndene utgjør hvert sitt aktivum i hierarkiet. Ved å navigere seg inn på et av aktivumene er det mulig å se samtlige tilknyttede artikler. Figur 10.8 viser artikler tilknyttet aktivumet «Stigebånd 1».

**Aktiva FR2.4B02O Stigebånd 1**

FR2.4B02O

FR2.4B02O - Stigebånd 1  
Organisasjon: 04  
Avdeling: SLAKT  
Status: Installert

Alle tilknyttede artikler Redigere Artikkel

Artikkel	Beskrivelse	Antall	Måleenhet
[A] 13698	[A] trommelmotor	= 1	[A] STK
13698	Trommelmotor 165i, 2,2 kW, 0,6 m/s, S/S, Scanbelt 50-800 Z=12. serienr. N100703		1 STK
13777	Trommelmotor 165i, 2,2 kW, 0,6 m/s, S/S, Scanbelt 50-800 Z=12, serienr. N100702		1 STK
15309	Trommelmotor 165i, 2,2 kW, 0,60 m/s, BST, Scanbelt 50-800 Z=12 serienr N111406		1 STK

Poster: 3 av 3 123 Vis filtrerad: [checked] [dropdown] [dropdown] [dropdown] [dropdown]

Figur 10.8 Trommelmotorer tilknyttet «Stigebånd 1».

Som det fremkommer i Figur 10.8 er det blant beholdningen av trommelmotorer ved InnovaMar totalt tre motorer tilknyttet «Stigebånd 1». De samme trommelmotorene er også knyttet opp mot «Stigebånd 2» som er stigebåndet til høyre i Figur 10.7. Hensikten er alltid å ha én trommelmotor i lagerbeholdningen som reserve for de to trommelmotorene som til enhver tid er installert i hvert sitt stigebånd.

Lagerinformasjon for trommelmotorene kan vises ved å klikke på hver enkelt artikkel. Prosedyren tillater teknikerne å finne ut hvilken type trommelmotor som kan benyttes i stigebåndet samt hvor aktuell trommelmotor er lagerført. Lagerplassering i anleggsregisteret vil kun være definert for lagerførte trommelmotorer.

Prosedyren er enkel og effektiv. Så lenge trommelmotorer er knyttet opp mot aktiva i Infor EAM kreves det heller ikke at artikkelbeskrivelsene er fullstendig for at prosedyren skal fungere. Involvering i prosessene knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold ved InnovaMar og samtaler med teknikerne har gitt inntrykk av at anleggshierarkiet er et lite benyttet verktøy blant teknikerne, fortrinnsvis grunnet mangelfull kunnskap om Infor EAM.

Et tiltak for effektivisering av vedlikeholdsarbeid knyttet til prosessene rundt utskiftning av trommelmotorer er opplæring av samtlige teknikere hvordan anleggsregisteret kan anvendes med hensyn til benyttelse av aktiva for å finne tilknyttede artikler. I tillegg til å forbedre vedlikeholdsevnen til utskiftningsprosessen vil prosedyrene medføre sikkerhet i form av at riktig trommelmotor benyttes.

Med hensikt å illustrere for teknikerne hvor effektivt det er å benytte anleggsregisteret til å finne ut hvilke artikler som er tilknyttet ulike aktiva, har undertegnede utarbeidet en ettpunktsleksjon. For at ettpunktsleksjonen skal kunne benyttes som støtteverktøy for teknikerne med mangelfull kunnskap om Infor EAM, skal den etter planen implementeres i anleggsregisteret. I tillegg til generering av læring for teknikere som allerede er ansatt ved InnovaMar, vil ettpunktsleksjonen være til nytte for fremtidige nye ansatte. Ettpunktsleksjonen er vedlagt i Vedlegg D.

### **10.3 Prosedyrer for reservedelsstyring tilknyttet trommelmotorer**

SalMar AS opplever på nåværende tidspunkt utfordringer knyttet til å ha et system for å sikre at reservedeler som er nødvendig for vedlikehold av trommelmotor er lagerført til riktig tid. Årsakene er som diskutert i Kapittel 8.5 fortrinnsvis:

- Mangelfull oversikt over beholdningen av trommelmotorer, spesielt med hensyn til antall trommelmotorer med ulike spesifikasjoner som driftes ved fabrikken
- Etterbestillingspunkter tilknyttet reservedeler definert med for lave verdier i Infor EAM
- Rutinesvikt i prosedyrene knyttet til uttaksføring av reservedeler

For at etablering av en oversikt over beholdningen av trommelmotorer skal være mulig er det som nevnt nødvendig med en gjennomgang og en oppdatering av samtlige artikkelbeskrivelser tilknyttet trommelmotorer i Infor EAM. En oversikt over hvordan beholdningen av trommelmotorer er fordelt med hensyn til ulike spesifikasjoner genererer et fundament for gjennomføring av risikovurderinger. Risikovurderinger skal utføres på bakgrunn av kritikalitet og historikk fra tidligere korrektive hendelser med hensikt å definere optimal lagerbeholdning samt etterbestillingspunkt for reservedeler med høy anskaffelseskostnad, fortrinnsvis trommelrør med vulking, rotor, aksling, girboks og endelokk.

Et annet område det er knyttet utfordringer til ved SalMar AS er lagerføring av statorer. Som nevnt har bedriften nylig endret rutine fra innkjøp av ny stator ved svikt til outsourcing av reparasjon til et selskap med spesialisering innen denne type vedlikehold. Som for øvrige reservedeler tilknyttet trommelmotorer har det for statorer aldri blitt utført risikovurderinger med hensyn til å definere optimal lagerbeholdning og systemer for kontrollering av at riktig type stator er på lager ved behov er fraværende. Et tiltak planlagt iverksatt for å definere optimal lagerbeholdning av statorer er gjennomføring av risikovurderinger på bakgrunn av hvordan beholdningen av trommelmotorer er fordelt med hensyn til ulike spesifikasjoner samt kritikalitet og historikk fra tidligere korrektive hendelser.

Øvrige reservedeler tilknyttet trommelmotorer er forholdsvis rimelige i innkjøp. Nåværende vedlikeholdsprosedyrer tilsier at reservedelene skal erstattes hver gang en trommelmotor repareres, hvilket medfører at forbruket er betydelig høyere enn for ovenfor nevnte reservedeler som kun erstattes ved svikt.

Involvering i daglige prosesser ved teknisk lager samt samtaler med teknikerne har videre gitt inntrykk av at registrering av uttak i Infor EAM hver gang forbruksdeler tas ut av lageret er en svært tidkrevende og tungvint prosess. I tillegg er systemet for lagerplassering av reservedeler tilknyttet trommelmotorer mangelfullt. Eksempelvis foreligger det ingen strukturering i form av at reservedeler tilknyttet samme type trommelmotor er lagerført i samme lagerhylle. Resultatet blir at det for teknikerne medgår unødig tid knyttet til leting etter riktige reservedeler.

Da forbruksreservedeler tilknyttet trommelmotorer ved InnovaMar betraktes som operasjonelle reservedeler, må samtlige artikler som tas ut fra lageret registreres i Infor EAM. Figur 10.9 viser hvordan artikler benyttet i forbindelse med overhaling av en trommelmotor er registrert på tilhørende arbeidsordre i Infor EAM.

Artikkel	Beskrivelse	Må...	Brukt	Lagerbehold...
10574	Lager , 6000 2RS	STK	1	<input checked="" type="checkbox"/>
10586	Lager , 6005 2RS, 6005 2RSR	STK	2	<input checked="" type="checkbox"/>
12254	Labyrinth sealing Ø47 + Ø25 + 4 (Trommelmotorer), LS0004-N, 1001763-N	STK	2	<input checked="" type="checkbox"/>
12255	Tettningsring 113i, 40-30-10, Viton (Trommelmotorer), OS0003-N, 1001803-N	STK	2	<input checked="" type="checkbox"/>
12753	Ground Sleeve Stainless Ø25+Ø30+11, SG0003-N, 1002179-N	STK	2	<input checked="" type="checkbox"/>
15316	113-165i Kabel, Skjernet, 5,5m, 9-leder, 1002010, RCBPC0006-N	STK	1	<input checked="" type="checkbox"/>
16984	113i gir 3-stage 24.00 17 T 61108007-N	STK	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Figur 10.9 Samtlige uttak av reservedeler definert med etterbestillingspunkt må registreres i Infor.

Prosessene knyttet til leting etter riktige reservedeler på lageret etterfulgt av registrering av uttak for én og én artikkel i Infor EAM virker svært tungvint for teknikerne, spesielt med hensyn til reservedeler som skiftes ut hver gang en trommelmotor repareres.

Et forbedringstiltak som er planlagt implementert er utvidelse av KANBAN-systemet undertegnede implementerte for forbruksmateriellet høsten 2016 til også å inkludere forbruksdeler knyttet til trommelmotorer. Som øvrig forbruksmaterieell ved InnovaMar er dette artikler med forholdsvis lav anskaffelseskostnad. Det vil dermed ikke utgjøre noen betydelig forskjell om artiklene som benyttes i forbindelse med reparasjon registreres på en arbeidsordre eller ikke. Ved at teknikerne fritas fra registrering av uttak i Infor EAM hver gang en artikkel tas ut av lageret vil KANBAN-systemet i stor grad bidra til effektivisering av uttaksprosessen.



I tillegg tillater KANBAN-systemet innkjøp av et større kvantum ved hver bestilling. Eneste begrensning vil være tilgjengelig plass i lagerboks samt risiko for forringelse. Imidlertid er de eneste reservedelene tilknyttet trommelmotorer som over tid kan påvirkes av å ligge lagerført simmeringer og gummipakninger. Følgelig må dette tas i betraktning når bestillingspunkt defineres på KANBAN-kortet og når bestillinger foretas. For resterende forbruksdeler kan lagerbeholdning og etterbestillingspunkt basert på risikovurdering optimaliseres for hver lagerboks med hensyn til å være sikret mot sen leveranse og større etterspørsel enn forventet. Det skal ikke være nødvendig at teknikerne må kontrollere at nødvendige forbruksdeler er tilgjengelig på lageret før sluttmontering av en trommelmotor kan påbegynne.

Et KANBAN-system er mest effektivt dersom artiklene som inngår er samlet. Ved å definere hele hylleseksjoner på det tekniske lageret som KANBAN-hyller blir det enkelt for teknikerne med en gang å vite hvilke artikler som faller innenfor systemet. Dersom hylleseksjonene i tillegg organiseres slik at artikler tilhørende like typer trommelmotorer samles i samme lagerhylle vil tiden som medgår på leting etter reservedeler reduseres.

Med et velfungerende KANBAN-system vil eneste arbeidsoppgave for vedlikeholdspersonellet knyttet til uttak av artikler fra seksjonen være kontrollering av at gjenværende lagernivå er høyere enn etterbestillingspunktet. Dersom uttaket fører til at lagernivået underskider etterbestillingspunktet definert på KANBAN-kortet, skal kortet som tidligere beskrevet legges i KANBAN-postkassen.

Implementering av et KANBAN-system blant beholdningen av forbruksdeler knyttet til trommelmotorer vil føre til at betydelig mindre tid går med på både leting etter reservedeler og registrering av uttak. Unike etterbestillingspunkter på KANBAN-kortene medfører i tillegg sikkerhet i form av at rutinesvikt som på nåværende tidspunkt oppleves i prosedyrene for registrering av uttak av reservedeler reduseres. Erfaringer fra SalMar AS har vist at mye av rutinesvikten bedriften opplevde for forbruksmateriell forsvant etter at det første KANBAN-systemet ble implementert høsten 2016.

## **10.4 Rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer**

Interroll AS utfører i forbindelse med sitt oppfølgingsprogram knyttet til eksisterende kunder kursing av vedlikeholdspersonell omhandlende reparasjon av trommelmotorer. Imidlertid er det som nevnt kun et fåtall av teknikerne ved InnovaMar som har gjennomført kurset. Det har heller ikke blitt rettet noe fokus mot at resterende del av teknisk avdeling skal gjennomføre kurset. Resultatet har blitt at det kun er noen få teknikere som utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.

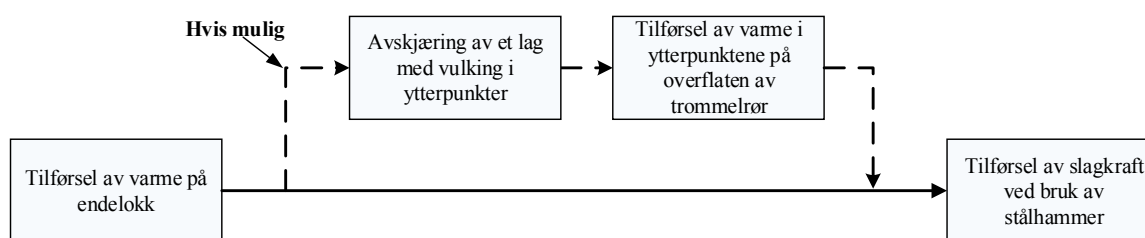
Selv om majoriteten av teknikerne som faktisk utfører vedlikehold av trommelmotorer har gjennomført kurset er det betydelige forskjeller knyttet til utførelse av selve reparasjonen ved InnovaMar og hos Interroll AS. Teknikerne som har representert SalMar AS på kurset har ikke lyktes med å ta med seg forbedringstiltak tilbake til fabrikk.

Leverandøren har benyttet mye ressurser på forskning knyttet til hvordan vedlikehold av trommelmotorer skal utføres på en best mulig måte. Deres mentalitet tilsier at inngrep skal utføres med hensikt å gjøre levetiden til trommelmotorene lengst mulig samtidig som det benyttes minimalt med ressurser. En rimelig antakelse er at Interroll AS sine prosedyrer knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer er beste praksis og det er liten tvil om at SalMar AS kan dra nytte av å opptre som en lærende vedlikeholdsorganisasjon overfor leverandøren og deres prosedyrer. Adoptering av deler av Interroll AS sine prosedyrer knyttet til korrigerende vedlikehold av trommelmotorer vil med stor sannsynlighet medføre forlenget levetid for trommelmotorene ved InnovaMar.

Selve reparasjonsprosessen kan deles inn i fire steg: åpning, rengjøring, sluttmontering og testing. Mest avvikende fra leverandørens prosedyrer er prosessene knyttet til åpning av trommelmotorer.

### 10.4.1 Åpning

Figur 10.10 viser hovedelementene som inngår i SalMar AS sine prosedyrer for åpning av trommelmotorer.



Figur 10.10 Hovedelementene ved SalMar AS sine prosedyrer for åpning av trommelmotorer.

Med hensikt å løse opp fastholdingsmassen mellom endelokk og trommelrør tilsier nåværende prosedyrer hos SalMar AS at det skal tilføres varme direkte på overflaten av endelokk. Dette strider imot anbefalingene fra leverandøren. Interroll AS prøver å unngå tilførsel av varme for forenkling av åpningsprosessen, spesielt med hensyn til endelokket. Leverandøren påpeker at tilførsel av varme på overflaten i ytterkantene av endelokket vil kunne resultere i dannelse av porer samt deformering. Potensielt kan porer i metallet bli et oppsamlingspunkt for bakterier, hvilket medfører en mer utfordrende rengjøringsprosess.

Deformasjon forekommer som et resultat av at varmen som tilføres metallet forplanter seg og ekspansjon oppstår. Ekspansjon kan i tillegg til generering av ujevne overflater i skjøten hvor endelokk skal limes fast i trommelrør, forårsake ujevnheter i kantene rundt hullet sentralt i endelokket hvor akselendestykket stikker ut. Simmering, labyrinttetning og gummipakning har til hensikt å tette åpningen mellom akselendestykke og endelokk og er designet for tetting av sirkulære hull. Endelokk preget av ujevnheter kan følgelig forårsake at vann og andre partikler trenger inn i trommelrør.

Interroll AS kan til nød tilføre overflaten av trommelrøret varme ved skjøten mot endelokket. Imidlertid er dette kun i tilfeller hvor trommelmotor er fabrikkert med vulking som ikke benytter seg av hele trommellengden. Interroll AS fraråder avskjæring av et lag med vulking i ytterpunktene av trommelrørets overflate for å kunne tilføre varme. Operasjonen vil føre til at kontaktflaten mellom trommelrør og vulking blir mindre. I tillegg kan det forårsake at vulkingen skades samt at festet i ytterpunktene hvor et lag skjæres av svekkes. For unngåelse av økning i risiko for at vulking løsner er det nettopp festet i ytterkant av vulkingen som er mest kritisk. Dersom fastholdingsmassen først begynner å løsne opp i ytterkant er det fort gjort at små partikler trenger inn under vulkingen. Inntrenging av partikler vil videre resultere i at fastholdingsmassen brytes mer og mer, hvilket medfører at vulkingen løsner.

Tilførsel av varme på endelokk og avskjæring av deler av vulking er inngrep som ifølge Interroll AS kan bidra til å redusere levetiden til en trommelmotor. Følgelig fraråder leverandøren SalMar AS benyttelse av metodene med hensikt å forenkle åpningsprosessen. Interroll AS påpeker at den mest effektive måten å bryte fastholdingsmassen på uten å måtte risikere negativ påvirkning av levetiden er benyttelse av stålhammer og messingdor som vist i Figur 9.6.

En annen betydelig forskjell knyttet til bedriftenes prosedyrer for åpning av trommelmotor er i hvilken grad krefter tilføres. Interroll AS fraråder krafttilførsel i form av harde hammerslag mot akselendestykke for åpning av trommelmotor. Med den kraften som kreves for å bryte fastholdingsmassen fullstendig, er det ved bruk av hammer svært utfordrende å treffe midt på akselendestykket med kraftretning rett gjennom trommelmotoren. Harde hammerslag hvor kraften som tilføres ikke er lineær med akselendestykkets retning kan påføre trommelmotoren betydelige skader.

Inntrenging av vann er sviktmekanismen som hyppigst fører til svikt av trommelmotorer ved InnovaMar. Følgelig er skader som påvirker tetningsevnen mellom akselendestykke og endelokk svært kritisk. På lik linje med varmetilførsel til endelokk, kan skjeve hammerslag skape ujevnheter i kantene rundt det sentraliserte hullet hvor akselendestykket stikker ut. Komponentene som opererer i området er som nevnt designet for tetting av hull med sirkulær kant og ujevnheter kan følgelig være en kilde til at vann og andre partikler trenger inn i trommelrør eller at olje lekker ut.

En annen potensiell konsekvens er deforming av selve akselendestykket. Hensikten med akselendestykket er opplagring av trommelmotor mot en maskin eller en transportør i en produksjonslinje. Dersom en trommelmotor med akselendestykker preget av slitte spor installeres i en transportør, kan et utfall være at trommelmotoren i tillegg til å rotere beveger seg i andre retninger. Følgelig skal akselendestykker med slitte spor alltid byttes ut i forbindelse med korrigerende vedlikehold.

Store og plutselige krafttilførsler i korte intervaller kan også være skadelig for andre komponenter inne i trommelrør. Som tidligere nevnt opplever SalMar AS utfordringer knyttet til å åpne opp

trommelmotorer hvor bedriftens hydrauliske presse ikke kan benyttes. Teknikerne har ved flere anledninger opplevd at komponenter inne i trommelrøret har blitt ødelagt som følge av kraften påført av hammerslagene.

På spørsmål om ikke prosedyrene knyttet til tilførsel av slagkrefter ved bruk av aluminiumsplate også kan være skadelig for komponenter inne i trommelrør, svarer Interroll AS at de opplever de samme utfordringene, men ikke i like stor grad. Selv om det forekommer i enkelte tilfeller, opplever bedriften sjeldent at andre komponenter enn slitedeler blir skadet under åpningsprosessen.

Ifølge Interroll AS skal ikke bruk av messingdor og stålhammer være noe mindre effektiv metode for nedbryting av fastholdingsmassen enn det tilførsel av varme er. Leverandøren påpeker at det første steget som tas for å bryte fastholdingsmassen, hvorav prosedyren varierer med hensyn til bedriftene, avgjør hvor mye kraft som må tilføres for åpning av trommelmotor. Selv om messingdor og stålhammer hadde blitt benyttet for nedbryting av fastholdingsmassen i forkant, mener Interroll AS at det ikke hadde vært nødvendig for ansvarlig tekniker ved InnovaMar med noe større krafttilførsel mot akselendestykket.

Interroll AS påpeker også at det er mer lønnsomt å risikere skade på noen komponenter inne i trommelrør ved åpning enn å tilføre varme som potensielt kan forårsake mer alvorlige skader. Skader påført deler inne i trommelrør i forbindelse med åpning kan repareres umiddelbart ved utskiftning av aktuelle komponenter. Ujevne overflater i metallet forårsaket av varmetilførsel er ikke like enkelt å oppdage. I verste fall vil det ikke oppdages før viklinger i stator er brutt som følge av vanninntrenging etter at trommelmotor er satt i drift igjen, hvilket medfører at trommelmotoren på ny må gjennom en reparasjonsprosess og ytterligere kostnader vil påløpe.

Som det fremkommer i det ovenfor nevnte er prosedyrene knyttet til åpning av trommelmotorer ved InnovaMar ikke optimal. Årsaken som hyppigst fører til svikt av trommelmotorer ved fabrikken er som tidligere nevnt skade på viklinger i stator, fortrinnsvis grunnet inntrenging av vann. Et tiltak for å gjøre trommelmotorene ved fabrikken mer robust mot vanninntrenging er forbedring av nåværende prosedyrer for åpning av trommelmotorer.

Med bakgrunn i det ovenfor nevnte skal følgende tiltak iverksettes:

- Avvikling av prosedyrer knyttet til tilførsel av varme direkte på endeløkk.
- Avvikling av rutiner knyttet til avskjæring av deler av vulking, selv om konfigurering i transportbånd tillater det.
- Avvikling av rutiner knyttet til tilførsel av kraft i form av hammerslag mot akselendestykke med hensikt å åpne trommelmotor.
- Innføring av prosedyrer med bruk av messingdor og stålhammer for nedbryting av fastholdingsmasse.

- Innkjøp av slagtrekkere og utvikling av overganger med gjenger som muliggjør anvendelse av metoden til åpning av alle typer trommelmotorer som SalMar AS disponerer.
  - Innføring av prosedyrer hvor slagtrekkere benyttes med hensikt å åpne trommelmotorer i tilfeller SalMar AS sin hydrauliske presse ikke egner seg.
- Innføring av prosedyrer hvor aluminiumplate benyttes med hensikt å åpne trommelmotor i tilfeller hvor bruk av slagtrekker ikke er tilstrekkelig.

#### 10.4.2 Rengjøring

Opphold hos bedriftene har gitt inntrykk av at hygiene i form av rengjøring i forbindelse med vedlikehold av trommelmotorer står mer sentralt hos leverandøren enn hos SalMar AS. Som tidligere diskutert kan inntrenging av smuss og andre partikler inne i trommelrør være potensielle sviktårsaker. For ivaretagelse av trommelmotorenes levetid er det følgelig viktig med prosedyrer for rengjøring av trommelrør og andre komponenter som skal benyttes i monteringen.

Første steg er forbedring av prosedyrer knyttet til rengjøring av trommelmotor, spesielt med hensyn til uttømming av gammel olje. En nærmere beskrivelse av Interroll AS sine prosedyrer knyttet til rengjøring av trommelmotorer til teknikerne ansvarlig for reparasjon av trommelmotorer ved InnovaMar samt fremvisning av bilder av bukken leverandøren benytter for uttømming av olje, førte til at de også ble innstilt på at nåværende prosedyrer kunne forbedres. Samtaler med teknikerne ga inntrykk av at nåværende prosedyrer knyttet til innfesting av trommelmotor i en skrustikk for å tømme trommelrør for olje er tungvint, spesielt for de største trommelmotorene. Løsningen til Interroll AS med en egenprodusert bukk stående på en rist ble tatt godt imot blant teknikerne ved InnovaMar. Én av teknikerne har allerede tatt på seg ansvaret med å lage en bukk tilsvarende leverandøren sin vist i Figur 9.5.

Samtaler med sentrale personer ved Interroll AS har også gitt inntrykk av at det foreligger forbedringspotensial knyttet til SalMar AS sine prosedyrer for rengjøring av trommelrør og komponenter som videre skal benyttes i monteringen. Ved Interroll AS sitt verksted rengjøres innsiden av trommelrør og komponenter nøye i vaskemaskin eller vaskekum. SalMar AS har ingen faste prosedyrer for rengjøring foruten at synlige oljerester skal tørkes av.

Figur 10.11 viser hvordan et utvalg komponenter ved InnovaMar ligger til tork før sluttmonteringen.



Figur 10.11 Nåværende prosedyrer tilsier at synlige oljerester skal fjernes før sluttmonteringen.

På bakgrunn av Interroll AS sine anbefalinger og potensielle sviktårsaker diskutert tidligere i oppgaven bør det også ved InnovaMar rettes et større fokus mot rengjøring av trommelrør og tilknyttede komponenter. Et tiltak som er planlagt implementert er følgelig å inkludere rengjøring av trommelrør og gjenbrukskomponenter i prosedyrene knyttet til korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. Gjenbrukskomponenter er komponenter som har blitt benyttet i sviktet trommelmotor, men som er i en tilstand som tillater at de også kan benyttes i monteringen av reparert trommelmotor. Komponentene er som tidligere nevnt forholdsvis kostbare og erstattes ikke med mindre en svikt har inntruffet. Majoriteten av komponentene i Figur 10.11 er gjenbrukskomponenter – akselendestykke, rotor, stator, girboks og endelokk. Labyrinttetning og simmering som fremkommer nederst i figuren defineres som forbruksdeler og skal følgelig erstattes ved hver reparasjon.

Økt fokus på rengjøring inkluderer ikke investering i en industrivaskemaskin. Rengjøring av overflater ved bruk av klut og vann anses for å være tilstrekkelig med hensyn til fjerning av oljerester og annet smuss fra gjenbrukskomponenter samt innsiden av trommelrør. Implementering av rutiner for rengjøring i prosessen knyttet til korrigerende vedlikehold av trommelmotorer er et tiltak det er forholdsvis enkelt å innføre. I tillegg kan renholdsrutiner forhindre at komponenter i trommelmotor opplever dårlig smøring som følge av forurensning i oljen. Følgelig kan tiltaket bidra til økt levetid for trommelmotorene ved InnovaMar.

### 10.4.3 Sluttmontering

Prosessene knyttet til sluttmontering av trommelmotorer ved de to bedriftene er det ikke knyttet de store forskjellene til. Som tidligere nevnt utøver bedriftene den samme strategien med hensyn til at kun

slitedeler og defekte deler byttes ut i forbindelse med korrigerende vedlikehold. Likevel finnes det tiltak som kan iverksettes med hensikt å effektivisere prosessene i sluttmonteringsfasen ved InnovaMar.

Direkte involvering i rutinene for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved InnovaMar har gitt inntrykk av at nåværende prosedyrer for påføring av lager kan effektiviseres. Investering i verktøy tilsvarende pressen vist i Figur 9.11 vil medføre at tidkrevende prosesser som å tilføre kulelager varme og igjen kjøle de ned for at lagrene skal festes rundt akselendestykket avvikles. Implementering av en slik presse i rutinene knyttet til påføring av lager vil uten tvil være besparende i form av tidsbruk. En forholdsvis liten bordpresse som vist i Figur 9.11 medfører heller ingen store kostnader i anskaffelse. Pressen med kapasitet på 10 tonn kan anskaffes fra flere leverandører på det norske markedet med en kostpris på om lag kr. 1500-4000. Introduksjon av pressen til teknikerne som utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved InnovaMar har styrket antagelsen om at dette vil være en klok investering og da spesielt med hensyn til reduksjon av tid benyttet på reparasjonsprosessen.

Et annet forbedringsområde som foreligger er tilknyttet prosessene for festing av endelokk. Som tidligere beskrevet tilsier nåværende prosedyrer ved InnovaMar at fastholdingsmasse skal påføres endelokk og trommelrør før en plasthammer benyttes med hensikt å slå endelokk på plass. Grunnet endelokkets og tilknyttede komponenters påvirkning av tetningsevnen til trommelmotor er store og plutselige tilførsler av kraft mot endelokk noe Interroll AS fraråder.

En metode mer vennlig for endelokk og potensielt tetningsevnen til trommelmotor er sammenliming av endelokk og trommelrør ved bruk av en presse vist i Figur 9.12. Ved tilførsel av kraft via koniske endestykker tilpasset størrelse på trommelmotor, kan bakre del av endelokk føres stabilt ned i trommelrør og på så måte sikre at tetningsevnen ikke påvirkes negativt som følge av ujevn krafttilførsel. En presse som tar hensyn til trommelmotorer av alle størrelser SalMar AS opererer vil være noe dyrere i innkjøp enn en presse knyttet til påføring av lager. Dog vil implementering av et slikt støtteverktøy forbedre reparasjonsprosessen med hensyn til effektivitet samt potensielt forlenge levetiden til trommelmotor i form av økt tetningsevne. I tillegg vil innføring av faste holdepunkter i form av verktøy for hver delprosess av reparasjonen bidra til generering av en bedre struktur for reparasjonsprosessen.

#### **10.4.4 Testing**

I likhet med prosessene for sluttmontering av trommelmotorer er det ikke knyttet store forskjeller til prosedyrene for testing ved de to bedriftene. Ved begge bedriftene testes elektrisk resistans i viklinger i stator på det samme stadiet i reparasjonsprosessen – først etter tilkobling av stator og rotor, deretter etter fullført sluttmontering. I tillegg benytter bedriftene samme type testbenk med hensyn til kontinuerlig måling og fremstilling av elektrisk resistans.

Omfanget av testrunden i testbenk etter fullført sluttmontering utgjør i hovedsak forskjellen knyttet til prosedyrene for testing av trommelmotorer ved de to bedriftene. Ved InnovaMar testes trommelmotoren

dobbelt så lenge i testbenk som ved Interroll AS. Ifølge leverandøren er potensielle sviktårsaker som følge av innkjøringsproblemer eliminert etter en halvtime. Interroll AS påpeker at de aldri har opplevd at feil som kunne blitt avdekket i løpet av testingen har ført til at svikt har inntruffet i den nærmeste tiden etter at trommelmotor har blitt sendt tilbake og satt i drift hos kunde.

En rimelig antakelse er dermed at en halvtime med testing i testbenk etter fullført sluttmontering også er tilstrekkelig for trommelmotorer ved InnovaMar med hensyn til eliminering av innkjøringsproblemer. Et tiltak som er planlagt implementert er følgelig inkludering av faste rutiner for lengden av testing i testbenk i prosedyrene for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. Tiltaket vil i tillegg til å slanke tiden som benyttes på reparasjonsprosessen medføre trygghet i form av at det foreligger faste prosedyrer knyttet til hvor lenge det er mest hensiktsmessig med utførelse av testing av trommelmotorer.

## **10.5 Konklusjon**

Forslag til forbedringstiltak som inngår i inneværende kapittel berører flere aspekter tilknyttet vedlikeholdsstyringen av trommelmotorer ved SalMar AS. Formålet er at implementering av tiltakene på langsiktig basis vil bidra til optimalisering av systemer og prosedyrer tilknyttet vedlikehold av trommelmotorer ved bedriften. En oppsummering av foreslåtte forbedringstiltak er inngår i Kapittel 13.1.



## 11 System for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer

Kapittelets hensikt er å beskrive et rammeverk for utvikling av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS, spesielt med hensyn til tilstandsovervåking samt beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen. Videre formidler kapittelet en beskrivelse av hvordan implementeringen skal realiseres samt omfang med hensyn til hvilke trommelmotorer i fabrikken som skal tilstandsovervåkes.

### 11.1 Bakgrunn

Den hyppigste årsaken som fører til svikt av trommelmotorer ved InnovaMar er skade på viklinger i stator, fortrinnsvis grunnet inntrenging av vann og overbelastning. Da SalMar AS per i dag ikke praktiserer noen form for kontinuerlig tilstandsovervåking av trommelmotorene er svikt som inntreffer som oftest uforutsette. Vedlikeholdsstrategien som praktiseres kan følgelig påstås å være basert på utførelse av uplanlagt korrigerende vedlikehold.

Majoriteten av trommelmotorene installert i fabrikken har god vedlikeholdstilpasning og kan problemfritt erstattes når en svikt inntreffer. Forutsetningen er som tidligere diskutert at trommelmotor med identiske spesifikasjoner finnes på lager. Da produksjonsstopp for utførelse av forebyggende vedlikehold aldri er lønnsomt ved InnovaMar, er en strategi med utførelse av uplanlagt korrigerende vedlikehold den beste løsningen for de fleste trommelmotorene i fabrikken.

Imidlertid består beholdningen av trommelmotorer i fabrikken også av motorer med svært dårlig vedlikeholdstilpasning. I hovedsak er dette trommelmotorer som grunnet størrelse og tyngde eller installasjon i fabrikken krever at minimum to-tre teknikere bidrar i utskiftningsprosessen, spesielt dersom fokuset er at produksjonen skal igangsettes på kortest mulig tid. Da det heller ikke praktiseres noen form for tilstandsovervåking av denne typen trommelmotorer er det kun uplanlagte inngrep som utføres når en svikt inntreffer. Imidlertid krever utskiftning av trommelmotorer med dårlig vedlikeholdstilpasning et større ressurs- og tidsbruk enn ved de lett tilgjengelige motorene, noe som i de fleste tilfeller fører til forlenget nedetid.

To av trommelmotorene det er knyttet mest utfordring til å skifte ut er installert i stigebåndene i avdelingen for slakting av laks, vist i Figur 10.7. Når en av disse trommelmotorene svikter er første steg å fjerne laksen som ligger på tilhørende stigebånd. Deretter må støtteskinnene som følger båndet langs hele stigningen tas vekk. Videre må metallkapslingen som fører laksen til neste transportbånd installert i toppen av stigebåndet demonteres, før selve stigebåndet kan tas av. Trommelmotor kan først erstattes når overnevnte elementer er fjernet fra aktivumet. Før produksjonen i stigebånd tilhørende sviktet trommelmotor kan igangsettes, må samtlige demonterte elementer monteres tilbake.

Som tidligere nevnt frakter hver av stigebåndene 50% av all laksen som slaktes ved InnovaMar. Svikt i én av motorene som driver stigebåndene vil føre til at kapasiteten i avdelingen for slaktning av laks halveres. Da majoriteten av elementene som inngår i stigebåndet er store, tunge og uhåndterlige, vil svikt av trommelmotor medføre betydelig nedetid. I tillegg skaper svikt av denne typen trommelmotorer uro i bedriften. Når en svikt inntreffer må teknikere ansvarlig for påvirket aktivum sette alle andre arbeidsoppgaver på vent. Samtlige ressurser skal benyttes på å igangsette produksjonen på kortest mulig tid.

## **11.2 Tilstandsovervåkning**

Det er liten tvil om at det hadde vært lønnsomt for SalMar AS å planlegge det korrigerende vedlikeholdet knyttet til trommelmotorer med dårlig vedlikeholdstilpasning. Ved utvikling av et system for kontinuerlig overvåkning av tilstanden til trommelmotorene kan utskiftningen planlegges. Tilstandsovervåkning gir teknikerne mulighet til å være i forkant med hensyn til klargjøring av nødvendige ressurser før svikt inntreffer og derved gå fra uplanlagt korrigerende vedlikehold til planlagt korrigerende vedlikehold. Overvåking av tilstanden til trommelmotorene legger også til rette for utførelse av forebyggende vedlikehold. Ved å kunne forutsi når en svikt vil inntreffe kan utskiftningen planlegges til å bli utført etter endt produksjon. Forebyggende utskiftning av trommelmotor før svikt inntreffer vil føre til færre produksjonsstopp og følgelig mindre nedetid i løpet av tiden som er planlagt for produksjon.

Interroll AS påpeker at tilstandsovervåking av trommelmotorer aldri før er praktisert hos deres kunder, men at det er mulig å utføre dersom infrastrukturen i fabrikken tillater det. Nåværende infrastruktur ved InnovaMar er god med hensyn til å kunne utarbeide et system for kontinuerlig overvåking av tilstanden til trommelmotorene i fabrikken.

### **11.2.1 Måling av belastningsstrøm**

Samtlige trommelmotorer fra Interroll AS er definert med merkestrøm. Merkestrømmen varierer med hensyn til trommelmotorer med ulike spesifikasjoner og angir en driftssituasjon som motorene over tid er konstruert for best mulig ytelse ved – kalt nominell drift. En driftssituasjon hvor trommelmotorer trekker strøm tilsvarende merkestrømmen er optimal med hensyn til minimering av tap. Imidlertid drives som regel ikke motorer ved nominell drift. Merkestrømmen som følger trommelmotorer benyttes fortrinnsvis som verktøy for utvelgelse av en motor som tåler det den skal brukes til med hensyn til driftsform og belastning.

En trommelmotor er overbelastet dersom den har et høyere strømforbruk enn ved nominell drift. Imidlertid kan en trommelmotor uten problem overbelastes over korte perioder med forbehold om at motoren ikke varmes opp for mye. Merkestrømmen kan dermed sies å være maks strøm en trommelmotor tåler over lange tidsperioder uten at svikt inntreffer.

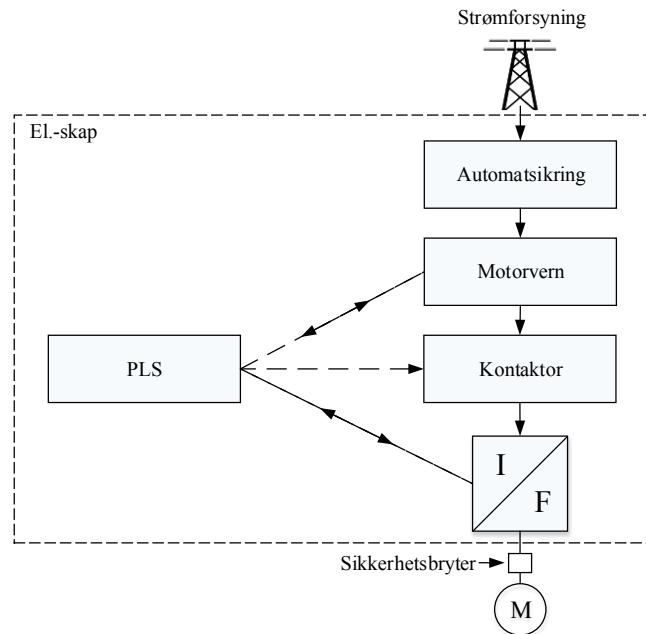
På bakgrunn av erfaringer fra tidligere målinger av belastningsstrøm for trommelmotorene ved InnovaMar samt uttalelser fra Interroll AS kan det påstås at motorene har et høyere strømforbruk enn hva merkestrømmen tilsier i dagene og timene før svikt. Metoden for tilstandsmåling som er mest hensiktsmessig å utføre med hensyn til trommelmotorer ved InnovaMar er følgelig måling av hvor mye strøm motorene til enhver tid trekker fra frekvensomformer.

For at metoden skal kunne fungere som et verktøy med hensyn til utarbeidelse av et beslutningsgrunnlag for styring av utskiftningen av trommelmotorer ved fabrikken kreves det at strømtrekk loggføres over en lengre tidsperiode. Ved måling og kontinuerlig loggføring av strømtrekk fra trommelmotorene er det mulig å fremskaffe trender som viser hvor mye strøm de ulike motorene trekker ved normal drift samt i tidsperioden før svikt. På bakgrunn av trender og historikk kan det etableres individuelle grenser som avgjør når de ulike trommelmotorene skal skiftes ut.

Felles for trommelmotorene med dårlig vedlikeholdstilpasning ved InnovaMar er at de som i Figur 10.7 driver transportbånd installert i parallell med minimum ett annet transportbånd. Da to transportbånd installert i parallell i fabrikken utsettes for tilnærmet lik belastning skal tilknyttede trommelmotorer i utgangspunktet trekke omtrent den samme mengden strøm fra frekvensomformer. For trommelmotorene tilknyttet de to stigebåndene i Figur 10.7 er det eksempelvis mulig å benytte strømtrekket til trommelmotor tilknyttet det ene stigebåndet som sammenligningsgrunnlag med hensyn til vurdering av tilstanden til trommelmotoren tilknyttet det andre stigebåndet.

## 11.2.2 Infrastruktur

Figur 11.1 viser en overordnet oversikt hvordan prosessene knyttet til strømforsyning av trommelmotorer ved InnovaMar fungerer per i dag.



Figur 11.1 Prosessene knyttet til strømforsyning av trommelmotorer ved InnovaMar.

Samtlige trommelmotorer ved InnovaMar har sin dedikerte frekvensomformer (I/F). Hensikten er styring av trommelmotorenes turtall ved proporsjonal variasjon av tilført spenning og frekvens. Da det offentlige strømfordelingsnett i Norge leverer tre-fase vekselstrøm med frekvens 50 Hz er dette også hva som kommer inn på frekvensomformerne ved InnovaMar.

Frekvensomformerne kommuniserer toveis med en Programmerbar logisk styring (PLS) (på engelsk Programmable logic controller (PLC)) via en industriell bus-tilkobling. PLS er koblet på bedriftsnettet og programmert til å kunne styre frekvensomformerne med hensyn til hvilken frekvens som skal tilføres trommelmotorene. Som det fremkommer i Figur 11.1 er både PLS og frekvensomformere plassert i skap sammen med andre nødvendige elektroniske komponenter som automatsikringer, motorvern og kontaktorer. Majoriteten av elektriske skap ved InnovaMar er installert i en egen seksjon i tredje etasje eller himlingen som etasjen kalles ved fabrikk, fortrinnsvis med hensyn til tilgjengelighet og klima. Figur 11.2 viser hvordan elektriske skap er samlet på himlingen.



Figur 11.2 Elektriske skap er ved InnovaMar samlet i en egen seksjon på himlingen.

Samtlige systemer ved fabrikken har sin dedikerte PLS programmert for styring av frekvensomformerne som inngår. Eksempelvis er det i det elektriske skapet tilknyttet systemet for «Sløyning» flere titalls frekvensomformere under én PLS. Figur 11.3 viser fire av frekvensomformere installert i det elektriske skapet tilknyttet systemet. Av figuren fremkommer det at frekvensomformerne innehar en funksjon for måling av belastningsstrøm. Eksempelvis er belastningsstrømmen for trommelmotorene tilhørende de fire frekvensomformerne i figuren under henholdsvis 1,0 A, 1,0 A, 1,0 A og 0,6 A i øyeblikket bildet ble tatt.



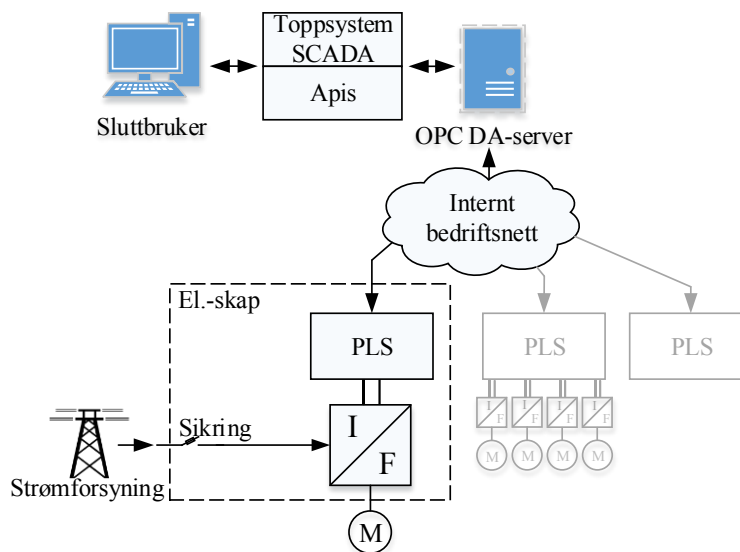
Figur 11.3 Frekvensomformerne innehar en funksjon for måling av belastningsstrøm.

Frekvensomformerne har imidlertid ingen funksjon som tillater direkte lagring og loggføring av verdiene fra strømmålingen. Utfordringen er dermed knyttet til utvikling av et system som kan implementeres med hensyn til kontinuerlig loggføring av målerverdiene fra frekvensomformerne og videre bearbeidelse av data slik at informasjon kan fremstilles på en hensiktsmessig måte for vedlikeholdsledelsen.

## 11.3 Prinsippet

Infrastrukturen ved InnovaMar er per i dag god med hensyn til å kunne utføre kontinuerlig loggføring av strømtrekk av trommelmotorer. Det foreligger et stort potensial knyttet til utnyttelse av allerede eksisterende installasjoner i fabrikken. Spesielt bedriftens nåværende toppsystem samt klientservere kan med fordel utnyttes i større grad med hensyn til utvikling av et forebyggende vedlikeholdssystem for trommelmotorer i fabrikken.

Figur 11.4 illustrerer i et overordnet perspektiv hvordan allerede eksisterende infrastruktur knyttet til trommelmotorer ved InnovaMar kan benyttes med hensyn til etablering av et system for tilstandsovervåking av trommelmotorer.



Figur 11.4 System for tilstandsovervåking av trommelmotorer ved InnovaMar.

Sentrale elementer som inngår i Figur 11.4 er beskrevet i det påfølgende.

### 11.3.1 OPC Data Access

OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control Data Access (OPC DA) er en gruppe klientservere som tilbyr tjenester med hensyn til kommunikasjon av sanntidsdata fra datainnsamlingsenheter som PLS til systemer med brukergrensesnitt som for eksempel SCADA-systemer. Klientservere innenfor OPC DA ble konfigurert i forbindelse med utbyggelsen av InnovaMar og har siden den gang ligget i serverpakken til bedriftsnett.

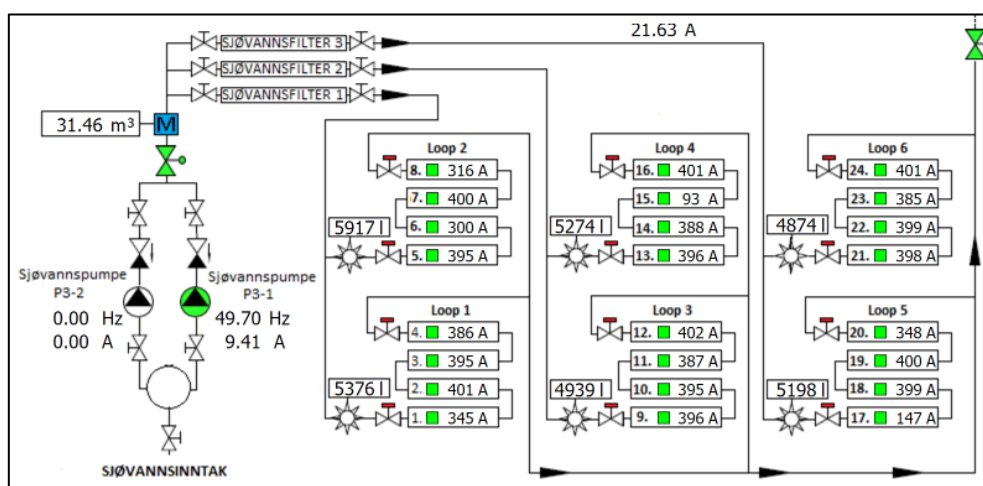
Av Figur 11.4 fremkommer det at OPC DA-server kan lese data fra flere PLS'er via det interne bedriftsnett. Serveren leser kun data som ved programmering av PLS er gjort tilgjengelig. Hvilke data som skal være tilgjengelig for OPC DA-server kan programmeres i PLS under installasjon av anlegget og i tillegg endres under drift.

OPC DA-server har ikke noe form for minnefunksjon og loggfører dermed heller ingen data. Imidlertid kan det opprettes et skript på OPC DA-server som lagrer data til en ekstern database. Ved InnovaMar benyttes OPC DA-server til å gjøre data fra PLS tilgjengelig for deres toppsystem slik at informasjon kan lagres og videre fremstilles for sluttbrukerne.

### 11.3.2 Apis

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) er en samlebetegnelse for automasjons- og kontrollsystemer designet for styring og overvåking av industrielle prosesser. Ved InnovaMar benyttes et SCADA-toppystem utviklet av Prediktor og videre tilpasset produksjonsanlegget til SalMar AS av VisionTech AS i Trondheim.

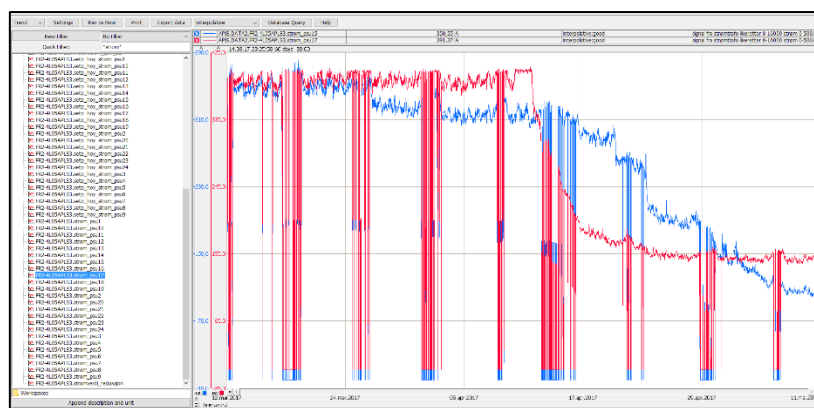
Et utklipp fra SCADA-toppystemet som benyttes ved InnovaMar er vist i Figur 11.5. Utklippet viser overvåking av vann- og strømtilførselen til elektrolysecellene tilknyttet SalMar AS sitt kloringsanlegg. SCADA-systemet viser kun sanntidsverdier og har heller ingen direkte minnefunksjon.



Figur 11.5 SCADA-systemet er designet for overvåking av industrielle prosesser.

SCADA-toppystemet ved InnovaMar er sammensatt av flere moduler, deriblant analyse- og fremstillingsmodulen Apis. Hovedhensikten med Apis er loggføring av data samlet fra PLS og videre tilgjengeliggjøring overfor sluttbrukerne via et forenklet «Graphical User Interface» (GUI) eller «på norsk» brukergrensesnitt. Avhengig av toppsystem vil det variere om det behøves en spesiell dataapplikasjon for å få tilgang til innsamlet data eller om data kan nås via nettleser. Da Apis tilbyr JAVA-basert fremstilling av data og er tilgjengelig i SalMar AS sitt bedriftsnett kan informasjon kan nås via nettleser.

Apis gir store muligheter knyttet til overvåking av ulike prosesser i fabrikken og videre fremstilling av informasjonen for sluttbrukerne ved hjelp av brukervennlige grensesnitt i form av GUI. Figur 11.6 viser et eksempel på hvordan Apis overvåker strømtilførselen til to ulike elektrolyseceller tilknyttet kloringsanlegget.



Figur 11.6 Strømtilførsel til to elektrolyttceller tilknyttet kloringsanlegget fremvist i Apis.

SalMar AS har per i dag en reaktiv tilnærming til bruk av Apis. Systemet benyttes i hovedsak til etterforskning etter svikt har inntruffet. Imidlertid består Apis også av funksjoner som tilrettelegger for en mer proaktiv vedlikeholdsstyring. I samarbeid med VisionTech kan bruken av Apis videreutvikles med hensyn til å kunne etablere en proaktiv vedlikeholdsstrategi i form av overvåking for trommelmotorer. Prinsippet er beskrevet i det påfølgende.

### 11.3.3 Prinsippet

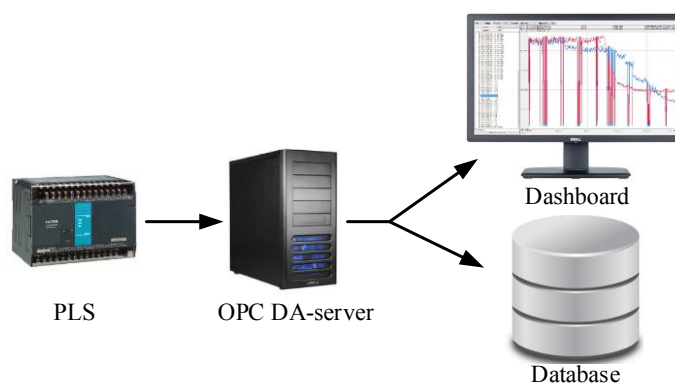
Som det fremkommer i Figur 11.4 er fundamentet i form av infrastruktur nødvendig for å kunne implementere kontinuerlig tilstandsovervåking av trommelmotorer allerede på plass ved InnovaMar. Det kreves imidlertid at potensialet nåværende konfigurasjon av PLS, OPC DA-server og Apis innehar, utnyttes i større grad.

På nåværende tidspunkt er det kun frekvensomformere som kontinuerlig innehar informasjon om belastningsstrøm knyttet til trommelmotorer. Første steg er programmering av PLS med hensikt å tilgjengeliggjøre overfor OPC DA-server informasjon fra frekvensomformerne angående strømtrekk fra trommelmotorene. SalMar AS innehar allerede software samt lisenser nødvendig for programmering av programmer i PLS med hensikt å styre hvilken informasjon som skal være tilgjengelig fra frekvensomformere.

OPC DA-server kan sammenlignes med en database som kontinuerlig leser sanntidsdata som er gjort tilgjengelig i PLS. For utnyttelse av sanntidsdataene i OPC DA-server er det i tillegg nødvendig med programmering av en applikasjon i Apis som kontinuerlig henter ut og loggfører målerverdiene. Samarbeidet med VisionTech muliggjør utvikling av en slik applikasjon som i tillegg fremstiller målerverdiene for sluttbrukerne via et brukervennlig brukergrensesnitt.

Figur 11.7 viser en løsning for overvåking, innsamling, loggføring og fremstilling av data. Da informasjon som inngår i Apis er tilgjengelig via nettleser, kan vedlikeholdsledelsen enkelt åpne systemet fra hvilken som helst enhet tilkoblet internett.

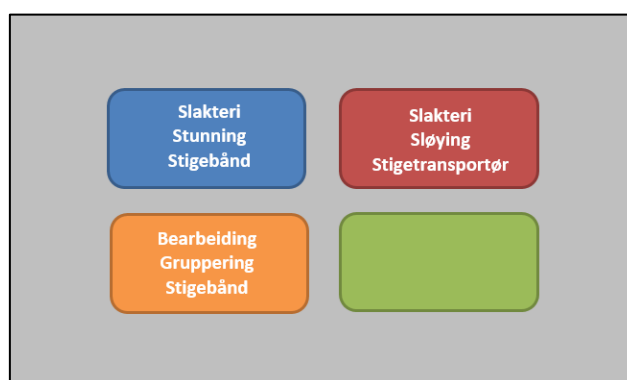




Figur 11.7 Løsning for kontinuerlig overvåking, innsamling, loggføring og fremstilling av data.

En hensiktsmessig løsning er utførelse av informasjonsformidlingen ved bruk av et elektronisk dashboard. Oppkobling av elektronisk dashboard direkte til OPC DA-server, muliggjør en nærmest kontinuerlig oppdatering av data samt formidling av sanntidsdata. For at formidlingen av informasjon på dashboardet skal være så rask og effektiv som mulig er det hensiktsmessig med en enkel og ryddig utforming. En høy grad av ryddighet oppnås ved å la dashboardet bestå av ikoner tilknyttet systemene som skal tilstandsovervåkes.

Figur 11.8 viser en mulig løsning for dashboardet. Videre kan ikonene programmeres som koblinger som ved tasteklikk leder til grafiske fremstillinger av belastningsstrømmen for trommelmotorene som inngår i gjeldende system. Ved inkludering av informasjon knyttet til strømtrekk fra trommelmotorer som inngår i samme system med lik belastning i ett og samme skjermbilde, kan tilstanden til motorene enkelt sammenlignes med hverandre.



Figur 11.8 En mulig løsning for dashboard tilknyttet systemene som skal overvåkes.

Kontinuerlig loggføring av strømtrekk gjør det mulig å erfare hvordan tilstanden til trommelmotorene er både ved oppstart og under vanlig drift. Videre kan historikken som genereres over tid benyttes til å avdekke hvilken trend strømtrekket følger i tidsperioden i forkant av en motorsvikt.

Målet er at loggføringen over tid skal resultere i et grunnlag som kan benyttes til fastsettelse av grenser i form av målerverdier som ved sammenhengende overskridelse over et gitt tidsintervall skal utløse

utskiftning av trommelmotorer ved fabrikken. Etter hvert som grunnlaget er godt nok til å kunne fastsette utløsende målerverdier, inkluderer planen utvikling av et program med hensikt å generere et automatisk varslingsystem i Apis.

Apis innehar allerede en modul for GSM (Global System for Mobile communication). Systemet tillater programmerer å definere grenseverdier hvor overskridelse utløser automatisk varslings. Mest hensiktsmessig er det å programmere GSM-modulen til automatisk å varsle vedlikeholdsadministrator ansvarlig for avdelingen hvor overskridelsen forekommer via SMS. Vedkommende kan med bakgrunn i tilstandsovervåkingen ta en avgjørelse om ressurser og trommelmotor med identiske spesifikasjoner skal klargjøres i tilfellet utskiftning må utføres korrigerende under produksjon eller om utskiftning skal planlegges utført forebyggende etter endt produksjon.

Systemet kan også programmeres slik at varslings sendes ut til flere personer. I mer ekstreme tilfeller hvor strømtrekket overskrider merkestrømmen betraktelig over en lengre tidsperiode, kan systemet eksempelvis programmeres til å sende SMS til samtlige vedlikeholdsarbeidere med tilhørighet innenfor den aktuelle avdelingen.

## 11.4 Omfang

På bakgrunn av observasjoner ved InnoMar og samtaler med teknikerne skal det i første omgang utarbeides et system for tilstandsovervåking for syv trommelmotorer i produksjonsanlegget, fortrinnsvis grunnet svært dårlig vedlikeholdstilpasning. Fellestrekk for trommelmotorene er at de er installert i stigebånd. For å kunne drive stigebånd kreves det naturligvis trommelmotorer med større nominell effekt enn for transportbånd med horisontal fartsretning. Trommelmotorene er følgelig av en større dimensjon enn hva som er tilfellet for majoriteten av motorene i fabrikken. I tillegg kreves det for transportbånd med stigning ekstra konfigurasjoner for å holde laksen på plass, fortrinnsvis bokser for ivaretagelse av fisken samt støtteskiner som følger båndet langs hele stigningen. Ekstra konfigurasjoner gjør at flere elementer må tas ut av prosessen før trommelmotor kan nås.

Tabell 6 viser hvilke trommelmotorer som er tiltenkt å inngå i systemet for tilstandsovervåking samt grunnlag for utarbeidelse.

Tabell 6 Grunnlaget for utarbeidelse av system for tilstandsovervåking.

Avdeling: System  <i>Figur</i>	Antall i parallell x type	Grunnlag for utarbeidelse av system for tilstandsovervåking
Slakteri: Stunning/ Bløgging  <i>Se Figur 11.9</i>	2 x 165i	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svært dårlig vedlikeholdstilpasning <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mye utstyr må demonteres og tas ut av systemet for å gjøre trommelmotor tilgjengelig</li> <li>○ Trangt å komme til trommelmotor</li> </ul> </li> <li>• Langt og tungt transportbånd som må fjernes for å kunne erstatte trommelmotor</li> <li>• Kapasitet i avdeling for slakting av laks reduseres med 50% ved nedetid av ett av transportbåndene</li> </ul>
Slakteri: Sløying/ Kvalitetslinje  <i>Se Figur 11.10</i>	2 x 165i	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svært dårlig vedlikeholdstilpasning <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mye utstyr må demonteres og tas ut av systemet for å gjøre trommelmotor tilgjengelig</li> <li>○ Trange vilkår og minimalt med plass for fofeste når trommelmotor skal tas ut og løftes ned gjør utskiftingsprosessen svært utfordrende for teknikerne</li> </ul> </li> <li>• Trommelmotorene som ifølge vedlikeholdssjef svikter hyppigst av samtlige motorer ved InnovaMar</li> <li>• Kapasitet i avdeling for slakting av laks reduseres med 50% ved nedetid av ett av transportbåndene</li> </ul>
Bearbeiding: Gruppering/ Stigeband fra modning  <i>Se Figur 11.11</i>	3 x 216i	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Svært dårlig vedlikeholdstilpasning <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mye utstyr må demonteres og tas ut av systemet for å gjøre trommelmotor tilgjengelig</li> <li>○ De tre største og tyngste trommelmotorene i fabrikken</li> </ul> </li> <li>• All fisk som skal bearbeides forflyttes via båndene for gruppering. I tillegg frakter transportbåndene fisk i henhold til kontrakter med hensyn til prerigor og postrigor</li> <li>• To transportbånd er tilknyttet avdeling for prerigor og ett er tilknyttet avdeling for postrigor. Kapasitet vil følgelig reduseres med 50% eller 100% i henholdsvis prerigor og postrigor</li> </ul>

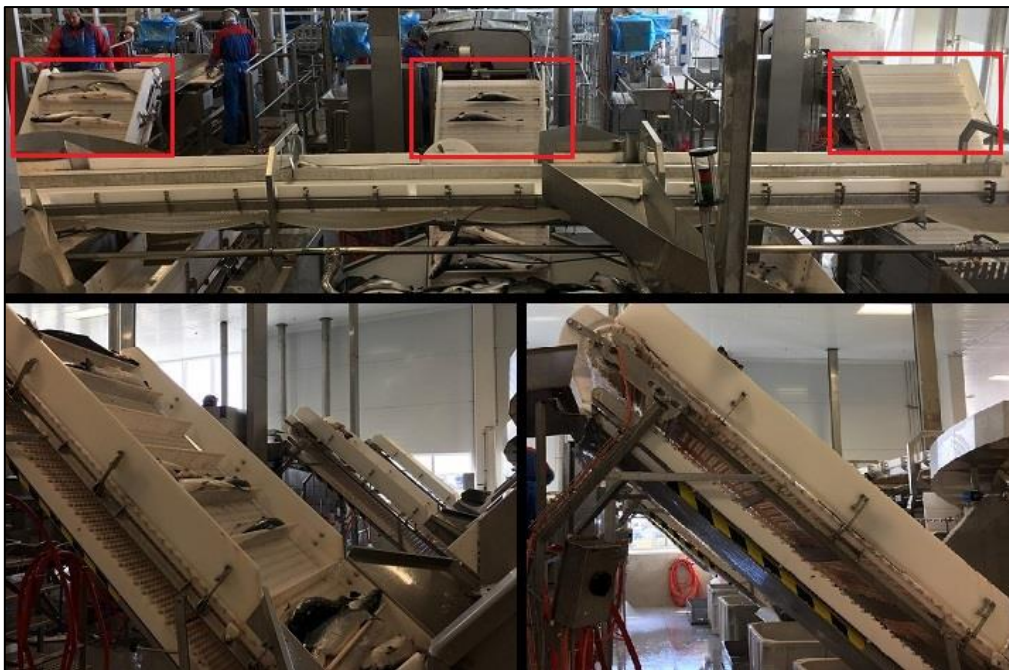


Figur 11.9 Trommelmotorene tilhørende stigebåndene i systemet for «Slaktning/Bløtting».



Figur 11.10 Trommelmotorene tilhørende stigebåndene i systemet for «Sløying».





Figur 11.11 Trommelmotorene tilhørende stigebåndene i systemet for «Gruppering».

SalMar AS og undertegnede anser overnevnte trommelmotorer som mest kritisk med hensyn til innføring av system for tilstandsovervåking, fortrinnsvis grunnet kritikalitet av nedetid for transportbånd samt tids- og ressursbruk utskiftning av trommelmotor innebærer. Dersom systemet over tid viser seg å fungere optimalt med hensyn til å resultere i færre uplanlagte motorsvikt og økt oppetid for tilknyttede transportbånd, skal tilstandsovervåkingen etter planen videreføres til flere trommelmotorer i fabrikk. Etter at programmet for tilstandsovervåking av én trommelmotor først er skrevet kan det samme programmet enkelt benyttes for etablering av tilstandsovervåking for flere motorer.

## 11.5 Økonomi

SalMar AS innehar på nåværende tidspunkt alt av teknisk utstyr nødvendig for utvikling av system for tilstandsovervåking samt programvare og kompetanse som behøves for programmering av PLS. Selve installasjonen samt programmeringen i PLS med hensikt å styre hvilken informasjon som skal være tilgjengelig fra frekvensomformere medfører dermed ingen kostnader utover arbeidstimer.

Programmering av en applikasjon for loggføring og fremstilling av data i Apis må imidlertid utføres i samarbeid med VisionTech. En kostnadspost som vil påløpe vil dermed være benyttelse av eksterne arbeidstimer i form av programmeringstjenester fra VisionTech.

Et velfungerende system for tilstandsovervåking og automatisk varsling vil medføre betydelige fordeler for SalMar AS, både med hensyn til et mer forutsigbart vedlikeholdsarbeid samt bedre inntjening for bedriften. Hovedårsaken til at transportbånd i fabrikk stopper er som tidligere diskutert uforutsett

svikt av trommelmotorer. Ved i større grad å eliminere uforutsette svikt av trommelmotorer med dårlig vedlikeholdstilpasning og følgelig minimalisere mengden uplanlagt korrigerende vedlikehold av denne typen motorer, vil oppetiden for produksjonsprosessen øke betraktelig.

Med hensyn til tapte salgsinntekter og kontrakter nedetid av transportbånd i fabrikken medfører, er det liten tvil om at de økonomiske utgiftene implementering av et system for tilstandsovervåking av trommelmotorer vil medføre er liten i forhold til potensielle økonomiske besparelser. SalMar AS er klar over de økonomiske fordelene et velfungerende system for tilstandsovervåking vil medføre og er innstilt på å dedikere ressurser med hensyn til realisering av implementeringen.

## **11.6 Konklusjon**

Et system for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer kan for SalMar AS være en meget kostnadseffektiv form for vedlikehold, da vedlikeholdsaktivitetene kan utføres preventivt med hensikt å ivareta oppetid for produksjonsprosessen. Med hensyn til utvikling og implementering av et system for måling og loggføring av trommelmotorers belastningsstrøm foreligger det ved InnovaMar et stort potensial knyttet til utnyttelse av allerede eksisterende infrastruktur. Realisering av systemet innebærer samarbeid med VisionTech, dog antas de økonomiske utgiftene knyttet til utvikling og implementering å være liten i forhold til potensielle økonomiske besparelser.

Systemet for overvåking av belastningsstrøm er i første omgang tiltenkt implementert for syv trommelmotorer i produksjonsanlegget, fortrinnsvis grunnet dårlig vedlikeholdstilpasning samt høy kritikalitet ved nedetid for tilknyttede transportbånd. Dersom systemet fungerer i praksis ved at nedetiden til tilknyttede transportbånd på lengre sikt er avtagende skal tilstandsovervåkingen videreføres til flere trommelmotorer i produksjonsanlegget.

## **12 Plan for implementering**

Implementering av ovenfor nevnte tiltak med hensyn til optimalisering av vedlikeholdsstyringen for trommelmotorer ved InnovaMar skal i henhold til planen implementeres i løpet av sommeren og høsten 2017. Undertegnede vil være ansvarlig for samtlige forbedringstiltak. Imidlertid er SalMar AS innstilt på å involvere seg i optimaliseringsprosessen og har bekreftet at de vil bistå med nødvendige ressurser. Spesielt vedlikeholdssjef og vedlikeholdskoordinatorer vil være aktivt involvert i prosessen. I tillegg har SalMar AS uttalt at ressurser i form av sommervikarer tilknyttet teknisk avdeling kan disponeres med hensyn til utførelse av de mest elementære forbedringstiltakene.

Planen for implementering av forbedringstiltak er i sin helhet vedlagt i Vedlegg B.

## **13 Sammendrag, konklusjon og anbefalinger for videre arbeid**

Kapittelet omfatter sammendrag, konklusjon og anbefalinger til videre arbeid.

### **13.1 Sammendrag**

Målsetningen med masteroppgaven var etablering av et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS samt utvikling av et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer ved bedriften. Et potensielt utfall av forbedringstiltakene i masteroppgaven er et midlertidig ansettelsesforhold hos SalMar AS med ansvarsområder bestående av implementering av foreslåtte tiltak i henhold til utarbeidet plan samt oppfølging og evaluering.

Ansettelsesforholdet hos SalMar AS har resultert i detaljkunnskap om prosesser tilknyttet vedlikeholdsstyring og reservedelsstyring for trommelmotorer. Dette har vært utgangspunkt for kritisk litteratursøk med hensyn til å etablere fundamentet som måtte ligge i grunn for arbeidet med masteroppgaven og innfrielse av målsetningene. I kapittel 3 og 4 diskuteres teorier og prinsipper innenfor henholdsvis vedlikeholds- og reservedelsstyring relevant for trommelmotorene ved bedriften.

Videre er vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS og bedriftens bruk av Infor EAM gjort rede for og diskutert henholdsvis i kapittel 5 og 6. Kapittel 7 formidler en beskrivelse av trommelmotorens betydning for SalMar AS evaluert ut ifra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv. Ovenfor nevnte kapitler benyttes som grunnlag for evaluering av SalMar AS sine nåværende prosedyrer og systemer knyttet til vedlikehold av trommelmotorer presentert i kapittel 8. Kapittel 9 omfatter en evaluering av andre aktører i oppdrettsnæringen sin vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer samt en beskrivelse av ledende leverandør av trommelmotorer Interroll AS sine prosedyrer for utførelse av korrigerende vedlikehold.

Utfordringene identifisert og beskrevet i ovenfor nevnte kapitler er benyttet som grunnlag for utforming av tiltak som i henhold til planen skal iverksettes med hensyn til optimalisering av systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS. Kapittel 10 formidler en utbedring av tiltakene.

SalMar AS opplever per i dag utfordringer knyttet til å ha en robust beholdning av trommelmotorer samt et system for å sikre at reservedeler nødvendig for vedlikehold av trommelmotorer er lagerført til riktig tid, fortrinnsvis grunnet fravær av risikovurderinger innledningsvis da «Prosjekt InnovaMar» ble utarbeidet samt fortsatt ikke-eksisterende rutiner for risikovurdering i et produksjonsanlegg hvor det stadig utføres modifikasjoner og nye installasjoner. Foreslåtte tiltak inkluderer gjennomføring av risikovurderinger på bakgrunn av plassering, vedlikeholdstilpasning og kritikalitet.



Med basis i risikovurderingene skal et KANBAN-system implementeres blant beholdningen av forbruksdeler tilknyttet trommelmotorer. Formålet er effektivisering av prosessen knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer samt økt sikkerhet i form av at rutinesvikt som på nåværende tidspunkt oppleves i prosedyrene for registrering av uttak av reservedeler reduseres.

Infor EAM har som hensikt å tilfredsstille samtlige steg i en kontinuerlig forbedringsprosess – planlegge – utføre – forbedre – forandre. SalMar AS utnytter systemet med hensyn til de to førstnevnte stegene, mens det for de to sistnevnte foreligger et forbedringspotensial. Infor EAM-programvaren består av flere moduler og funksjoner som ikke er anvendt hos bedriften og som potensielt kan bidra med hensikt å optimalisere vedlikeholds- og reservedelsstyringen tilknyttet trommelmotorer. Grunnet omfangs- og tidsbegrensninger for oppgavegjennomføringen inngår ikke konkrete forslag til forbedringer tilknyttet funksjoner i Infor EAM som en del av masteroppgaven. Dog er SalMar AS sin anvendelse av Infor EAM et forbedringsområde med stort potensial det kan være interessant å studere nærmere etter fullført masteroppgave.

Forslag til forbedringer knyttet til hvordan trommelmotorer administreres i Infor EAM inkluderer implementering av en allerede etablert standardisering knyttet til hvordan artikkelbeskrivelser tilhørende trommelmotorer registreres i utstysregisteret, både med hensyn til type informasjon og struktur. Tiltaket anses som nødvendig med hensyn til å etablere en oversikt over bedriftens beholdning av trommelmotorer. Standardisering av artikkelbeskrivelser vil i tillegg føre til tidsbesparelse for vedlikeholdspersonellet i form av at spesifikasjoner blir søkbare og riktige trommelmotorer enkel å finne.

Involvering i prosessene knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer ved InnoMar og uformelle intervjuer av teknikerne har gitt inntrykk av at anleggsregisteret i Infor EAM er et lite benyttet verktøy, fortrinnsvis grunnet mangelfull kunnskap om systemet. Et forbedringstiltak som berører prosedyrene tilknyttet behandlingen av trommelmotorer i Infor EAM er opplæring av teknikerne med hensyn til hvordan anleggsregisteret kan anvendes som støtteverktøy for å finne trommelmotorer på bakgrunn av tilknyttet aktiva. Prosedyren er enkel og effektiv og vil i tillegg til å forbedre vedlikeholdsevnen til utskiftningsprosessen medføre sikkerhet i form av at trommelmotor med riktige spesifikasjoner benyttes. Med hensikt å illustrere overfor teknikerne hvordan anleggsregisteret i Infor EAM kan benyttes som støtteverktøy for effektivisering av prosessene tilknyttet utskiftning av trommelmotorer er det utarbeidet en ettpunktsleksjon.

Besøk hos Interroll AS og intervju av sentrale personer tett på vedlikeholdet i bedriften har avdekket at det foreligger betydelige forskjeller i rutine knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer hos leverandøren og SalMar AS. Dette på tross av at Interroll AS i forbindelse med sitt oppfølgingsprogram knyttet til eksisterende kunder utfører kursing av vedlikeholdspersonell omhandlende reparasjon av trommelmotorer. Leverandøren har benyttet mye ressurser på forskning

knyttet til hvordan vedlikehold av trommelmotorer skal utføres med hensyn til ivaretagelse av levetiden. Det er liten tvil om at SalMar AS kan dra nytte av å opptre som en lærende vedlikeholdsorganisasjon overfor Interroll AS og deres vedlikeholdsstrategi knyttet til trommelmotorer.

Forslag til forbedringstiltak inkluderer adoptering av deler av Interroll AS sine prosedyrer knyttet til utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. Selve reparasjonsprosessen kan deles inn i fire steg: åpning, rengjøring, sluttmontering og testing. Ved InnovaMar er prosessene knyttet til åpning av trommelmotorer mest avvikende fra leverandørens prosedyrer. Nedenstående tiltak er blant tiltakene som skal iverksettes, fortrinnsvis grunnet ivaretagelse av levetiden til trommelmotorene.

- Bryting av fastholdingsmassen mellom endeløkk og trommelrør
  - Avvikling av prosedyrer knyttet til avskjæring av vulking
  - Avvikling av prosedyrer knyttet til tilførsel av varme på endeløkk
  - Innføring av prosedyrer med bruk av messingdor og stålhammer
- Åpning av trommelmotor
  - Avvikling av prosedyrer knyttet til tilførsel av kraft i form av hammerslag
  - Innføring av prosedyrer med bruk av slagtrekkere
  - Innføring av prosedyrer med bruk av aluminiumsplate i tilfeller slagtrekkere ikke er tilstrekkelig

Videre tiltak som skal iverksettes med hensikt å øke levetiden til trommelmotorene ved InnovaMar er inkludering av rengjøring av trommelrør og gjenbrukskomponenter i prosedyrene knyttet til korrigerende vedlikehold. Forbedringstiltak som skal implementeres med hensyn til effektivisering av sluttmonteringsfasen inkluderer investering i verktøy til påføring av lager og endeløkk samt opplæring av teknikere i bruk av innkjøpte verktøy. Til formålet skal det utarbeides en ettpunktsleksjon. Prosedyrene for testing av trommelmotorer i testbenk etter fullført sluttmontering skal optimaliseres ved å innføre fast lengde på testingen tilsvarende en halvtime.

SalMar AS praktiserer per i dag en «run to failure»-strategi for trommelmotorene i fabrikken. Inngrep som utføres når en trommelmotor svikter kan i henhold til NS-EN 13306 defineres som uplanlagt korrigerende vedlikehold. Det er liten tvil om at det vil være lønnsomt for SalMar AS å planlegge det korrektive vedlikeholdet knyttet til trommelmotorer med dårlig vedlikeholdstilpasning. Kapittel 11 formidler en beskrivelse av hvordan utvikling og videre implementering av et system for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer med tyngde på tilstandsbaserte aktiviteter skal realiseres.

På bakgrunn av erfaringer fra tidligere målinger av strømtrekk av trommelmotorene ved InnovaMar samt uttalelser fra Interroll AS kan det påstås at motorene har et høyere strømforbruk enn hva merkestrømmen tilsier i dagene og timene før svikt. Ved måling og kontinuerlig loggføring av strømtrekk fra trommelmotorene er det mulig å fremskaffe trender som viser hvor mye strøm de ulike

motorene trekker ved normal drift samt i tidsperioden før svikt. Målsetningen er at loggføringen over tid skal resultere i et grunnlag som kan benyttes til fastsettelse av grenser i form av målerverdier som ved sammenhengende overskridelse over et gitt tidsintervall ved hjelp at et automatisk varslingssystem skal utløse utskiftning av trommelmotorer ved fabrikken.

Infrastrukturen ved InnovaMar er per i dag god med hensyn til utvikling og implementering av ovenfor nevnte system og det foreligger et stort potensial knyttet til utnyttelse av allerede eksisterende installasjoner i fabrikken. Spesielt bedriftens nåværende toppsystem SCADA med tilhørende modul for analyse og fremstilling av data, samt PLS'er og klientservere kan med fordel utnyttes i større grad med hensikt å realisere implementeringen av systemet.

På bakgrunn av observasjoner ved InnovaMar og samtaler med vedlikeholdspersonellet skal det i første omgang utarbeides et system for tilstandsovervåking for syv trommelmotorer i produksjonsanlegget, fortrinnsvis grunnet svært dårlig vedlikeholdstilpasning. Dersom systemet over tid viser seg å fungere optimalt med hensyn til å resultere i færre uplanlagte motorsvikt og økt oppetid for tilknyttede transportbånd, skal tilstandsovervåkingen videreføres til flere trommelmotorer i fabrikken.

Iverksettelse av ovenfor nevnte tiltak med hensyn til optimalisering av systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer samt videreutvikling og implementering av systemet for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer skal i henhold til planen utføres i løpet av sommeren og høsten 2017. SalMar AS er innstilt på å involvere seg aktivt i optimaliseringsprosessen og har bekreftet at de vil bistå med nødvendige ressurser.

## **13.2 Konklusjon**

Masteroppgavens hovedmål var etablering av et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS samt generering av et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer, fortrinnsvis med løsninger innenfor tilstandsbasert vedlikehold. Benyttelse av detaljkunnskap knyttet til vedlikeholds- og reservedelsstyring ved SalMar AS, feltarbeid og kritisk filtrering av teori har vært tilstrekkelig med hensyn til utarbeidelse av masteroppgaven og innfrielse av delmålene som i henhold til Kapittel 1.2 måtte ligge i grunn.

Innledende delmål var evaluering av nåværende rutiner for vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS samt kartlegging av vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen i Norge. Oppnåelse av delmålene la videre grunnlag for å kunne etablere et fundament for generering av tiltak som skal iverksettes med hensyn å forbedre eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved bedriften. De siste delmålene som måtte ligge i grunn var etablering av et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer samt skissering av en realistisk plan for implementering av funnene i masteroppgaven.

Samtlige av masteroppgavens delmål er innfridd, hvilket har generert følgende hovedresultater:

- Et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende systemer og prosedyrer for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer.
- Et rammeverk for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer med særskilt fokus på tilstandsbasert vedlikehold.
- En realistisk plan for implementering av ovenfor nevnte elementer.

### 13.3 Videre arbeid

Funnene i masteroppgaven skal i henhold til planen implementeres i løpet av sommeren og høsten 2017. Planen for implementering er i sin helhet vedlagt i Vedlegg B. Mer langsiktige forslag til videre arbeid basert på funnene i masteroppgaven inkluderer:

- Større utnyttelse av funksjonene som tilbys gjennom Infor EAM. Implementering av disse i vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS.
- Gjennomføring av risikoanalyser for maskiner, systemer og annet utstyr ved InnovaMar for etablering av optimal lagerbeholdning for øvrige reservedeler ved produksjonsanlegget.
  - Etablering av rutiner knyttet til at det alltid utføres risikoanalyser når nye installasjoner/modifikasjoner blir gjennomført.
- Beregning av utvalgte indikatorer fra NS-EN 15341 for sammenligning av SalMar AS sine vedlikeholdsprestasjoner med beste praksis og verdensklassenivå.
- Utvidelse av KANBAN-systemet til å inkludere reservedeler tilknyttet flere typer aktiva på lageret ved InnovaMar.
- Ivaretagelse av samarbeidet med MTP og NTNU og fortsettelse på veien mot «WCM».

For sistnevnte punkt er det utarbeidet et styringsdokument, utarbeidet av undertegnede i samarbeid med vedlikeholdssjef Ole Meland. Styringsdokumentet illustrerer hvor langt SalMar AS er kommet på veien mot «WCM» inndelt på bakgrunn av sentrale elementer innenfor vedlikeholdsstyring. Realistiske langsiktige målsetninger for SalMar AS basert på de ulike elementene er også illustrert. Dokumentet er i sin helhet vedlagt i Vedlegg C.

## Referanser

- [1] Fisheries and Aquaculture Department, «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» 2016. [Internett]. Available: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_norway/en](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en). [Funnet 1 12 2017].
- [2] T. Olafsen, U. Winther, Y. Olsen og J. Skjermo, «Verdiskaping basert på produktive hav i 2050,» SINTEF Fiskeri og havbruk, 2012.
- [3] P. Y. L. Tu, R. Yam, P. Tse og A. O. W. Sun, «An Integrated Maintenance Management System for an Advanced Manufacturing Company,» *Advanced Manufacturing Technology*, pp. 692-703, 2001.
- [4] R. C. M. Yam, P. W. Tse og P. Tu, «Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance,» *Advanced Manufacturing Technology*, pp. 383-391, 2001.
- [5] NTNU, «NTNU RAMS Group,» [Internett]. Available: <https://www.ntnu.edu/ross/rams>. [Funnet 23 1 2017].
- [6] SalMar, «Historie,» SalMar, [Internett]. Available: <http://www.salmar.no/historie>. [Funnet 2 November 2016].
- [7] SalMar, «SalMar i dag,» [Internett]. Available: <http://www.salmar.no/salmar-i-dag>. [Funnet 3 November 2016].
- [8] SalMar, «Våre virksomhetsområder,» [Internett]. Available: <http://www.salmar.no/vare-virksomhetsomrader>. [Funnet November 3 2016].
- [9] SalMar, «Årsrapport 2015,» SalMar ASA, Kverva, 2016.
- [10] TFI Marine, «TFI Marine,» June 2016. [Internett]. Available: <http://www.tfimarine.com/worlds-top-20-salmon-farmers/>. [Funnet 2 11 2016].
- [11] G. Wærø, «Rapport SalMar ASA - region Asia,» SalMar ASA, 2012.
- [12] Froyas, «Froyas,» [Internett]. Available: <http://www.froyas.es/>. [Funnet 12 12 2016].
- [13] G. T. Doran, «There's a S. M. A. R. T. Way to Write Management Goals and Objectives,» *Management Review (AMA Forum)*, pp. 35-36, 1981.

- [14] Standard Norge, «NS-EN 13306:2010 Vedlikehold - Vedlikeholdsterminologi».
- [15] P. Schjølberg, «Forelesningsnotat: TPK4140 - Maintenance Management,» 2015.
- [16] F. S. Nowlan og H. F. Heap, «Reliability Centered Maintenance,» United Airlines, San Francisco, 1978.
- [17] L. Hoftun, J. P. Karlberg, K. Vermedal og B. Finstad, «Forbedret drift og vedlikehold av NH90 i maritime operasjoner,» HiST, Trondheim, 2015.
- [18] R. K. Mobley, L. R. Higgins og D. J. Wikoff, «Computer-based maintenance management systems,» i *Maintenance engineering handbook*, Knoxville, Tennessee, McGraw-Hill, 2008, p. 2.91.
- [19] A. Wilson, Asset Maintenance Management, Industrial Press Inc., 2002.
- [20] Standard Norge, «NS-EN 15341:2007 Hovedindikator for ytelse innenfor vedlikehold».
- [21] R. Smith og B. Hawkins, Lean Maintenance, Oxford: Elsevier Inc., 2004.
- [22] M. Hide, «Fourth generation maintenance,» *Strategic Maintenance Ltd.*, 2013.
- [23] D. J. Lee og H. Qiu, «Near-zero downtime: Overview and trends,» University of Cincinnati, Cincinnati.
- [24] N. S. Arunraj og J. Maiti, «Risk-based maintenance - Techniques and applications,» *Journal of Hazardous Materials*, 2006.
- [25] O. Meland, Interviewee, *Ustrukturet interjvu med Ole Meland, vedlikeholdssjef ved SalMar AS*. [Intervju]. 6 4 2017.
- [26] K. Kobbacy, «Springer series in reliability engineering,» i *Complex system maintenance handbook*, London, Springer, 2008, p. 52.
- [27] F. Barbera, H. Schneider og P. Kelle, «A condition based maintenance model with exponential failures and fixed inspection intervals,» *Journal of the Operational Research Society*, pp. 1037-1045, 1996.
- [28] C.-T. Chen, Y.-W. Chen og J. Yuan, «On a dynamic preventive maintenance policy for a system under inspection,» *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 80, nr. 1, pp. 41-47, 2003.

- [29] R. K. Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance (Second Edition)*, Butterworth-Heinemann, 2002.
- [30] J. Moubay, *Reliability Centered Maintenance*, New York: Industrial Press Inc., 1997.
- [31] A. W. Labib, «Next Generation Maintenance Systems: Towards the Design of a Self-maintenance Machine,» i *4th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Singapore, 2006.
- [32] M. Gunnarsson, «How to benefit from smart maintenance,» 8 9 2016. [Internett]. Available: <http://blog.ifsworld.com/2016/09/how-to-benefit-from-smart-maintenance/>. [Funnet 9 6 2017].
- [33] J. Lee, J. Ni, D. Djurdjanovic, H. Qiu og H. Liao, «Intelligent prognostics tools and e-maintenance,» *Computers in Industry*, vol. 57, nr. 6, pp. 476-489, 2006.
- [34] P. Schjølberg, Interviewee, *Ustrukturet interjvu med Per Schjølberg, førsteamanuensis ved MTP*. [Intervju]. 21 11 2016.
- [35] W. MacDougall, «Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future,» Germany Trade and Invest, Berlin, 2014.
- [36] M. Kurth, C. Schleyer og D. Feuser, «Smart factory and education: An integrated automation concept,» i *IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, Hefei, 2016.
- [37] The Federal Government of Germany, «The new High-Tech Strategy Innovations for Germany,» Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Berlin, 2014.
- [38] European Parliament, «Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth,» European Union, 2015.
- [39] P. Ingalls, «Just what is world class maintenance?,» *Maintenance Technology*, [Internett]. Available: <http://www.maintenancetechnology.com/2005/02/just-what-is-world-class-maintenance/>. [Funnet 15 11 2016].
- [40] S. Mueller, «Reliableplant,» [Internett]. Available: <http://www.reliableplant.com/Read/29941/world-class-maintenance>. [Funnet 17 11 2016].
- [41] P. Schjølberg, O. Meland, J. Vatn og H. Rødseth, «Forskning og utvikling innen vedlikehold med relevans for petroleumsvirksomheten,» SINTEF Teknologi og samfunn, Trondheim, 2009.
- [42] NORSOK, «Z-008 Risk based maintenance and consequence classification».

- [43] M. A. Driessen, G. J. v. Houtum, J. J. Arts, W. D. Rustenburg og B. Huisman, «Maintenance spare parts planning and control: A framework for control and agenda for future reasearch,» Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2010.
- [44] J. Gu, G. Zhang og K. W. Li, «Efficient aircraft spare parts inventory management under demand,» *Journal of Air Transport Management*, 2014.
- [45] J. J. Arts, *Spare Parts Planning and Control for Maintenance Operations*, Eindhoven: BOXPress, 2013.
- [46] J. Wanitwattanakosol, W. Attakomal og T. Suriwan, «Redesigning the inventory management with barcode-based two-bin system,» i *2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference*, Bali, 2015.
- [47] M. Rouse, «RFID (radio frequency identification),» IoT Agenda, [Internett]. Available: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/RFID-radio-frequency-identification>. [Funnet 26 11 2016].
- [48] IMPINJ, «The different types of RFID systems,» [Internett]. Available: <http://www.impinj.com/resources/about-rfid/the-different-types-of-rfid-systems/>. [Funnet 24 11 2016].
- [49] Infor, «About Infor,» [Internett]. Available: <http://www.infor.com/company/>. [Funnet 10 4 2017].
- [50] B. Brøndstad, *Kompendium i Automatiseringsteknikk 2*, Tapir akademisk forlag, 2007.
- [51] International Standard, «IEC 60529:2013 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)».
- [52] Norges sjømatråd, «Nøkkeltall for sjømatåret 2016,» 2017.
- [53] Henkel AG & Company, «LOCTITE 638 Technical Data Sheet,» 2016.
- [54] Interroll AS, «Produktkatalog, Interroll,» 2017.
- [55] Norsk Fiskerinæring AS, «Fiskerirapport,» 2016.
- [56] Marine Harvest, «Årsrapport 2016,» Marine Harvest, 2017.
- [57] NTNU, «NTNU RAMS Group,» [Internett]. Available: <https://www.ntnu.edu/ross/rams>. [Funnet 1 11 2016].



- [58] P. R. Warren Flint, *Practice of Sustainable Community Development*, New York, USA: Springer, 2013.
- [59] A. K. Jain, «Influence of Modification of Design out Maintenance & Design Out Information System For Maintenance Cost Control & A Lucrative Business,» *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 2013.
- [60] Edinn, «Edinn,» [Internett]. Available: <http://edinn.com/en/oe.html>. [Funnet 11 11 2016].
- [61] W. J. Stevenson, *Operations Management*, Glasgow: Bell & Bain Ltd., 2012.
- [62] Emaint, «Understanding Asset Hierarchy in CMMS,» [Internett]. Available: <http://www.emaint.com/emaint-xtra-understanding-hierarchical-structures-in-cmms/>. [Funnet 12 11 2016].
- [63] Infor EAM, «SalMar».
- [64] Infor, «Infor EAM - maintenance,» [Internett]. Available: <http://www.infor.com/solutions/eam/maintenance/>. [Funnet 25 11 2016].
- [65] N. Blaikie, *Designing Social Research: The Logic of Anticipation*, Cambridge: Polity Press, 2010.
- [66] L. Hagberg og T. Henriksson, *Underhåll i världsklass*, Riga: Livonia Print, 2010.
- [67] SKF Asset Management Services, «Spares Optimization and Management,» [Internett]. Available: <http://www.skf.com/binary/81-38533/AMS10029-Spares-data-sheet.pdf>. [Funnet 14 11 2016].
- [68] A. C. Radasanu, «Inventory Management, Service Level and Safety Stock,» *Journal of Public Administration, Finance and Law*, nr. 9, pp. 145-153, 2016.
- [69] A. Adgar, D. Addison og C.-Y. Yau, «Application of RFID technology in maintenance systems,» University of Sunderland, School of Computing & Technology, Sunderland, 2007.
- [70] Fisheries and Aquaculture Department, «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» 2016. [Internett]. Available: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_norway/en](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en). [Funnet 3 11 2016].



## Vedlegg A – Forkortelser

<b>AO</b>	Arbeidsordre
<b>CMMS</b>	Computerized Maintenance Management System
<b>CPS</b>	Cyber-Physical System
<b>EN</b>	Engelsk
<b>FOQ</b>	Fixed Order Quantity
<b>GSM</b>	Global System for Mobile communication
<b>GUI</b>	Graphical User Interface
<b>IMS</b>	Intelligent Maintenance System
<b>Infor EAM</b>	Infor Enterprise Asset Management
<b>IP</b>	International Protection
<b>IoS</b>	Internet of Services
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>IVT</b>	Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
<b>KPI</b>	Key Performance Indicator
<b>MDT</b>	Mean Down Time
<b>MTBF</b>	Mean Time Between Failure
<b>MTP</b>	Institutt for maskinteknikk og produksjon
<b>MTTR</b>	Mean Time To Repair
<b>MWT</b>	Mean Waiting Time
<b>NS</b>	Norsk Standard
<b>NTNU</b>	Norges teknisk-naturvitenskapelig universitet
<b>OEE</b>	Overall Equipment Effectiveness

<b>OPC DA</b>	OLE for Process Control Data Access
<b>PF-interval</b>	Potential-to-functional Failure Interval
<b>PLI</b>	Profit Loss Indicator
<b>PLS</b>	Programmerbar Logisk Styling
<b>POQ</b>	Period Order Quantity
<b>RAMS</b>	Reliability, Availability, Maintainability and Safety
<b>RBI</b>	Risk-Based Inspection
<b>RBM</b>	Risk-Based Maintenance
<b>RCM</b>	Reliability Centered Maintenance
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>RSW</b>	Refrigerated Sea Water
<b>RUL</b>	Remaining Useful Lifetime
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition
<b>VAP</b>	Value-Added Production
<b>WCM</b>	World Class Maintenance

## Vedlegg B – Plan for implementering

Tittel	Målsetning	Resultat ved årets slutt	Aktiviteter	Planlagt tidsrom for gjennomføring	Planlagt utførende person
Fremskaffelse av en robust beholdning av trommelmotorer	Etablere en beholdning av trommelmotorer hvor samtlige motorer som opereres i fabrikken minimum har én trommelmotor med identiske spesifikasjoner lagerført	En robust beholdning av trommelmotorer hvor samtlige motorer som opereres i fabrikken minimum har én trommelmotor med identiske spesifikasjoner lagerført	Utføre inspeksjonsrunder i fabrikken med hensikt å fremskaffe en oversikt over beholdningen av trommelmotorer	September 2017	L.H. / Sommer
			Utføre risikovurdering med hensikt å definere optimal lagerbeholdning for de ulike typene trommelmotorer	September-Oktober 2017	L.H.
			Bestille trommelmotorer i henhold til risikovurdering	Oktober 2017	L.H.
	Etablere en bevisstgjøring overfor vedlikeholdsledelsen knyttet til at det alltid skal bestilles én ekstra trommelmotor med hensyn til lagerføring når	En rutine hvor det alltid bestilles én ekstra trommelmotor med hensyn til lagerføring når motortyper	Skape en bevisstgjøring overfor vedlikeholdsledelsen	September-Oktober 2017	L.H.

	motortyper byttes ut eller nye installasjoner gjøres	byttes ut eller nye installasjoner gjøres			
Standardisering av artikkelbeskrivelser i Infor EAM	Etablere en standardisering knyttet til hvordan artikkelbeskrivelser tilknyttet trommelmotorer registreres i anleggsregisteret i Infor EAM, både med hensyn til type informasjon og struktur	Et anleggsregister i Infor EAM bestående av standardiserte artikkelbeskrivelser som gjør det enkelt for vedlikeholdsledelsen å holde oversikt over beholdningen av trommelmotorer	Oppdatere artikkelbeskrivelsene i henhold til standard skrivemåte beskrevet i Kapittel 10.1.2.1.	Juli 2017	Sommer
			Slette artikler tilknyttet trommelmotorer som verken er i bruk eller finnes ved InnoVaMar	Juli 2017	Sommer
	Etablere en rutine blant vedlikeholdsledelsen samt lageransvarlig med hensyn til hvordan trommelmotorer skal registreres i anleggsregisteret i Infor EAM	En bevissthet blant ansatte med hensyn til hvordan nye trommelmotorer skal registreres i anleggsregisteret i Infor EAM	Skape en bevisstgjøring overfor ansatte som registrerer trommelmotorer i Infor EAM hvordan nye trommelmotorer skal registreres i anleggsregisteret	Juli-August 2017	L.H.
Bevisstgjøring av prosedyrene knyttet til å benytte aktiva med hensikt å finne hvilke artikler som inngår	Etablere en bevisstgjøring overfor teknikerne hvordan anleggsregisteret kan benyttes med hensyn til å finne ut hvilke	Teknikerne benytter anleggsregisteret til å navigere seg frem til riktig trommelmotor i	Illustrere for teknikerne hvor enkelt det kan være å benytte anleggsregisteret til å finne ut hvilke artikler som er tilknyttet ulike aktiva	Juli-August 2017	L.H.

	artikler ulike aktiva i fabrikken består av	utskiftningsprosessen basert på tilhørende aktivum	Utarbeide en ettpunktsleksjon som støtteverktøy for teknikere med mangelfull kunnskap om Infor EAM og implementere ettpunktsleksjon i anleggsregisteret	Juni 2017	L.H.
Gjennomføring av risikoanalyser for reservedeler med høy anskaffelseskostnad	Etablere optimale lagernivå samt etterbestillingspunkter for reservedeler med høy anskaffelseskostnad, fortrinnsvis trommelrør med vulking, rotor, aksling, girboks og endelokk	Optimale lagernivå samt etterbestillingspunkter for aktuelle reservedeler	Gjennomføre risikoanalyser på bakgrunn av hvordan beholdningen av trommelmotorer er fordelt med hensyn til ulike spesifikasjoner samt kritikalitet og historikk fra tidligere korrektive hendelser	November 2017	L.H.
	Etablere optimale lagernivå for ulike typer statorer	Optimale lagernivå for statorer	Gjennomføre risikoanalyser på bakgrunn av hvordan beholdningen av trommelmotorer er fordelt med hensyn til ulike spesifikasjoner samt kritikalitet og historikk fra tidligere korrektive hendelser	November 2017	L.H.
Implementering av KANBAN-system for forbruksreservedeler	Implementere et KANBAN-system for forbruks-reservedeler tilknyttet trommelmotorer som	Et velfungerende og effektivt KANBAN-system for	Definere hele hylleseksjoner ved teknisk lager som KANBAN-hyller	November 2017	L.H.

tilknyttet trommelmotorer	fungerer like godt i praksis som KANBAN-systemet som høsten 2016 ble etablert for de andre forbruksdelene ved InnovaMar	forbruksreservedeler tilknyttet trommelmotorer	Samle artiklene som inngår i KANBAN-systemet slik at artikler tilhørende like typer trommelmotorer samles i samme KANBAN-hylle	November 2017	L.H. / Sommer
			Definere unike bestillingspunkter og ordrestørrelse for artiklene som inngår i KANBAN-systemet med hensyn til risikovurdering basert på antall trommelmotorer som benytter typen reservedel samt tidligere korrektive hendelser	November 2017	L.H.
			Utarbeide KANBAN-kort med utgangspunkt i mal fra eksisterende KANBAN-system	November 2017	L.H. / Sommer
			Bestille opp et kvantum artikler tilsvarende forhåndsdefinert ordrestørrelse	November-Desember 2017	L.H.
Endring av prosedyrer knyttet til åpning av trommelmotor	Innføre en effektiv tilnærming til åpning av trommelmotorer som i tillegg er god med hensyn til å	Nye prosedyrer knyttet til åpning av trommelmotor er i bruk av samtlige teknikere	Bevisstgjøre teknikerne som utfører korrigerende	August-November 2017	L.H. / VH-sjef



	skåne trommelmotor for inngrep som har negativ innvirkning på levetiden	som utfører korrigerende vedlikehold	<p>vedlikehold av trommelmotorer overfor følgende tiltak:</p> <p>Avvikling av prosedyrer knyttet til:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varmetilførsel direkte på endelokk</li> <li>• Avskjæring av vulking</li> <li>• Krafttilførsel i form av hammerslag mot akselendestykke</li> </ul> <p>Innføring av prosedyrer knyttet til:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruk av messingdor og stålhammer med hensikt å bryte fastholdings-massen</li> <li>• Bruk av slagtrekkere for å åpne trommelmotor i tilfeller hvor hydraulisk presse ikke er tilstrekkelig</li> </ul>		
			Kjøpe inn messingdor og slagtrekkere	August 2017	L.H.

			Utvikle overganger med gjenger som muliggjør benyttelse av slagtrekkere	September 2017	Tekniker
			Utarbeide en ettpunktsleksjon tilknyttet åpning av trommelmotor	September 2017	L.H.
Inkludering av faste prosedyrer for rengjøring	Inkludere faste rutiner for rengjøring av trommelrør og gjenbrukskomponenter i prosedyrene knyttet til korrigerende vedlikehold av trommelmotorer	Nye prosedyrer knyttet til rengjøring av trommelmotor er i bruk av samtlige teknikere som utfører korrigerende vedlikehold	Konstruere en bukk for uttømming av olje fra trommelrør	September 2017	Tekniker
			Bevisstgjøre teknikerne som utfører korrigerende vedlikehold hva rengjøring av trommelrør og gjenbrukskomponenter angår	September 2017	L.H.
Forbedring av prosedyrer tilknyttet sluttmontering av trommelmotor	Effektivisere prosessen tilknyttet sluttmontering av trommelmotorer og samtidig sikre at monteringen ikke har negativ innvirkning på tetningsgraden	Nye prosedyrer knyttet til sluttmontering av trommelmotor er i bruk av samtlige teknikere som utfører korrigerende vedlikehold	Kjøre inn verktøy til påføring av lager og påføring av endelokk	August 2017	L.H. / VH-sjef
			Lære opp teknikerne som utfører korrigerende vedlikehold knyttet til bruk av verktøyet	September-Oktober 2017	L.H.


			Utarbeide en ettpunktsleksjon tilknyttet sluttmontering av trommelmotor	September 2017	L.H.
			Bevisstgjøre teknikere som utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer vedrørende nye prosedyrer tilknyttet sluttmontering	September-Oktober 2017	L.H. / VH-sjef
Implementering av faste rutiner for omfang av testing i testbenk	Effektivisere prosessen tilknyttet korrigerende vedlikehold av trommelmotorer og parallelt skape trygghet i form av at det foreligger faste prosedyrer knyttet til hvor lenge det er mest hensiktsmessig med utførelse av testing av trommelmotorer	Faste prosedyrer knyttet til testing av trommelmotorer – en halvtime med testing i testbenk	Bevisstgjøre teknikere som utfører korrigerende vedlikehold av trommelmotorer vedrørende faste prosedyrer knyttet til testing	September-Oktober 2017	L.H. / VH-sjef
Implementering av system for tilstandsovervåking av trommelmotorer	Etablere et grunnlag som på langsiktig basis kan benyttes til å fastsette grenser i form av målerverdier av belastningsstrøm som ved sammenhengende	Et system som kontinuerlig overvåker og loggfører belastningsstrømmen til de syv trommelmotorene med	Programmere PLS med hensikt å gjøre informasjon om belastningsstrøm fra frekvensomformere tilgjengelig for OPC DA-server	Desember 2017	L.H. / V.H.-koo.

	overskridelse over et gitt tidsintervall skal utløse utskiftning av de syv trommel motorene med dårligst vedlikeholdstilpasning i fabrikken	dårligst vedlikeholdstilpasning i fabrikken	Programmere en applikasjon i Apis som kontinuerlig henter ut, loggfører og fremstiller data for sluttbrukerne grafisk via GUI	Desember 2017	Vision Tech
Definering av beslutningsgrunnlag med hensyn til å styre utskiftningen av trommel motorer	Definere utløsende faktorer i form av måleverdier knyttet til de syv trommel motorene med dårligst vedlikeholdstilpasning i fabrikken og generere et automatisk varslingssystem i Apis	Ikke optimalt å fastsette verdier ved årets slutt da definering av beslutningsgrunnlag krever et fundament i form av data og svikthistorikk loggført over en lengre tidsperiode	Definere unike utløsende faktorer	-	L.H. / V.H.-sjef
			Programmere automatisk varslingssystem ved hjelp av GSM i Apis	-	Vision Tech


## Vedlegg C – Veien til «WCM» for SalMar AS

	Målestokk	Fokus	Organisasjon	Dataverktøy	Beredskap	Kompetanse	Metodikk
<b>World Class</b>	Konkurranseskraft	Prediktivt vedlikehold	Optimal vedlikeholdsorganisasjon	Verktøy for optimalisering	Prosessforbedring	Utviklingskompetanse	Prediksjon som beslutningsstøtte
<b>Nærmer seg toppen</b>	PLI, RUL	Tilstandsbasert vedlikehold	Felles mål og strategi mellom produksjon og vedlikehold	Dashboard/ Prediksjon	I forkant av problemer	Analysekompetanse	Optimalisering av intervall for vedlikehold og beholdning av reservedeler
<b>Godt i gang</b>	OEE	5S/ Opplæring av operatører	Proessorientert – slank og fleksibel	Tilstandsmålinger og analyse	Fleksibel for rask innsats	Prosesskompetanse/ Flerfaglighet	FMEA
<b>Satt i system</b>	Stopptidsregistrering	Preventivt program	Etablert tradisjonell vedlikeholdsavdeling	EDB-basert vedlikeholdssystem	Verktøy/ Reservedeler/ Prosedyrer	Maskin-kompetanse	Feilsøking/ Elimineringsmetode
<b>Primitiv/ Begynt å tenke</b>	Vedlikeholdsbudsjett	Reparasjon	Brannslukking med tilfeldige ressurser	Vedlikeholdstavle/ Manuelle arbeidsordrer	Brannslukking	Fagkompetanse	Egen erfaring


## Vedlegg D – Ettpunktsleksjon

<b>ETTPUNKTSLEKSJON</b>	EPL nr.: 15	
Tema: <b>Anleggsregisteret i Infor EAM</b>	Laget av: L.H.	Dato: 29.5.2017

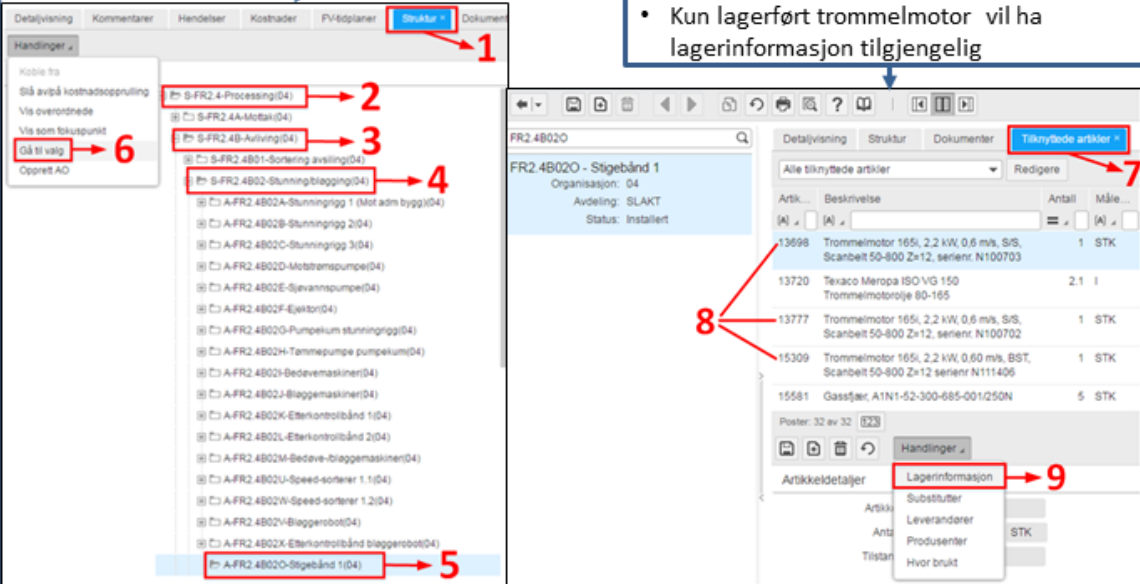
Mål:  
Illustrere med et eksempel hvordan anleggsregisteret i Infor EAM kan benyttes til å finne ut hvilke artikler som er tilknyttet ulike aktiva i fabrikk

- Case: Trommelmotor tilhørende det første stigebåndet før Helix-tankene svikter. 

- Klikk «Struktur» for å vise anleggsregisteret ved SalMar AS
- Naviger frem til påvirket aktiva
- Alle aktiva ved InnovaMar er underlagt «Processing»
- Trommelmotor er innenfor systemet for «Avliving»
- Trommelmotor er innenfor delsystemet for «Stunning/Bløgging»
- Klikk på tilknyttet aktiva. I dette eksemplet «Stigebånd 1»
- Klikk «Handlinger» → «Gå til valg»
- Informasjon om valgt aktiva vil vises i et nytt skjermbilde



- Klikk «Tilknyttede artikler»
- Klikk én og én trommelmotor
- Klikk «Handlinger» → «Lagerinformasjon»
- Kun lagerført trommelmotor vil ha lagerinformasjon tilgjengelig



## Vedlegg E – Intervjuguide Interroll

<p><b>Fase 1:</b></p> <p>Ramme- setting</p>	<p><b>1. Tomprat (5-10 min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uformell prat</li> </ul> <hr/> <p><b>2. Informasjon (5-10 min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orienterere om bakgrunnen for bedriftsbesøk og formål med intervju</li> <li>• Forklare hva intervjuet skal brukes til</li> </ul>
<p><b>Fase 2:</b></p> <p>Erfaringer</p>	<p><b>3. Overgangsspørsmål (20 min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hva er din rolle i Interroll?             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hvor lenge har du vært i «trommelbransjen»?</li> <li>○ Hvor kom du fra og hvorfor kom du inn i bransjen?</li> </ul> </li> <li>• Hva slags erfaringer har du med overhaling/reparasjon av trommelmotorer?</li> <li>• Hva vil du påstå er største utfordring innen trommelbransjen i dag?             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Knyttet til motor?</li> <li>○ Knyttet til bruk?</li> </ul> </li> <li>• Hva er siste nytt innen bransjen?             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Er det «noe stort» som har skjedd de siste par årene? Siste revolusjon.</li> </ul> </li> <li>• Har du oversikt over antall kunder som sender trommelmotorene til dere for overhaling ved svikt (Vikenco) kontra antall som overhaler selv (SalMar)? Hva er «vanlig»?             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kan du si noe om hva som «lønner» seg?</li> <li>○ Hva tror du er prisforskjellen på å kjøpe en ny trommelmotor kontra å kjøpe inn deler å sette sammen selv?</li> <li>○ Hva anbefaler du og hvorfor?</li> <li>○ Hva er grunnen til at for eks. Vikenco ikke overhaler selv?                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De har vel tilstrekkelig med kompetanse og kapasitet «på huset»?</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Fase 3:</b></p> <p>Fokus- ering</p>	<p><b>4. Nøkkelsspørsmål (30-50 min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvilke typer feil/sviktårsaker opplever du gjentar seg hyppigst?             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hva gjør Interroll med det?</li> </ul> </li> <li>• Hvordan er deres prosedyrer for utskiftning av komponenter under reparasjon?             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Skiftes samtlige deler ut eller kun defekte deler og slitedeler?</li> </ul> </li> <li>• Hva anbefaler dere til kunden angående:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Utskiftning av komponenter under overhaling/reparasjon.</li> <li>○ Utskiftning av sidedeksel under overhaling – storparten av trommelsviktene ved SalMar er grunnet inntrengning av vann og andre partikler.</li> <li>○ Hvilke reservedeler på lager? Lagerstyring?                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hvordan gjør dere det med uttaksføring?</li> </ul> </li> <li>○ Testing i testbenk etter reparasjon?                 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hvor lenge?</li> <li>▪ Hvordan er deres prosedyrer for dette?</li> </ul> </li> <li>○ Antall overhalinger før kassering?</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eventuelt – hvordan vurdere om trommelmotor skal kasseres eller ikke? Hva skal det vurderes med hensyn til?           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hvilken vulking og hvilket transportbånd?</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• SalMar har ingen standardisering når det kommer til trommelmotorer, vulking og type transportbånd.       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Hvordan er standardiseringen hos andre kunder og da spesielt med tanke på kunder innenfor oppdrettsnæringen?</li> <li>○ Det er jo en utfordring med hensyn til at ulike prosesser i fabrikken krever ulike transportbånd. Men krever de ulike typer trommelmotorer?</li> </ul> </li> <li>• Kjenner du til noen i trommelbransjen som utfører forebyggende vedlikehold på trommelmotorer?       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Noen i oppdrettsnæringen?</li> <li>○ Basert på kalender eller driftstid?</li> <li>○ Kjenner du til noen som utfører tilstandsovervåking av tr.motorer?</li> </ul> </li> <li>• Leveringstider på deler – kritisk hos SalMar med tanke på en beholdning som for det meste er bestående av to trommelmotorer av hver type.</li> <li>• Hvorfor velge Interroll? Og ikke Transmeca?       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bevisstgjøring. Hvordan få maskinleverandører til å velge Interroll?</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Fase 4:</b></p> <p>Detaljer- ing</p>	<p><b>5. Detaljspørsmål (10-20 min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• For å åpne trommelmotorer av typene 113i og 138i benytter SalMar en hydraulisk presse. Pressen er for stor til å kunne benyttes på 80i og den kan heller ikke benyttes på 165i og 217i – nåværende prosedyrer for å åpne disse er tilførsel av varme fra åpen flamme for å løse opp limet etterfulgt av hammerslag mot akselendestykke. Resultat: Flere komponenter må skiftes ut.</li> <li>• Hvordan er deres prosedyrer for åpning av trommelmotor?       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kan vi få se på prosessen og verksted?</li> <li>○ Tilfører dere varme?</li> <li>○ Benytter dere hydraulisk presse?</li> <li>○ Hvilken type lim benytter dere? (SalMar: Loctite 638)</li> </ul> </li> <li>• Erfaringsmessig - hvor lenge varer en ny trommelmotor?       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etter ett år normal drift – hva skjer?</li> <li>○ Etter 2, 3, 4, 5 år – hva skjer?</li> <li>○ Erfaringer fra SalMar viser at rør må erstattes etter ca. 5 år pga. løs vulking.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Fase 5:</b></p> <p>Tilbake- blikk</p>	<p><b>6. Oppsummering (10-15 min)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppsummere funn</li> <li>• Ta opp uklare detaljer – har jeg forstått deg riktig ...?</li> <li>• Er det noe du mener er relevant som du har lyst til å legge til?</li> </ul>



## Vedlegg F – Statusrapporter

Statusrapport 1 av 4	Dato: 3.3.2017
<b>Gjeldende periode:</b>	
17.1.2017 – 3.3.2017	
<b>Hva har blitt gjort i løpet av gjeldende periode:</b>	
<p>Forstudierapporten er utarbeidet og gjennomgått i samråd med veileder fra SalMar AS, Ole Meland. Et utkast av det første kapittelet som beskriver oppbyggingen av masteroppgaven samt det femte kapittelet som beskriver vedlikeholdsstyringen ved SalMar AS er ferdig utarbeidet.</p> <p>Et teoretisk grunnlag innenfor emnene vedlikehold og reservedelsstyring utover det som ble lagt i fordypningsprosjektet er etablert.</p> <p>To opphold á fem dager hos SalMar AS på Frøya har blitt gjennomført. Oppholdene har blitt benyttet til å etablere dypere innsikt i vedlikeholds- og reservedelsstyringen hos bedriften, spesielt med hensyn til trommelmotorer. Videre fokusområder har bestått av å observere og være involvert i prosessene rundt reparasjon av trommelmotorer. Kapittel 2 omhandlende SalMar AS og prosessene ved InnovaMar er tilnærmet ferdigstilt.</p> <p>Anne direkte produksjon av tekst i gjeldende tidsperiode inkluderer:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 3 - Vedlikeholdsteori</li> <li>- Kapittel 4 – Reservedelsstyring</li> </ul> <p>I tillegg er det utarbeidet førsteutkast av:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 1 - Innledning</li> <li>- Kapittel 5 – Vedlikeholdsstyring ved SalMar AS</li> </ul> <p>Følgende kapitler er påbegynt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 6 - Metode</li> <li>- Kapittel 7 - Trommelmotoren</li> </ul>	
<b>Avvik:</b>	
<p>Etter gjennomgang av forstudierapport og samtaler med Meland, har det kommet frem at SalMar AS ikke ved noen tilfeller har loggført informasjon knyttet til svikt- og vedlikeholdshistorikk. Følgelig finnes det ikke noe datagrunnlag som først ble antatt at skulle ligge til grunn for analyse av feilhistorikk og sviktmønstre.</p> <p>Etter ønske fra Meland og SalMar AS vil masteroppgaven rette et større fokus mot forbedring av rutiner knyttet til selve utførelse av korrigerende vedlikehold av trommelmotorer. I tillegg vil det rettes fokus mot generering av et system for lagerstyring av reservedeler knyttet til trommelmotorer. Dette fører til noen justeringer vedrørende prosjektmålene som er satt i Kapittel 3 – Prosjektmål samt oppgavene som er beskrevet i Kapittel 4 – Oppgavebeskrivelse i forstudierapporten.</p>	
<b>Videre arbeid:</b>	
<p><u>Et nytt opphold hos SalMar AS på Frøya er planlagt i perioden 7.3 - 11.3.</u></p> <p>Målet for oppholdet er å etablere et fundament med hensyn til å kartlegge nåværende rutiner for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved bedriften. I tillegg bør et utkast av Kapittel 1 og Kapittel 5 være ferdigstilt før oppholdet hos bedriften, slik at Meland kan gi direkte input til kapitlene.</p> <p><u>Et bedriftsbesøk hos Interroll AS i Drammen er planlagt 15.3.</u></p> <p>Deltakere vil være vedlikeholdskoordinator ved SalMar AS, Sebastian Kvernland, og undertegnede. I forkant av bedriftsbesøket må det utarbeides en intervjuguide. Målet med oppholdet er å etablere et</p>	

fundament med hensyn til å kartlegge andre relevante aktørers prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer. Et videre mål er å se Interroll AS sine prosedyrer for reparasjon av trommelmotorer og eventuelt ta med noen forbedringstiltak tilbake til SalMar AS.

Mål for mars knyttet til direkte produksjon av tekst i masteroppgaven er å ferdigstille et utkast av:

- Kapittel 6 – Metode
- Kapittel 7 – Trommelmotoren
- Kapittel 8 - Nåværende rutiner for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS

Videre mål er å benytte fundamentet generert i forbindelse med Interroll-besøket til å påbegynne:

- Kapittel 9 – Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen

<b>Statusrapport 2 av 4</b>	<b>Dato:</b> 31.3.2017
<b>Gjeldende periode:</b>	
6.3.2017 – 31.3.2017	
<b>Hva har blitt gjort i løpet av gjeldende periode:</b>	
<p><u>Et opphold hos SalMar AS på Frøya ble gjennomført i perioden 7.3 - 11.3.</u> Fokus under oppholdet var rettet mot å observere og være involvert i prosessene rundt vedlikehold av trommelmotorer, spesielt med hensyn til utførelse av reparasjon. Oppholdet var matnyttig i form av å etablere et fundament med hensyn til å kartlegge nåværende rutiner for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved bedriften.</p> <p><u>Et bedriftsbesøk hos Interroll AS i Drammen ble gjennomført 15.3.</u> Deltakere var vedlikeholdskoordinator ved SalMar AS, Sebastian Kvernland, og undertegnede. For å være sikker på å få mest mulig ut av bedriftsbesøket med hensyn til å få svar på spørsmål sentrale for masteroppgaven, ble en intervjuguide utarbeidet i forkant. Sentrale personer i Interroll AS knyttet til vedlikehold av trommelmotorer ble intervjuet. Besøket ga innsyn i bedriftens prosedyrer for reparasjon av trommelmotorer og videre idéer om forbedringstiltak som med fordel kan implementeres i reparasjonsprosessen ved SalMar AS.</p> <p>Direkte produksjon av tekst i gjeldende tidsperiode inkluderer et utkast av følgende kapitler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 7 – Trommelmotoren</li> <li>- Kapittel 8 – Nåværende rutiner for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS</li> </ul> <p>I tillegg er følgende kapitler påbegynt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 6 – Metode</li> <li>- Kapittel 9 – Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen</li> </ul>	
<b>Avvik:</b>	
Foreløpig finnes det ingen avvik utover det som er beskrevet i statusrapport for perioden 17.1 – 3.3.	
<b>Videre arbeid:</b>	
<p><u>Et nytt opphold hos SalMar AS på Frøya er planlagt i perioden 5.4 - 7.4.</u> Målet for oppholdet er å påbegynne etablering av et fundament med hensyn til å utarbeide forbedringstiltak knyttet til nåværende rutiner for reparasjon av trommelmotorer. Forbedringstiltak skal utarbeides basert på evaluering av SalMar AS indre rutiner samt idéer fra Interroll AS sine prosedyrer for reparasjon. I tillegg har tidligere opphold hos SalMar AS avdekket mangler vedrørende systemer for lagerstyring av reservedeler knyttet til trommelmotorer. Sistnevnte må også utbedres. Et utkast av Kapittel 7 og Kapittel 8 bør være ferdigstilt før oppholdet hos bedriften, slik at Meland kan gi direkte input til kapitlene.</p> <p>Mål for april knyttet til direkte produksjon av tekst i masteroppgaven er å utarbeide et utkast av:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 6 – Metode</li> <li>- Kapittel 9 – Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen</li> </ul> <p>I tillegg er en målsetning å ferdigstille:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 7 – Trommelmotoren</li> <li>- Kapittel 8 – Nåværende rutiner for vedlikeholdsstyring av trommelmotorer ved SalMar AS</li> </ul> <p>Videre mål er å påbegynne:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 10 – Optimalisert vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer ved SalMar AS</li> </ul>	

<b>Statusrapport 3 av 4</b>	<b>Dato:</b> 15.5.2017
<b>Gjeldende periode:</b>	
1.4.2017 – 13.5.2017	
<b>Hva har blitt gjort i løpet av gjeldende periode:</b>	
<p>To opphold hos SalMar AS på Frøya ble gjennomført i periodene 4.4 - 8.4. og 9.5 - 13.5. Fokusområder under oppholdene var utførelse av uformelle intervjuer av teknikere og elektrikere, fortrinnsvis for å etablere et fundament for utvikling av et system for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer. Ved det første oppholdet ble det bestemt at tilstandsmålingen skulle basere seg på måling av trommelmotorenes belastningsstrøm. Det siste oppholdet ble spesielt benyttet til å ta bilder relevant for masteroppgaven. Oppholdene hos SalMar AS var også matnyttig i form av å samarbeide og motta veiledning fra vedlikeholdssjef Ole Meland.</p> <p>Direkte produksjon av tekst i gjeldende tidsperiode inkluderer et utkast av følgende kapitler:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 9 – Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen</li> <li>- Kapittel 10 – Optimalisering av systemer og prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul> <p>I tillegg er følgende kapitler påbegynt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 11 – System for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>- Kapittel 12 – Plan for implementering</li> </ul> <p>Foreløpig utkast av masteroppgaven er oversendt til Meland.</p>	
<b>Avvik:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metodekapittelet som i utgangspunktet skulle utgjøre et eget kapittel i masteroppgaven er redusert betraktelig og implementert i Kapittel 1.</li> <li>- Bedriftsbesøkene til Vikenco og Marine Harvest som begge i utgangspunktet var besøksmål utgår, fortrinnsvis grunnet tidsbegrensninger ved oppgavegjennomføringen og et svært matnyttig bedriftsbesøk hos Interroll.</li> </ul>	
<b>Videre arbeid:</b>	
<p>Et nytt opphold hos SalMar AS på Frøya er forespeilet i slutten av mai/starten av juni. Utkast av kapittel 11, kapittel 12 og kapittel 13 bør være ferdigstilt før oppholdet hos bedriften, slik at Meland kan gi direkte input til kapitlene.</p> <p>Mål for mai knyttet til direkte produksjon av tekst i masteroppgaven er å utarbeide et utkast av:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 1 – Innledning</li> <li>- Kapittel 11 – System for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>- Kapittel 12 – Plan for implementering</li> <li>- Kapittel 13 – Sammendrag, konklusjon og anbefalinger for videre arbeid</li> </ul> <p>I tillegg er en målsetning å ferdigstille:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 9 – Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen</li> <li>- Kapittel 10 – Optimalisering av systemer og prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul> <p>Videre mål er å påbegynne:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppsett, referanser, vedlegg m.m.</li> </ul>	

<b>Statusrapport 4 av 4</b>	<b>Dato:</b> 11.6.2017
<b>Gjeldende periode:</b>	
15.5.2017 – 11.6.2017	
<b>Hva har blitt gjort i løpet av gjeldende periode:</b>	
<p>Et opphold hos SalMar AS på Frøya ble gjennomført i perioden 8.6 – 10.6. Fokus under oppholdet var rettet mot ferdigstilling av sluttrapport.</p> <p>Direkte produksjon av tekst i gjeldende tidsperiode inkluderer ferdigstilling av:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapittel 1 – Innledning</li> <li>- Kapittel 9 – Vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen</li> <li>- Kapittel 10 – Optimalisering av systemer og prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>- Kapittel 11 – System for tilstandsbasert vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>- Kapittel 12 – Plan for implementering</li> <li>- Kapittel 13 – Sammendrag, konklusjon og anbefalinger for videre arbeid</li> <li>- Oppsett, referanser, vedlegg m.m.</li> </ul>	
<b>Avvik:</b>	
- Det foreligger ingen avvik utover det som er beskrevet tidligere.	
<b>Videre arbeid:</b>	
-	

## **Vedlegg G – Forstudierapport**

## **Fremtidens vedlikeholdsstyring av trommelmotorer hos SalMar AS**

Lasse Børmark Hoftun

Januar 2017

Forstudierapport

TPK4950 – Masteroppgave

Institutt for maskinteknikk og produksjon

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Veileder 1: Per Schjøllberg (Førsteamanuensis ved MTP)

Veileder 2: Ole Meland (Vedlikeholdssjef ved SalMar AS)





## Forord

Forstudierapporten er utarbeidet i januar 2017 som en del av emnet TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Emnet utgjør fjerde og avsluttende semester av det toårige masterprogrammet Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) ved Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP). Masteroppgaven er estimert til å utgjøre et arbeidsomfang på 30 studiepoeng og avsluttes med innlevering av en sluttrapport.

Grunnet spesialiseringen innen drift og vedlikehold undertegnede har fra maskiningeniørutdanningen ved Høgskolen i Sør-Trøndelag (nå NTNU), var det naturlig å velge noe innen dette fagfeltet som tema for masteroppgave. Ansvarlig for masteroppgaver innen drift og vedlikehold ved MTP er førsteamanuensis Per Schjølberg. Vedkommende har på bakgrunn av dette utøvd rollen som undertegnede sin veileder under oppgavegjennomføringen.

Ved hjelp av Schjølberg sitt brede nettverk innenfor industrien og særs med hensyn til bedrifter hvor vedlikeholdsstyring tildeles mye oppmerksomhet, ble kontakten mellom lakseprodusenten SalMar AS og undertegnede opprettet i april 2016. Som en utmerket mulighet til å bli kjent med bedriften, ble sommerjobb for undertegnede definert påfølgende sommer.

Sommerjobben ga innsikt i vedlikeholds- og reservedelsstyringen hos bedriften og var uvurderlig for utarbeidelsen av fordypningsprosjektet høsten 2016. Fordypningsprosjektet utgjorde emnet TPK4550 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold og var obligatorisk som en del av tredje semester av masterprogrammet RAMS. Tittel på fordypningsprosjektet var «*Reservedelsstyring hos SalMar AS*».

Opprinnelig skulle masteroppgaven benyttes som en videreføring av fordypningsprosjektet. Som følge av ansettelsesforholdet hos SalMar og diskusjoner med vedlikeholdssjef og øvrige ansatte, observerte undertegnede imidlertid et forbedringsområde med større nytteverdi for bedriften - rutiner for vedlikehold av trommelmotorer.

Masteroppgaven skal anvende «state-of-the-art»-teorier kombinert med detaljkunnskap vedrørende vedlikeholds- og reservedelsstyring hos SalMar innhentet under opphold hos bedriften for å optimalisere nåværende vedlikeholdsrutiner for trommelmotorer. Foreløpig tittel for masteroppgaven er «*Fremtidens vedlikeholdsstyring av trommelmotorer hos SalMar AS*». Under gjennomføringen av masteroppgaven vil forstudierapporten benyttes aktivt som et styringsverktøy for å kontrollere tidsbruk samt ivareta framdrift og oppfølging.

Trondheim, 2017-01-26



---

Lasse Børmark Hoftun

## Takksigelse

Undertegnede ønsker å takke Per Schjølberg ved Institutt for maskinteknikk og produksjon for konstruktiv veiledning under forberedelser og arbeid med forstudierapporten.

Hos SalMar AS utrettes en stor takk til vedlikeholdssjef Ole Meland. I tillegg til å etablere en optimal basis for masteroppgaven, har Meland gjennom arbeidet med forstudierapporten bidratt med særs konstruktiv veiledning. Hans konstruktive tilbakemeldinger har vært svært nyttige.

Undertegnede ønsker videre å takke vedlikeholdskoordinator ved SalMar AS Sebastian Kvernland. Vedkommende har gjennom arbeidet med forstudierapporten dedikert tid til å besvare spørsmål og overbringe relevant informasjon på en god måte, både under opphold ved bedriften samt via telefon. Kvernland sørget også for husrom i perioden undertegnede oppholdt seg ved bedriften under arbeidet med forstudierapporten.

L.H.

<b>FORORD</b> .....	<b>II</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
<b>2 ORIENTERING</b> .....	<b>1</b>
<b>3 PROSJEKTMÅL</b> .....	<b>3</b>
<b>4 OPPGAVEBESKRIVELSE</b> .....	<b>4</b>
<b>5 INVOLVERTE AKTØRER</b> .....	<b>5</b>
5.1 NTNU .....	5
5.2 SALMAR AS .....	5
<b>6 PROSJEKTSTYRING</b> .....	<b>5</b>
6.1 PROSJEKTPLAN.....	6
6.2 KVALITETSSIKRING .....	6
6.3 RISIKOSTYRING.....	6
6.4 RAPPORTERING OG STATUSMØTER .....	7
<b>7 RAMMEVILKÅR</b> .....	<b>7</b>
7.1 TID .....	7
7.2 REISEVIRKSOMHET .....	7
7.3 ØKONOMI .....	8
7.4 LITTERATUR.....	8
7.5 UTSTYR .....	8
<b>REFERANSER</b> .....	<b>9</b>
<b>VEDLEGG A – RISIKOREGISTER</b> .....	<b>10</b>
<b>VEDLEGG B – PROJECT OVERVIEW STATEMENT (POS)</b> .....	<b>12</b>
<b>VEDLEGG C – KOSTNAD, TID OG RESSURSER (KTR)</b> .....	<b>14</b>
C.1 – UTARBEIDELSE AV FORSTUDIERAPPORT.....	14
C.2 – OPPHOLD HOS SALMAR PÅ FRØYA .....	15
C.3 – LITTERATURSØK, DATAINNSAMLING OG VIDERE PLANLEGGING.....	16
C.4 – BESKRIVE TROMMELMOTORENS BETYDNING FOR SALMAR AS UT IFRA ET DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSPERSPEKTIV .....	17
C.5 – EVALUERE DAGENS RUTINER FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV TROMMELMOTORER.....	18
C.6 – KARTLEGGE VEDLIKEHOLDSSTRATEGI FOR TROMMELMOTORER HOS ANDRE RELEVANTE AKTØRER I NORGE .....	19
C.7 – UTVIKLE EN VEDLIKEHOLDSSTRATEGI FOR FOREBYGGENDE VEDLIKEHOLD AV TROMMELMOTORER SPESIELT MED HENSYN PÅ Å UTARBEIDE ET BESLUTNINGSGRUNNLAG FOR Å STYRE UTSKIFTNINGEN. ....	20
C.8 – ANALYSERE OG ETABLERE ET FUNDAMENT FOR GENERERING AV FORBEDRINGSTILTAK KNYTTET TIL EKSISTERENDE RUTINER FOR KORRIGERENDE VEDLIKEHOLD AV TROMMELMOTORER .....	21

C.9 – SKISSERE EN PLAN FOR IMPLEMENTERING AV VEDLIKEHOLDSSTRATEGI FOR FOREBYGGENDE VEDLIKEHOLD OG FORBEDRINGSTILTAK MED HENSYN Å FORBEDRE KORRIGERENDE VEDLIKEHOLD AV TROMMELMOTORER .....	22
C.10 – FERDIGSTILLELSE AV RAPPORT.....	23
C.11 – INNLEVERING AV RAPPORT.....	24
<b>VEDLEGG D – GANTT-SKJEMA .....</b>	<b>25</b>

## 1 Introduksjon

Norsk oppdrettsnæring har i løpet av de siste tiår vært preget av stor vekst og er nå blant Norges største eksportartikler etter olje og gass. Fra utviklingen av kommersielt fiskeoppdrett i Norge begynte rundt året 1970, utgjør oppdrettsnæringen per i dag 70 % av sjømateksperten målt i verdi [1]. Dagens oppdrettsnæring i Norge nyter godt av naturgitte fortrinn, sterke kunnskapsmiljøer, god infrastruktur og god forvaltning. Det er forventet at veksten innenfor oppdrettsnæringen vil fortsette også i tiårene fremover. SINTEF la i 2012 frem en rapport, som ved videre utvikling av sjømatnæringens kjerneområder, spår en femdobling av verdien av norsk sjømat innen 2050 [2].

I takt med utviklingen samt økende konkurranse fra utenlandske aktører knyttet til bearbeiding og foredling av fisk, vil presset på lønnsomhet utløse sterkere fokus på effektivisering blant oppdrettsselskapene. I tillegg blir bruken av avansert produksjons-teknologi stadig mer utbredt og moderne bedrifter retter eksempelvis et større fokus mot utvikling av systemer for vedlikeholdsstyring slik at deres kapitalkrevende utstyr kan utnyttes mer effektivt [3], [4]. For å være konkurransedyktig er oppdrettsselskapene avhengig av å være kostnadseffektiv eller kostnadsledende som SalMar definerer i sine målsetninger. En viktig forutsetning er god vedlikeholdsstyring, ikke minst for å ivareta effektivitet i slakte- og bearbeidingsprosessen.

Et sentralt element innenfor vedlikeholdsstyringen hos SalMar AS er drift og vedlikehold av trommelmotorer. Nærmest samtlige transportbånd i fabrikkens drives av trommelmotorer og motorhavari i løpet av tid planlagt for produksjon vil medføre tap for bedriften. Trommelmotorene hos SalMar AS er av høy kritikalitet og nåværende vedlikeholdsstrategi er et område som kan optimaliseres med hensikt å redusere kostnader og risiko for bedriften.

Masteroppgaven benytter feltarbeid hos SalMar AS i kombinasjon med «state-of-the-art»-teorier relevant for vedlikeholds- og reservedelsstyringen hos bedriften til å utarbeide en optimalisert vedlikeholdsstrategi for trommelmotorene. I takt med «å være fremragende i alle ledd og elementer av produksjonen» som det heter i SalMar sine målsetninger, skal Industri 4.0 og andre konsepter for fremtiden som blant annet «Deep mind technology» inngå i utarbeidelsen av den optimaliserte vedlikeholdsstrategien.

## 2 Orientering

Forstudierapporten er utarbeidet i januar 2017 som en del av emnet TPK4950 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold, masteroppgave, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Emnet gir 30 studiepoeng og utgjør fjerde og avsluttende semester av det toårige masterprogrammet Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) ved Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP). Masteroppgaven skal gjennomføres som et samarbeid mellom NTNU, SalMar AS og undertegnede.

Kontakten mellom SalMar AS og undertegnede ble opprettet i april 2016 som følge av et telefonmøte med Per Schjølberg sin kontaktperson ved bedriften – vedlikeholdssjef Ole Meland. Telefonmøtet i kombinasjon med påfølgende dialog mellom Schjølberg og Meland førte til at det ble forespeilet sommerjobb for undertegnede. To NTNU-studenter var i sommerjobb hos bedriften påfølgende sommer. Ansvarsområdene bestod fortrinnsvis av ivaretagelse av den daglige driften på det tekniske lageret.

Én av studentene fikk høsten 2016 videreføre arbeidet i et fordypningsprosjekt. Emnet TPK4550 – Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold, fordypningsprosjekt, utgjorde et arbeidsomfang på 15 studiepoeng og var ment å fungere som et ledd i å etablere et teoretisk fundament som basis for masteroppgaven. Tittel på fordypningsprosjektet var «Reservedelsstyring hos SalMar AS». Målsetningen bestod av å utarbeide et fundament som beskrev «state-of-the-art»-teorier innenfor emnene vedlikehold og reservedelsstyring. Fundamentet ble videre benyttet som et utgangspunkt for å kartlegge reservedelsstatus hos SalMar AS, samt foreslå potensielle forbedringsområder tilknyttet reservedelsstyring hos bedriften.

Under utarbeidelsen av fordypningsprosjektet, har undertegnede fortsatt å bistå SalMar med arbeidsoppgaver. I tillegg til ivaretagelse av den daglige driften på det tekniske lageret, har arbeidsoppgavene bestått av å identifisere behov for forbedring og optimalisering av lagerstyringen, utvikle løsninger og videre implementere for å evaluere effekt.

Ansettelsesforholdet ved SalMar har etablert en uvurderlig innsikt i prosesser og ikke minst utfordringer knyttet til vedlikeholds- og reservedelsstyring ved bedriften. På så måte har det teoretiske fundamentet etablert i fordypningsprosjektet kunne spisses direkte inn mot områder relevante for bedriften.

Opprinnelig skulle masteroppgaven benyttes som en videreføring av fordypningsprosjektet, hvor planlegging, implementering og evaluering av forbedringstiltak knyttet til reservedelsstyringen hos SalMar skulle inngå som sentrale elementer. Som følge av arbeidsoppgaven som ansvarlig for det tekniske lageret og diskusjoner med vedlikeholdssjef og andre ansatte, observerte undertegnede imidlertid et forbedringsområde med større nytteverdi for SalMar - dagens rutiner for drift og vedlikehold av bedriftens trommelmotorer.

### 3 Prosjektmål

Masteroppgavens hovedmål er å etablere en optimalisert vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS. Vedlikeholdsstrategien skal implementeres med hensikt å redusere kostnader og/eller risiko for bedriften.

For å kunne innfri hovedmålet, må følgende delmål innfris:

- Evaluere nåværende rutiner for drift og vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS på bakgrunn av:
  - Detaljert analyse av trommelmotorene
  - Teorier og «state-of-the-art» relevant for vedlikeholds- og reservedelsstyringen hos SalMar AS
  - Feltarbeid ved SalMar AS
- Kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen i Norge gjennom:
  - Bedriftsbesøk
  - Samtaler med relevante personer innenfor næringen
- Besøke og intervjuje ledende leverandør av trommelmotorer i Norge, Interoll
- Utvikle en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer hos SalMar AS på grunnlag av:
  - Utarbeidelse av beslutningsgrunnlag basert på maskinlæring for å styre utskiftningen
- Etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer på bakgrunn av:
  - Analyse av nåværende rutiner for korrigerende vedlikehold
  - Kartlegging av rutiner for korrigerende vedlikehold hos andre aktører i oppdrettsnæringen
  - Samtaler med ledende leverandør av trommelmotorer, Interoll
- Utarbeide en realistisk plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer

Som et verktøy for å definere prosjektmålene er SMART-prinsippet benyttet. Akronymet SMART står for at et mål skal være:

- **Specific**        Spesifikt
- **Measureable**    Målbart
- **Attainable**        Oppnåelig
- **Realistic**        Realistisk

- **Timely**            Tidsrelatert

Målet skal være spesifikt i å nå et formål og uttrykt på en slik måte at det er målbart. Prosjektmålene i masteroppgaven er kvalitative og er på så måte ikke direkte målbare. Imidlertid skal det være enkelt å kontrollere status og utvikling samt evaluere i hvilken grad målene er oppnådd i henhold til vedlagte Gantt-skjema.

Målet skal være oppnåelig og realistisk med de ressurser som er tilgjengelig. Siste aspekt er at målet skal være tidsbundet. Målet og delmålene må være satt opp slik at de skal oppnås innen et bestemt tidspunkt, noe som også er ivaretatt i tidsplanleggingen i Gantt-skjemaet.

Ved å benytte detaljkunnskap knyttet til vedlikeholds- og reservedelsstyring hos SalMar, kan feltarbeid anvendes og teori kritisk filtreres ut for å etablere en tilstrekkelig basis med hensyn til å kunne utarbeide masteroppgaven og innfri prosjektmålene.

## 4 Oppgavebeskrivelse

Oppgavene studert i masteroppgaven er utarbeidet av vedlikeholdssjef hos SalMar, Ole Meland, i samarbeid med undertegnede og førsteamanuensis ved NTNU, Per Schjølberg.

Oppgavene presentert i det påfølgende er ikke endelig og enkelte oppgaver kan i løpet av prosjektgjennomføringen ha behov for og konkretiseres ytterligere. På så måte kan mindre omformuleringer av oppgavebeskrivelsene finne sted.

Følgende oppgaver skal studeres i masteroppgaven:

- Beskrive trommelmotorens betydning for SalMar AS ut i fra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv.
- Evaluere dagens rutiner for vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS.
- Kartlegge og evaluere vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i oppdrettsnæringen
- Utvikle en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer spesielt med hensyn på å utarbeide et beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.
- Analysere og etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer samt eventuelt mer radikale endringer.
- Skissere en plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold og forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.

Implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold og forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer skal etter planen realiseres i løpet



av sommeren og høsten 2017. Et potensielt utfall av funnene i masteroppgaven er et midlertidig ansettelsesforhold hos SalMar AS, med ansvarsområder bestående av implementering, oppfølging og evaluering av foreslåtte tiltak.

## **5 Involverte aktører**

Involverte aktører i masteroppgaven er NTNU, SalMar AS og Lasse Hoftun. Noe bakgrunnsinformasjon om de to førstnevnte aktørene er presentert i de påfølgende delkapitlene.

### **5.1 NTNU**

NTNU er Norges største universitet med 39.000 studenter totalt. Studentene er fordelt på 14 enheter på fakultetsnivå, 70 institutter og avdelinger.

Masteroppgaven er utarbeidet i samarbeid med Institutt for maskinteknikk og produksjon (MTP), underlagt Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi (IVT). Faggruppen involvert i masteroppgaven er Sikkerhet, pålitelighet og vedlikehold (RAMS). Hovedtemaet innenfor RAMS-gruppen er risiko- og pålitelighetsvurdering av komplekse systemer. Gruppens overordnede mål er å bidra til en tryggere, mer produktiv og bærekraftig industri [5].

Involverte aktører fra NTNU er hovedveileder Per Schjølberg og vitenskapelig assistent Andreas Marhaug.

### **5.2 SalMar AS**

SalMar AS er et norsk selskap med kjernevirksomhet innen oppdrett, slakting og foredling av atlantisk laks. Selskapet ble etablert i 1991 på Frøya i Sør-Trøndelag av Gustav Witzøe.

I 2010 ble et av verdens mest innovative og kostnadseffektive anlegg for bearbeiding av laks, InnovaMar, ferdigstilt på Frøya. InnovaMar består av en avdeling for slakting av laks og en avdeling for bearbeiding av laks, i tillegg til en egen divisjon for salg og logistikk. Totalt er anlegget på 17.500 kvadratmeter og har en kapasitet på ca. 150.000 tonn sløyd laks. SalMar AS har per i dag ca. 600 ansatte fra hele 27 nasjoner.

Året 2015 var et rekordår for SalMar med et samlet slaktevolum på hele 149.500 tonn sløyd laks. Biomassen gjør SalMar til verdens tredje største oppdrettsselskap bak Marine Harvest og Mitsubishi [6].

Involvert aktør fra SalMar AS er vedlikeholdssjef ved InnovaMar, Ole Meland.

## **6 Prosjektstyring**

For å ivareta framdrift og oppfølging skal verktøy for prosjektstyring benyttes aktivt under gjennomføringen av masteroppgaven.

Project Overview Statement (POS) er benyttet for å få oversikt over og formidle konsis informasjon om masteroppgaven. Videre er oppgaven inndelt i 11 delaktiviteter, hvor hver enkelt delaktivitet er beskrevet i detalj i Kostnad, Tid og Ressurs-skjemaer (KTR). For å illustrere prosjektets tidsplan er et Gantt-skjema benyttet.

## 6.1 Prosjektplan

I Gantt-skjemaet er delaktivitetene delt opp i arbeidspakker. Rekkefølgen for gjennomføring og varigheten av arbeidspakkene er planlagt med start- og sluttdatoer. Gantt-skjemaet i sin helhet er vedlagt i *Vedlegg D*.

Imidlertid vil det være noe usikkerhet knyttet til tidsplanleggingen, spesielt ved tidspunktene som er planlagt for reisevirksomhet. Antall opphold som er nødvendig hos SalMar på Frøya og varigheten av disse er på nåværende tidspunkt ikke avklart, men et opphold på minimum 2-3 arbeidsuker må medregnes.

Tidspunkt for besøk hos andre aktører i oppdrettsnæringen samt Norges ledende leverandør av trommelmotorer, er heller ikke fastsatt.

Som følge av usikkerheten er det forventet noen små avvik fra tidsplanleggingen i Gantt-skjemaet. Avvikene er forventet og vil i liten grad påvirke prosjektgjennomføringen.

## 6.2 Kvalitetssikring

Vedrørende oppgavegjennomføringen er fokus er først og fremst å følge tidsplanen i Gantt-skjemaet samt arbeidsoppgavene i KTR-skjemaene. For å sikre at masteroppgaven holder et kvalitetsnivå som medfører nytteverdi for SalMar AS, skal i tillegg følgende elementer prioriteres:

- Regelmessige fremdriftsmøter med interne veiledere i henhold til definert møteplan.
- Tett kommunikasjon med vedlikeholdssjef i SalMar AS, Ole Meland.
- Aktiv bruk av ressurspersoner internt og eksternt.
- Aktiv innsats for å identifisere risikofaktorer for prosjektet i forkant og underveis.
- God endringsstyring dersom uforutsette hendelser skulle oppstå.
- Anvendelse av faglitteratur.
- Sikre god sporbarhet på kilder.
- Være kritisk til egne funn og evaluere disse i samråd med SalMar AS.

## 6.3 Risikostyring

For å styre og kontrollere risiko i oppgavegjennomføringen er det utarbeidet et risikoregister. Hovedmålet er å identifisere faktorer som kan føre til risiko for gjennomføringen av prosjektet. Risiko assosiert med hver enkelt faktor er vurdert kvalitativt, både før og etter risikoreducerende tiltak er iverksatt.

Som en del av kvalitetssikringen skal risikoregisteret benyttes gjennom alle faser av oppgavegjennomføringen. Risikoregisteret skal kontinuerlig følges opp for å kontrollere at tiltak blir iverksatt, vurdere endring i risikonivå og identifisere nye risikofaktorer. Risiko-registeret i sin helhet er vedlagt i *Vedlegg A*.

## **6.4 Rapportering og statusmøter**

Et statusmøte er planlagt hver andre uke. Deltakere vil være hovedveileder Per Schjølberg, vitenskapelig assistent Andreas Marhaug og undertegnede. Statusmøtene vil bli benyttet til å evaluere prosjektstatus og diskutere spesifikke problem. Et utkast av rapporten samt beskrivelse av fremgang siden forrige statusmøte vil sendes til veilederne i forkant slik at møtedeltakerne kan møte forberedt.

For å orientere veileder om masteroppgavens progresjon skal en statusrapport utarbeides to ganger i løpet av perioden. Etter avtale vil den første rapporten utarbeides innen fredag 3. mars, og den andre senest fredag 28. april. Statusrapportene skal inneholde en oppsummering av fremgangen i oppgaven siden forrige rapport, påpeke avvik fra prosjektplan samt beskrive tiltak for å følge opp disse avvikene. I tillegg skal rapportene beskrive aktivitetene som skal gjennomføres frem mot neste statusrapport.

## **7 Rammevilkår**

Rammevilkårene deles opp i fem hovedkategorier og er beskrevet i det påfølgende.

### **7.1 Tid**

Planlagt tidsrom for gjennomføringen av masteroppgaven er fra 15.1.2017 til 11.6.2017. Med påskeferien tatt i betraktning, tilsvarer dette 20 arbeidsuker. For et emne vektlagt til 7,5 studiepoeng, anbefaler NTNU 12 arbeidstimer per uke. Masteroppgaven gir 30 studiepoeng og et rimelig estimat er dermed 48 arbeidstimer per uke. Basert på tidligere erfaringer, er studenten innstilt på å benytte 50 timer i uka på oppgaven, noe som tilsvarer 1000 arbeidstimer totalt i den aktuelle perioden. Faktisk anvendt tid benyttet på de ulike aktivitetene som inngår er også et viktig aspekt og det er derfor gjort et grundig arbeid med hensyn til tidsplanleggingen.

### **7.2 Reisevirksomhet**

I løpet av gjennomføringen vil det være behov for noe reisevirksomhet, først og fremst opphold hos SalMar på Frøya. Antall opphold som er nødvendig og varigheten av disse er på nåværende tidspunkt ikke avklart.

Første opphold på Frøya er planlagt fra 18. - 21. januar.

For å kunne kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i Norge, vil det også være behov for noe reisevirksomhet. Ole Meland, vedlikeholdssjef i SalMar, har foreslått Vikenco på Aukra og Marine Harvest i Eggesbønes, begge i Møre og Romsdal, som aktuelle besøksmål.

Besøk hos ledende leverandør av trommelmotorer i Norge, Interroll, er også forespeilet.

Reisedeltakere vil være Ole Meland og Sebastian Kvernland, henholdsvis vedlikeholdssjef og vedlikeholdskoordinator i SalMar AS, og undertegnede. Hvilke aktører som skal besøkes og tidspunkt for reisene er på nåværende stadium ikke bestemt.

### **7.3 Økonomi**

Kostnader i forbindelse med reisevirksomhet dekkes av SalMar. Utover dette er det på nåværende tidspunkt ingen andre forutsette kostnader knyttet til gjennomføringen av prosjektet.

### **7.4 Litteratur**

For at masteroppgaven skal la seg gjennomføre, er det nødvendig med tilgang til NTNUs bibliotek, BIBSYS samt akademiske databaser som Scopus og Compendex. Erfaringsmessig har studenter ved NTNU tilgang til de fleste tekster og artikler gjennom universitetets lisenser, men ikke alt er tilgjengelig i fulltekst. På så måte er litteratur begrenset til de tekster og artikler som er tilgjengelig i fulltekst via NTNUs lisenser.

### **7.5 Utstyr**

For å sikre gode og forutsigbare arbeidsforhold er det nødvendig med en fast arbeidsplass og personlig datamaskin. Undertegnede disponerer kontor plass med personlig datamaskin både i MTP sine lokaler og hos SalMar AS ved InnovaMar på Frøya.

## Referanser

- [1] Fisheries and Aquaculture Department, «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» 2016. [Internett]. Available: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_norway/en](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en). [Funnet 1 12 2017].
- [2] T. Olafsen, U. Winther, Y. Olsen og J. Skjermo, «Verdiskaping basert på produktive hav i 2050,» SINTEF Fiskeri og havbruk, 2012.
- [3] P. Y. L. Tu, R. Yam, P. Tse og A. O. W. Sun, «An Integrated Maintenance Management System for an Advanced Manufacturing Company,» *Advanced Manufacturing Technology*, pp. 692-703, 2001.
- [4] R. C. M. Yam, P. W. Tse og P. Tu, «Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance,» *Advanced Manufacturing Technology*, pp. 383-391, 2001.
- [5] NTNU, «NTNU RAMS Group,» [Internett]. Available: <https://www.ntnu.edu/ross/rams>. [Funnet 1 11 2016].
- [6] TFI Marine, «TFI Marine,» June 2016. [Internett]. Available: <http://www.tfimarine.com/worlds-top-20-salmon-farmers/>. [Funnet 2 11 2016].
- [7] Fisheries and Aquaculture Department, «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» 2016. [Internett]. Available: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_norway/en](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en). [Funnet 3 11 2016].
- [8] SalMar, «Årsrapport 2015,» SalMar ASA, Kverva, 2016.

## Vedlegg A – Risikoregister

Risikoidentifikasjon			Vurdering		Risikorespons	
Indeks	Beskrivelse	Årsak	Konsekvens for	Innledende risiko	Tiltak	Gjenstående risiko
A	Utilstrekkelig med tid til å arbeide med oppgaven	Jobb ved siden av studiene krever tid	Kvalitet	Medium	Ta hensyn til dette i planleggingsfasen  Være i forkant  Være fleksibel og innstilt på lange dager	Lav
B	Utilstrekkelig involvering fra SalMar	Ressursbegrensning hos SalMar  Utilstrekkelig kommunikasjon med kontaktperson i SalMar  Liten interesse i oppgaven fra SalMars side	Motivasjon  Kvalitet	Medium	Ta hensyn til dette i planleggingsfasen  Bli enig om hverandres forventninger i en tidlig fase  Tett kommunikasjon med kontaktperson i SalMar  Fysisk være til stede hos SalMar på Frøya flere ganger i løpet av prosjektgjennomføringen	Lav
C	Klarer ikke å finne tilstrekkelig med relevant teori	Feil bruk av søkemotor  Dårlig søketeknikk  Mangler de nødvendige lisensene  Begrenset informasjon hos SalMar	Kvalitet	Medium	Rådføre seg med ansatte og andre studenter  Tilegne seg nødvendig kunnskap om databasene og litteratursøk generelt	Lav
D	Veileder lite involvert i oppgaven	Dårlig kommunikasjon med veileder  Statusmøter og statusrapporter følges ikke opp	Motivasjon  Kvalitet	Lav	Tett kommunikasjon med veileder  Statusmøter minimum annenhver uke  Utarbeidelse av minimum tre statusrapporter	Lav

Risikoidentifikasjon			Vurdering		Risikorespons	
Indeks	Beskrivelse	Årsak	Konsekvens for	Innledende risiko	Tiltak	Gjenstående risiko
E	Mangel på kritiske tilbakemeldinger på oppgaven	Ingen andre gruppemedlemmer  Dårlig kommunikasjon med veileder  Statusmøter og statusrapporter følges ikke opp	Kvalitet	Medium	Sikre kontinuerlig involvering av veileder  Benytte medelever som sparringspartnere  Statusmøter minimum annenhver uke  Utarbeidelse av minimum tre statusrapporter  Tett kommunikasjon med SalMar	Lav
F	Planlagte aktiviteter er ikke tilstrekkelig for å nå oppgavens målsetninger	Ikke tilstrekkelig kommunikasjon mellom partene	Kvalitet	Medium	Ta hensyn til dette i planleggingsfasen  Bli enig om hverandres forventninger i en tidlig fase  Tett kommunikasjon med veiledere	Lav

## Vedlegg B – Project Overview Statement (POS)

Project Overview Statement (POS)	
<b>Prosjekttittel:</b>	
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS	
<b>Ansvarlig person:</b>	<b>Revidert dato:</b>
Lasse Hoftun	26.1.2017

Oppgaver:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beskrive trommelmotorens betydning for SalMar AS ut i fra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv.</li> <li>• Evaluere dagens rutiner for drift og vedlikehold av trommelmotorer.</li> <li>• Kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i Norge.</li> <li>• Utvikle en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer spesielt med hensyn på å utarbeide et beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.</li> <li>• Analysere og etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer samt eventuelt mer radikale endringer.</li> <li>• Skissere en plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold og forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.</li> </ul>
Hovedmål:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeide en optimalisert vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS som kan implementeres med hensikt å redusere kostnader og/eller risiko for bedriften.</li> </ul>
Delmål:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluere nåværende rutiner for drift og vedlikehold av trommelmotorer ved SalMar AS på bakgrunn av: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Detaljert analyse av trommelmotorene</li> <li>○ «State-of-the-art»-teorier relevant for vedlikeholds- og reservedelsstyringen hos SalMar AS</li> <li>○ Feltarbeid hos SalMar AS</li> </ul> </li> <li>• Kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre aktører i oppdrettsnæringen i Norge gjennom: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bedriftsbesøk</li> <li>○ Samtaler med relevante personer</li> <li>○ Samtaler med ledende leverandør av trommelmotorer, Interroll</li> </ul> </li> <li>• Utvikle en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer hos SalMar AS på grunnlag av: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analyser av feil- og vedlikeholdshistorikk</li> <li>○ Utarbeidelse av beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen</li> </ul> </li> <li>• Etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer på bakgrunn av: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Analyse av nåværende rutiner for korrigerende vedlikehold</li> <li>○ Kartlegging av rutiner for korrigerende vedlikehold hos andre aktører i oppdrettsnæringen</li> </ul> </li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Samtaler med ledende leverandør av trommelmotorer, Interoll</li> <li>• Utarbeide en realistisk plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul>
<b>Resultatmål:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeide en plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Utarbeide en prosjektrapport av et kvalitetsnivå slik at den medfører nytteverdi for SalMar AS med en struktur slik at den holder seg i toppsjiktet</li> <li>• Sluttrapport skal leveres innen 11.6.2017</li> </ul>
<b>Suksesskriterier:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tett kommunikasjon og godt samarbeid mellom studenten, NTNU og SalMar</li> <li>• Fremdriftsmøter med Per Schjølberg og Andreas Marhaug i henhold til møteplan</li> <li>• Aktiv bruk av ressurspersoner internt (professorer ved NTNU og ansatte ved MTP)</li> <li>• Aktiv bruk av ressurspersoner eksternt (ansatte ved SalMar)</li> <li>• Kontinuerlig oppfølging av risikoregister</li> <li>• God fleksibilitet</li> <li>• Prosjektstyring</li> </ul>
<b>Forutsetninger, risiko og hindringer:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nødvendig litteratur og data er tilgjengelig</li> <li>• Tilstrekkelig kommunikasjon og samarbeid mellom de tre involverte partene</li> <li>• Gjennomføring av de planlagte aktivitetene er tilstrekkelig for å nå oppgavens målsetninger</li> <li>• Tilbakemeldinger gitt underveis i prosessen er konstruktiv</li> </ul>

## Vedlegg C – Kostnad, tid og ressurser (KTR)

### C.1 – Utarbeidelse av forstudierapport

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			17.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.1	Utarbeidelse av forstudierapport		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
16.1.2017	25.1.2017	40 timer	2 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definere oppgavebeskrivelse og prosjektmål</li> <li>• Ferdigstille forstudierapport</li> <li>• Forstudierapporten skal være av et kvalitetsnivå slik at den medfører god nytteverdi for gjennomføring av masteroppgaven</li> <li>• Forstudierapporten skal være av et kvalitetsnivå og ha en struktur slik at den holder seg i toppsjiktet</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeide delkapitler i forstudierapport</li> <li>• Utarbeide risikoregister</li> <li>• Utarbeide POS og KTR-skjemaer</li> <li>• Tidsplanlegging ved bruk av Gantt-skjema</li> <li>• Korrekturlesing</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Dokumentgjennomgang</li> <li>• Samtaler med veiledere</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planlegging</li> <li>• Oppbygning, struktur og språk</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppgavene er definert i grove trekk og må muligens konkretiseres</li> <li>• Noe usikkerhet knyttet til tidsplanlegging <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tidspunkt for opphold hos SalMar AS på Frøya ikke fastsatt</li> <li>○ Tidspunkt for bedriftsbesøk ikke avtalt</li> </ul> </li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilt forstudierapport</li> </ul>			

## C.2 – Opphold hos SalMar på Frøya

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			17.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.2	Opphold hos SalMar på Frøya		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
18.1.2017	21.1.2017		4 dager
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablere dypere innsikt i trommelmotorenes oppbygning og virkemåte</li> <li>• Fremskaffe relevante datablader</li> <li>• Opparbeide kunnskap om trommelmotorenes funksjon i produksjonsanlegget</li> <li>• Etablere dypere innsikt i vedlikeholds- og reservedelsstyringen hos SalMar, spesielt med tanke på trommelmotorene</li> <li>• Evaluere i hvilken grad Infor EAM benyttes i vedlikeholdsarbeidet med trommelmotorer</li> <li>• Kartlegge trommelmotorenes betydning for SalMar AS ut i fra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kartlegge nåværende prosedyrer for drift- og vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Evaluere i hvilken grad indikatorer benyttes i vedlikeholdsarbeidet med trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Være involvert i produksjonsprosessen og vedlikeholdsstyringen ved SalMar</li> <li>• Observere og være involvert i overhalingsprosessen av trommelmotorer</li> <li>• Diskusjoner med ansatte ved SalMar</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• SalMars interne dokumenter</li> <li>• Infor EAM</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nødvendige opplysninger er utilgjengelige</li> <li>• Ingen overhalinger utføres under oppholdet</li> <li>• Ressursbegrensninger hos SalMar</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			

### C.3 – Litteratursøk, datainnsamling og videre planlegging

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			17.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.3	Litteratursøk, datainnsamling og videre planlegging		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
26.1.2017	26.5.2017	250 timer	16 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opparbeide gode søkerutiner</li> <li>• Etablere en solid teoretisk basis</li> <li>• Sikre god sporbarhet på kilder</li> <li>• Etablere en plan for bearbeidelse av data</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innledende litteraturgjennomgang og datainnsamling</li> <li>• Planlegge videre litteratursøk</li> <li>• Kontinuerlig studering av relevant litteratur</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Samtaler med ansatte ved MTP</li> <li>• Diskusjoner med ansatte ved SalMar</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akademiske utgivelser og faglitteratur</li> <li>• Standarder</li> <li>• Infor EAM</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Inngang til aktivitet:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problembeskrivelse og prosjektmål er definert</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilstrekkelig søketeknikk</li> <li>• Relevant litteratur er utilgjengelig</li> <li>• Ikke tilstrekkelig med data lagret i SalMar sine databaser</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> <li>• En base av relevant, bearbeidet litteratur</li> <li>• Internt dokument som beskriver plan for videre litteratursøk</li> </ul>			

#### C.4 – Beskrive trommelmotorens betydning for SalMar AS ut ifra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv

<b>Kostnad, tid og ressurser (KTR)</b>			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			17.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.4	Beskrive trommelmotorens betydning for SalMar AS ut ifra et drifts- og vedlikeholdsperspektiv		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
1.2.2017	17.2.2017	120 timer	3 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benytte innsikten i vedlikeholdsarbeidet med trommelmotorer opparbeidet under opphold hos SalMar til å kartlegge og beskrive dens betydning for bedriften</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beskrive trommelmotorens oppbygning, funksjon og virkemåte</li> <li>• Etablere en basis av relevant vedlikeholdsteori</li> <li>• Knytte relevante standarder opp mot vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Samtaler med ansatte ved MTP</li> <li>• Diskusjoner med ansatte ved SalMar</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benytte relevant litteratur med god sporbarhet</li> <li>• Infor EAM</li> <li>• SalMars interne dokumenter</li> <li>• NEK IEC 60300</li> <li>• NS-EN 13306</li> <li>• NORSOK Z-008</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevante dokumenter er utilgjengelige</li> <li>• Overhaling av trommelmotorer er en komplisert prosess og involverer ansatte fra flere ulike avdelinger</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delkapittel i rapport</li> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> </ul>			

### C.5 – Evaluere dagens rutiner for drift og vedlikehold av trommelmotorer

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			17.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.5	Evaluere dagens rutiner for drift og vedlikehold av trommelmotorer		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
20.2.2017	10.3.2017	120 timer	3 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Få tilgang til trommelmotorenes feil- og vedlikeholdshistorikk</li> <li>• Benytte innsikten i vedlikeholdsarbeidet med trommelmotorer opparbeidet under opphold hos SalMar og resultater av litteratursøk til å evaluere rutiner for drift og vedlikehold</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undersøke hvilke faktorer/indikatorer som utløser vedlikehold/overhaling av trommelmotorer</li> <li>• Analysere trommelmotorenes feil- og vedlikeholdshistorikk</li> <li>• Kartlegge og evaluere nåværende prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feltstudium inkludert intervju av ansatte ved SalMar</li> <li>• Være til stede hos SalMar på Frøya, observere og være involvert i prosessene rundt vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Analyse av feilhistorikk</li> <li>• Litteratursøk</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infor EAM</li> <li>• Instruksjonsmanualer</li> <li>• SalMars interne dokumenter</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overhaling av trommelmotorer er en komplisert prosess og involverer ansatte fra flere ulike avdelinger</li> <li>• Mangelfull feil- og vedlikeholdshistorikk</li> <li>• Relevante dokumenter er utilgjengelige</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delkapittel i rapport</li> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> </ul>			

## C.6 – Kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i Norge

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>		<b>Revidert dato:</b>	
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS		23.1.2017	
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>	<b>Ansvarlig person:</b>	
C.6	Kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i Norge.	Lasse Hoftun	
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
13.3.2017	24.3.2017	80 timer	2 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komme i kontakt med og besøke andre aktører i oppdrettsnæringen som drifter og vedlikeholder trommelmotorer</li> <li>• Benytte evalueringen av dagens rutiner for drift og vedlikehold av trommelmotorer hos SalMar AS som sammenligningsgrunnlag for å kartlegge vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos andre relevante aktører i Norge.</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Undersøke hvilke faktorer/indikatorer som utløser vedlikehold/overhaling av trommelmotorer hos andre relevante aktører</li> <li>• Evaluere i hvilken grad andre relevante aktører analyserer trommelmotorenes feilhistorikk i vedlikeholdsarbeidet</li> <li>• Kartlegge andre relevante aktørers prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedriftsbesøk og samtaler med andre relevante aktører</li> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Samtaler med ressurspersoner ved NTNU</li> <li>• Diskusjoner med ansatte ved SalMar</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benytte relevant litteratur med god sporbarhet</li> <li>• SalMars interne dokumenter</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utfordrende å komme i kontakt med de riktige personene i andre relevante aktører</li> <li>• Andre aktører som ikke direkte er involvert har liten interesse i masteroppgaven</li> <li>• Informasjon vedrørende andre aktørers vedlikeholdsprosedyrer kan være begrenset</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delkapittel i rapport</li> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> </ul>			

### C.7 – Utvikle en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer spesielt med hensyn på å utarbeide et beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.

<b>Kostnad, tid og ressurser (KTR)</b>			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			24.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.7	Utvikle en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer spesielt med hensyn på å utarbeide et beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen.		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
27.3.2017	12.5.2017	200 timer	5 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benytte feilhistorikk og andre aktørers prosedyrer for drift og vedlikehold av trommelmotorer sammen med relevante teorier og «state-of-the-art» innhentet fra litteratursøk til å utarbeide en vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer hos SalMar</li> <li>• Utarbeide et beslutningsgrunnlag for å styre utskiftningen av trommelmotorer hos SalMar som kan implementeres med hensikt å redusere kostnader og/eller risiko for bedriften</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysere nåværende prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Analysere trommelmotorenes feil- og vedlikeholdshistorikk</li> <li>• Bestemme hvilke faktorer/indikatorer og tilsvarende verdier av disse som optimalt sett bør utløse vedlikehold/overhaling av trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskusjoner med ansatte ved SalMar</li> <li>• Aktiv bruk av feilhistorikk</li> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Aktiv bruk av ressurspersoner fra MTP og NTNU</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feilhistorikk</li> <li>• Infor EAM</li> <li>• SalMars interne dokumenter og instruksjonsmanualer</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overhaling av trommelmotorer er en komplisert prosess og involverer ansatte fra flere ulike avdelinger</li> <li>• Ikke tilstrekkelig feil- og vedlikeholdshistorikk</li> <li>• Trommelmotorene opererer i en virksomhet hvor flere lover og forskrifter tilknyttet hygiene og renhold skal overholdes</li> <li>• Implementering av optimalisert vedlikeholdsstrategi ikke gjennomførbar</li> <li>• Relevante dokumenter er utilgjengelige</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Et optimalisert vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold av trommelmotorer hos SalMar AS som kan implementeres med hensikt å redusere kostnader og/eller risiko for bedriften</li> <li>• Kapittel i rapport</li> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> </ul>			



### C.8 – Analysere og etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer

<b>Kostnad, tid og ressurser (KTR)</b>			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			24.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.8	Analysere og etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
27.3.2017	12.5.2017	200 timer	5 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benytte evaluering av SalMars interne rutiner og andre aktørers prosedyrer for drift og vedlikehold av trommelmotorer sammen med relevante teorier til å utarbeide forbedringstiltak knyttet til nåværende prosedyrer for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysere nåværende prosedyrer for vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Etablere et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feltstudium inkludert intervju av ansatte ved SalMar</li> <li>• Være til stede hos SalMar på Frøya, observere og være involvert i prosessene rundt vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Analyse av feilhistorikk</li> <li>• Litteratursøk</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nåværende rutiner for vedlikehold og overhaling</li> <li>• Infor EAM</li> <li>• SalMars interne dokumenter og instruksjonsmanualer</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overhaling av trommelmotorer er en komplisert prosess og involverer ansatte fra flere ulike avdelinger</li> <li>• Trommelmotorene opererer i en virksomhet hvor flere lover og forskrifter tilknyttet hygiene og renhold skal overholdes</li> <li>• Relevante dokumenter er utilgjengelige</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Et fundament for generering av forbedringstiltak knyttet til eksisterende rutiner for korrigerende vedlikehold av trommelmotorer som gir SalMar nytteverdi</li> <li>• Kapittel i rapport</li> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> </ul>			

**C.9 – Skissere en plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold og forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.**

<b>Kostnad, tid og ressurser (KTR)</b>			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			24.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.9	Skissere en plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold og forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer.		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
15.5.2017	26.5.2017	90 timer	2 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeide en gjennomførbar plan for implementering av vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak med hensyn å forbedre korrigerende vedlikehold av trommelmotorer</li> <li>• Implementering av utarbeidede tiltak skal gi nytteverdi for SalMar AS</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeide en oversiktlig plan for hvordan optimalisert vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold samt forbedringstiltak knyttet til korrigerende vedlikehold kan implementeres i bedriftens vedlikeholdsarbeid</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feltstudium inkludert diskusjoner med ansatte ved SalMar</li> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Aktiv bruk av ressurspersoner fra MTP og NTNU</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infor EAM</li> <li>• SalMars interne dokumenter og instruksjonsmanualer</li> <li>• Benytte relevant litteratur med god sporbarhet</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overhaling av trommelmotorer er en komplisert prosess og involverer ansatte fra flere ulike avdelinger</li> <li>• Implementering av optimalisert vedlikeholdsstrategi for forebyggende vedlikehold og forbedringstiltak knyttet til korrigerende vedlikehold ikke gjennomførbart</li> <li>• Relevante dokumenter er utilgjengelige</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En plan for optimalisering av vedlikeholdsarbeidet knyttet til trommelmotorer hos SalMar AS som kan implementeres med hensikt å redusere kostnader og/eller risiko for bedriften</li> <li>• Referanseliste som kontinuerlig oppdateres</li> </ul>			

## C.10 – Ferdigstillelse av rapport

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			24.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.10	Ferdigstillelse rapport		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
29.5.2017	9.6.2017	90 timer	2 uker
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstille rapport</li> <li>• Oppgaven skal være av et kvalitetsnivå slik at den medfører nytteverdi for SalMar AS og rapporten skal ha en struktur slik at den holder seg i toppsjiktet</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utarbeide fremside, forord, sammendrag, introduksjon, konklusjon og videre arbeid</li> <li>• Ferdigstille resterende seksjoner av rapporten</li> <li>• Beskrive oppgavene som er utført i prosjektet</li> <li>• Beskrive avvik fra opprinnelig prosjektplan</li> <li>• Korrekturlesing</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskusjoner med veiledere</li> <li>• Dokumentgjennomgang</li> <li>• Litteratursøk</li> <li>• Benytte interne dokumenter</li> <li>• Benytte statusrapporter</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppbygning, struktur og språk</li> <li>• Benytte relevant litteratur med god sporbarhet</li> <li>• Kontinuerlig lagring av kilder</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innhenting og implementering av konstruktive tilbakemeldinger</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delkapitler i rapport</li> </ul>			

### C.11 – Innlevering av rapport

Kostnad, tid og ressurser (KTR)			
<b>Prosjekttittel:</b>			<b>Revidert dato:</b>
Fremtidens vedlikeholdsstrategi for trommelmotorer hos SalMar AS			24.1.2017
<b>Aktivitet ID:</b>	<b>Aktivitetstittel:</b>		<b>Ansvarlig person:</b>
C.11	Innlevering av rapport		Lasse Hoftun
<b>Planlagt start:</b>	<b>Planlagt slutt:</b>	<b>Arbeidsmengde:</b>	<b>Varighet:</b>
10.6.2017	11.6.2017	10 timer	1 dag
<b>Mål:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innlevering av rapport</li> <li>• Oppgaven skal være av et kvalitetsnivå slik at den medfører nytteverdi for SalMar AS og rapporten skal ha en struktur slik at den holder seg i toppsjiktet</li> </ul>			
<b>Arbeidsoppgaver:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finjustering av oppsett</li> <li>• Komplettere og finjustere referanseliste</li> <li>• Skrive ut</li> <li>• Signere og levere</li> </ul>			
<b>Arbeidsmetoder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentgjennomgang</li> <li>• Samtaler med ressurspersoner</li> </ul>			
<b>Fokusområder:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppbygning, struktur og språk</li> </ul>			
<b>Potensielle utfordringer:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innhenting og implementering av konstruktive tilbakemeldinger</li> <li>• Ustabil printer på MTP</li> </ul>			
<b>Resultat av aktivitet / Leveranser:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ferdigstilt masteroppgave</li> </ul>			

