

Ida Lise Hoem
Gunnar Husby
Marta Riise

RCM-analyse av fiskemerden Midgard system

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Viggo G.B. Pedersen
Mai 2022

Ida Lise Hoem
Gunnar Husby
Marta Riise

RCM-analyse av fiskemerden Midgard system

Bacheloroppgave i Maskiningeniør
Veileder: Viggo G.B. Pedersen
Mai 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for maskinteknikk og produksjon



Kunnskap for en bedre verden

RAPPORT BACHELOROPPGAVEN

Tittel

Norsk: RCM-analyse av fiskemerden Midgard System

Engelsk: RCM-analysis of the net pen Midgard System

Prosjektnr

MTP-D-2022-01

Forfattere

Ida Lise Hoem, Gunnar Husby og Marta Riise

Oppdragsgiver eksternt

Mowi

Veileder internt

Viggo G.B. Pedersen

Rapporten er ÅPEN

Dato levert

19.05.2022

Kort sammendrag

Undersøke nå-situasjonen med hensyn på vedlikeholdsprogram på fiskemerden Midgard system hos Mowi. Videre skal gruppen gjennomføre en RCM-analyse på fiskemerden Midgard system, som igjen skal munne ut i en «pilot» som Mowi kan bruke videre i sitt vedlikehold. Det skal også foreslås suksesskriterier og suksessfaktorer for implementering av vedlikeholdsprogram for fiskemerden Midgard system.

Examine the current situation regarding the maintenance programme on the net pen Midgard system at Mowi. Furthermore, the group will carry out an RCM-analysis on the net pen Midgard system, which will result in a “pilot” that Mowi can use further in their maintenance. The group will also propose success criteria and success factors for the implementation of maintenance programs for the net pen Midgard system.

Stikkord:

RCM-analyse
Vedlikeholdsprogram
Merd

Keywords:

RCM-analysis
Maintenance programme
Net pen

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av Ida Lise Hoem, Gunnar Husby og Marta Riise, som alle går siste og avsluttende år ved Bachelor i ingeniørfag, maskin. Oppgaven er skrevet våren 2022, og er en avsluttende oppgave for studieretningen drift og vedlikehold.

Gruppen ønsket en oppgave innen havbruksnæringen, og tok kontakt med veileder for å undersøke muligheter for dette. Gruppen ble satt i kontakt med oppdrettsselskapet Mowi for å utarbeide en relevant oppgave. Mowi ytret et ønske og behov for å få utført en RCM-analyse på en av merdene de har i drift, Midgard system. Dette var noe gruppen fant interessant, og det ble derfor enighet om å gå videre med en slik oppgave.

Gruppen ønsker å takke Arnt Erik Tronvold, Gøran Kvarsvik og Tom Andre Skånøy i Mowi for et godt samarbeid og god støtte underveis i oppgaven. En stor takk sendes til Audun Sivertsen Fjeldvær i ScaleAQ for god hjelp til å kunne gjennomføre oppgaven. En ekstra takk til alle på Valøyan og ScaleAQ som har gjort det mulig å komme på befaring.

Til slutt vil gruppen takke vår veileder Viggo G.B. Pedersen for uvurderlig hjelp og støtte underveis i oppgaven.

Trondheim, 19. mai 2022

Marta Riise

Gunnar Husby

Ida Lise Hoem

Sammendrag

Dette er en oppgave med formål om å utføre en RCM-analyse på fiskemerden Midgard system, og deretter foreslå et vedlikeholdsprogram. Mowi ønsker å bruke oppgaven og analysen som en “pilot” for framtidige analyser, samt til å utfordre vedlikeholdsprogrammet som er satt av leverandør av Midgard system. For å oppnå dette har gruppen jobbet mot fire resultatmål:

1. Gjennomføre ståstedsanalyse på eksisterende vedlikeholdskonsept
2. Evaluere vedlikeholdsprogram på fiskemerden Midgard system
3. RCM-analyse på fiskemerden Midgard system
4. Suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram

Midgard system består av flytekrage og not. Etter forespørsel fra Mowi ble det også inkludert bunnring og vinsj i analysen. Analysen skulle derfor ta for seg de overordnede enhetene flytekrage, not, bunnring og vinsj.

For å kunne besvare resultatmålene ble kvalitative metoder benyttet under innhenting av informasjon. Dette inkluderte intervju, befaring og analysering av relevante dokument. Gjennom oppgaven diskuteres det flere gjennomføringsmetodikker for RCM-analyse. Gruppen valgte å gjennomføre analysen ved hjelp av standard *NEK IEC 60300-3-11*.

Det ble analysert totalt 27 enheter i RCM-analysen, og til sammen 122 svikter. Antall svikter som fikk kritikalitet lav var 43, middels 62 og høy 17. Det er 49 svikter som er blitt tildelt vedlikeholdsaktivitet *A - Periodisk test/inspeksjon*, 0 svikter fikk *B - Evaluering*, 3 svikter fikk *C - Periodisk overhaling/service*, 0 svikter fikk *D - Periodisk utskifting*, 4 svikter fikk *E - Tilstandskontroll* og 66 svikter fikk *F - Planlagt korrektivt vedlikehold*.

Sviktmekanismene og/eller sviktårsakene som forekommer flest ganger i RCM-analysen er slitasje, overlast, korrosjon og mekanisk skade/eksterne krefter.

Gjennom oppgaven har gruppen besvart resultatmålene. Resultatmål 3 er direkte knyttet opp mot problemstillingen. Basert på RCM-analysen har gruppen foreslått et vedlikeholdsprogram, samt kritikalitetsvurdert alle svikter som ble analysert. Vedlikeholdsprogrammet er noe ufullstendig pga. mangel på dokumentasjon. Dette gjelder for oppgaveintervall på vedlikeholdsaktivitetene. Samtidig gir oppgaven Mowi forutsetninger for å sette oppgaveintervall når de får samlet nok dokumentasjon. Dokumentasjonen gjelder avvikshistorikk, levetid på enheter, midlere nedetid og PF-intervall. Dette blir presentert som videre arbeid og anbefalinger til Mowi.

Abstract

The main purpose of this bachelor thesis is to conduct an RCM-analysis of the net pen Midgard system, and then propose a maintenance program. Mowi wants to use the thesis and the analysis as a “pilot” for future analyses, as well as challenge the maintenance program, set by the supplier of the Midgard system. To achieve this, the group has worked towards four performance objectives:

1. Create a situation analysis on the existing maintenance concept
2. Evaluate the maintenance program for the net pen Midgard system
3. RCM-analysis of the net pen Midgard system
4. Success criteria and success factors for successful implementation of a maintenance program

Midgard system consists of a buoyancy ring and a net. At the request of Mowi, the winch system and sinker tube were also included in the analysis. The analysis should therefore include the superior units buoyancy ring, net, sinker tube and the winch system.

To answer the performance objectives, the group used qualitative methods in gathering information. This included interviews, site inspection and document analysis. In the thesis, several methodologies for RCM analyses were discussed, and the group chose to carry out the analysis using Standard *NEK IEC 60300-3-11*.

A total of 27 units were analyzed in the RCM analysis, this included a total of 122 failures. Number of failures that received criticality low were 43, medium 62 and high 17. There were 49 failures assigned to maintenance activity *A - Periodic test/inspection*, 0 failures received *B - Evaluation*, 3 failures received *C - Periodic overhaul/service*, 0 failures received *D - Periodic replacement*, 4 failures received *E - Condition monitoring* and 66 failures received *F - Scheduled corrective maintenance*.

The failure mechanisms and/or causes of failure that occur most often in the RCM analysis are wear, overload, corrosion and mechanical damage/external forces.

Through the thesis, the group have answered the performance objectives. Performance objective 3 is directly linked to the main purpose. Based on the RCM analysis, the group have proposed a maintenance program, as well as assigned all failures in the analysis with a criticality rating. The maintenance program is somewhat incomplete due to a lack of documentation. This applies to the task interval for the maintenance activities. At the same time, the thesis gives Mowi the prerequisites to set task intervals when they have collected enough documentation. The documentation applies to deviation history, lifespan of units, average downtime and PF-interval. This is presented as further work and recommendations for Mowi.

Forkortelser og definisjoner

Forkortelser

CMMS - Computerized maintenance management system (Vedlikeholdsstyringssystem)

FMECA - Failure mode, effects, and criticality analysis (Feilmode, effekt og kritikalitetsanalyse)

KPI - Key Performance Indicator (Indikator for nøkkelytelse)

MFDT - Mean Fractional DownTime (Midlere nedetid)

MTTF - Mean Time To Failure (Midlere tid til svikt)

RBI - Risk Based Inspection (Risikobasert Inspeksjon)

RCM - Reliability Centered Maintenance (Pålitelighetsbasert vedlikehold)

Definisjoner

Drift - Kombinasjon av alle tekniske og ledelsesrelaterede tiltak, unntatt vedlikeholdstiltak, som resulterer i at enheten er i bruk [1]

Enhet - Del, komponent, innretning, delsystem, funksjonell enhet, utstyr eller system som kan beskrives og vurderes individuelt [1]

Forebyggende vedlikehold - Vedlikehold som utføres for å vurdere og/eller minske degradering og redusere sannsynligheten for svikt i en enhet [1]

Funksjon - Hva eieren eller brukeren av en fysisk ressurs eller system vil at den skal gjøre [2]

Funksjonssvikt - Hvordan enheten kan svikte i å oppfylle sin funksjon [3]

Korrektivt vedlikehold - Vedlikehold som utføres etter at en svikt er funnet, og som har som formål å gjenopprette en enhet til en tilstand der den kan oppfylle krevd funksjon [1]

Konsekvensklassifisering - Kvalitativ analyse av hendelser og svikt, og tildeling av konsekvens for disse [4]

Kritikalitet (av en svikt) - Numerisk indeks for alvorlighetsgraden av en svikt, sett i sammenheng med sannsynligheten for at den inntreffer eller hvor hyppig den forekommer [1]

Nullbasert prosess - RCM-prosessen utføres forutsatt at ingenting blir gjort for å forutsi eller forhindre sviktmoduser [3]

PF-intervall - Intervallet fra potensiell svikt kan oppdages til svikten faktisk inntreffer

Pålitelighet - En enhets evne til å oppfylle krevd funksjon under gitte forhold innenfor et gitt tidsintervall [1]

Svikt - Tap av en enhets mulighet til å oppfylle krevd funksjon [1]

Svikteffekt - En kort beskrivelse av hva som ville skje dersom ingenting ble gjort for å forutsi eller forhindre en sviktmodus [3]

Sviktkonsekvens - En klassifisering av svikteffektene av sviktmodusene i kategorier basert på bevis på svikt, innvirkning på sikkerhet, miljø, operasjonell kapasitet og kostnader [2]

Sviktmekanisme - Fysiske, kjemiske eller andre prosesser som kan føre til eller har ført til svikt [1]

Sviktmodus - Måten en enhet mister evnen til å oppfylle krevd funksjon på [1]

Sviktrate - Antall svikt per tidsenhet [5]

Svikårsak - Forhold knyttet til spesifisering, utforming, framstilling, installering, bruk eller vedlikehold, som fører til svikt [1]

Vedlikehold - Kombinasjon av alle tekniske og ledelsesrelaterte handlinger som har til hensikt å beholde en gjenstand i, eller gjenopprette den til en tilstand hvor den kan yte etter behov [4]

Vedlikeholdsstrategi - Ledelsesmetode som brukes for å oppnå vedlikeholdsmålene [1]

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Forkortelser og definisjoner	iv
1 Innledning	8
1.1 Bakgrunn og hensikt med oppgaven	8
1.2 Mowi	8
1.3 Problemstilling	8
1.4 Resultatmål og effektmål	9
1.5 Oppgavens begrensning	10
1.6 Leserveiledning	11
1.6.1 Forutsetninger	11
1.6.2 Oppgavens struktur	12
2 Teori	13
2.1 Bærekraft	13
2.1.1 FNs bærekraftsmål	13
2.1.2 Miljø og lakseoppdrett	14
2.2 Fiskevelferd	16
2.3 Vedlikeholdsstyring	18
2.3.1 Vedlikeholdsstyringssystem (CMMS)	18
2.3.2 Vedlikeholdsstyringssløyfen	18
2.3.3 Drift- og vedlikeholdsprogram	20
2.4 Reliability Centered Maintenance (Pålitelighetsbasert vedlikehold)	21
2.4.1 Hva kan oppnås med RCM?	22
2.4.2 Ulike gjennomføringsmetodikker for RCM	22
2.4.3 utfordringer knyttet til implementering av RCM	24
2.5 FMECA	26
2.6 Klassifisering av vedlikeholdsaktiviteter	27
2.7 Intervall for vedlikeholdsaktiviteter	29
2.7.1 Mean Time To Failure (MTTF)	29
2.7.2 Intervall for vedlikeholdsaktivitet A	30
2.7.3 Intervall for vedlikeholdsaktivitet C og D	30
2.7.4 Sviktmønstre	31
2.7.5 Intervall for vedlikeholdsaktivitet E	33

2.8	Suksessfaktorer og suksesskriterier	35
2.8.1	Suksessfaktorer	35
2.8.2	Suksesskriterier	35
2.9	KPI	35
2.10	Standardisert arbeid	35
3	Metode	36
3.1	Metode for ståstedsanalyse	36
3.2	Metode for evaluering av eksisterende vedlikeholdsprogram	36
3.3	Metode for RCM-analyse	37
3.4	Metode for å etablere suksesskriterier og suksessfaktorer	41
4	Ståstedsanalyse	42
4.1	Midgard system	42
4.2	Resultatmål 1a	45
4.3	Resultatmål 1b	48
4.4	Resultatmål 1c	53
4.5	Resultatmål 1d	53
4.6	Resultatmål 1e	54
4.7	Resultatmål 1f	55
4.8	Resultatmål 1g	55
4.9	Synspunkter på forbedring av vedlikehold fra ScaleAQ	55
4.10	CMMS Aquacom	56
5	Evaluering av vedlikeholdsprogram på Midgard system	60
5.1	Utvikling av evalueringskriterier	60
5.2	Evaluering av vedlikeholdsprogram hos Mowi	61
5.3	Evaluering av vedlikeholdsprogram laget av ScaleAQ	62
6	Gjennomføringen av RCM-analysen	63
6.1	Igangsetting og planlegging	63
6.1.1	Grenser og mål for analysen	63
6.1.2	Beskrivelse av system	64
6.1.3	Beskrivelse av hvem som deltar på analysen	68
6.1.4	Driftskontekst for enheter	69
6.2	Analysere funksjonssvikt	70
6.2.1	Samle inn og analysere tilgjengelig data	70
6.2.2	Identifisere funksjon, funksjonssvikt, sviktmodus, svikteffekt og sviktkonsekvens	70
6.3	Oppgavevalg	77
6.3.1	Evaluere sviktkonsekvenser	77

6.3.2	Velge den mest hensiktsmessige og effektive strategien for svikthåndtering	78
6.3.3	Intervall for håndtering av svikt	79
6.4	Implementering	80
6.4.1	Identifisere detaljer om vedlikeholdsoppgaver	80
6.4.2	Implementere andre handlinger	81
6.4.3	Rasjonalisere intervall	81
6.5	Kontinuerlig forbedring	82
7	Etablering av suksesskriterier og suksessfaktorer	83
7.1	Etablering av suksesskriterier	83
7.1.1	Etablere optimalt vedlikeholdsprogram som er mest kvalitets- og kostnads-effektiv	83
7.1.2	Utfordre og kvalitetssikre vedlikeholdsprogram gitt av ScaleAQ	84
7.1.3	Personellet som utfører vedlikeholdet sin oppfatning av vedlikeholdsprogrammet	85
7.2	Etablering av suksessfaktorer	85
7.2.1	Implementere vedlikeholdsstyringssløyfen	86
7.2.2	Vedlikeholdsprogram utarbeides av personell med erfaring og kunnskap om vedlikehold	86
7.2.3	God opplæring i gjennomføring av vedlikeholdet	86
7.2.4	Forståelse om hvorfor vedlikehold er viktig	87
7.2.5	Benytte seg av RCM-analyse til å kontinuerlig forbedre vedlikeholdsprogrammet	87
7.2.6	Vedlikeholdsstyringssystem	87
8	Resultat	88
8.1	Resultat av ståstedsanalysen	88
8.2	Evalueringsprogram av vedlikeholdsprogram	89
8.3	Resultat fra RCM-analysen	90
8.4	Resultat fra suksesskriterier og suksessfaktorer	92
9	Diskusjon	93
9.1	Drift- og vedlikehold knyttet til bærekraft og fiskevelferd	93
9.1.1	Diskusjon rundt vedlikehold og bærekraft	93
9.1.2	Diskusjon rundt vedlikehold og fiskevelferd	93
9.2	Diskusjon rundt ståstedsanalyse	94
9.2.1	Diskusjon rundt kvalitative metoder	94
9.2.2	Diskusjon rundt resultatmål i ståstedsanalysen	95
9.2.3	Diskusjon rundt synspunkter på forbedring i ståstedsanalysen	96
9.3	Diskusjon rundt evaluering av vedlikeholdsprogram	97
9.4	Diskusjon rundt RCM-analyse	97

9.4.1	Diskusjon rundt ulike gjennomføringsmetodikker	97
9.4.2	Diskusjon rundt grenser og mål for analysen	98
9.4.3	Diskusjon rundt å analysere funksjonssvikt	99
9.4.4	Diskusjon rundt oppgavevalg	100
9.4.5	Diskusjon rundt implementering	102
9.4.6	Diskusjon rundt fallgruver i RCM-analysen	102
9.5	Diskusjon rundt suksesskriterier og suksessfaktorer	103
10	Konklusjon	104
11	Anbefalinger og videre arbeid	105
11.1	Anbefalinger	105
11.2	Oppgaveintervall	105
11.3	Kontinuerlig forbedring	107
A	Vedlegg	I
A.1	RCM-analyse	I
A.2	Brukermanual til RCM-analyse av Midgard system	II

Figurer

2.1	Et utvalg av bærekraftsmålene oppdrettsnæringen kan bidra til. Figurene er hentet fra FNs hjemmeside [10]	13
2.2	Figur med oversikt over produksjon av kjøtt. Figuren er hentet fra Norway Royal Salmons hjemmeside [15]	14
2.3	Figur som viser velferdsbehov hos laks. Figuren er laget av gruppen, men hentet fra boka Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd gitt ut av Nofima [20]	16
2.4	Elementene i vedlikeholdsstyringsløyfen. Figuren er laget av gruppen basert på kompendium av Per I. Bye [5] og Oljedirektoratets basisstudie av vedlikeholdsstyring [23]	19
2.5	Elementer som påvirker et system. Figuren er laget av gruppen, men hentet fra boka The RCM Solution av Nancy Regan [3]	21
2.6	Løsninger som RCM-analysen kan formulere. Figuren er laget av gruppen, men hentet fra boka The RCM Solution av Nancy Regan [3]	22
2.7	Figur av beslutningstreet som ble brukt for å bestemme vedlikeholdsaktivitet til enhetene. Figuren er laget av gruppen, men inspirert av kompendiet <i>Kompendium i drift og vedlikehold</i> av Per I. Bye [5]	27
2.8	De seks sviktmønstrene som ble utviklet av FAA på 1960-tallet. Figuren er laget av gruppen, men inspirert av boka The RCM Solution av Nancy Regan [3]	32
2.9	Figur av et PF-intervall. Figuren er laget av gruppen.	34

3.1	Proessen for gjennomføringen av RCM-analysen. Flytskjemaet er laget av gruppen, men hentet fra standarden NEK IEC 60300-3-11 [25]	38
4.1	Problem som oppsto med fiskemerder før Midgard system ble produsert. Bildet er hentet fra ScaleAQ sine nettsider [36]	43
4.2	Midgard system. Bildet er hentet fra ScaleAQ sine nettsider [36]	44
4.3	Dronefoto av Mowis oppdrettsanlegg ved Valøyan. Bildet er tilsendt fra Mowi til bruk i oppgaven	45
4.4	Loggskjema for generasjonskontroll. Figuren er hentet fra brukerhåndbok om flytekrage [37]	47
4.5	Sjekkliste for bunnringssystemet. Figuren er hentet fra brukerhåndboka til bunnringssystemet [38]	50
4.6	Sjekkliste for flytekragen. Figuren er hentet fra brukerhåndboka til flytekrage [37]	51
4.7	Hendelsesinitiert ettersyn og vedlikehold av notpose. Figuren er hentet fra brukerhåndboka til notpose [39]	52
4.8	Skjerm bilde fra Aquacom av utført arbeidsordre	54
4.9	Skjerm bilde fra Aquacom av oppdrettsanlegget ved Valøyan	57
4.10	Skjerm bilde fra Aquacom over informasjon fra Merd 1	57
4.11	Skjerm bilde fra Aquacom over historikken til notposen på Merd 1	58
4.12	Skjerm bilde fra Aquacom over historikken til flytekragen på Merd 1	58
4.13	Skjerm bilde av kalenderen til Mowi ved Valøyan i Aquacom	59
6.1	Figur som viser kritikalitetsklassene som ble brukt under gjennomføring av RCM-analysen	63
6.2	Figur som viser konsekvensmatrisen som ble brukt under gjennomføring av RCM-analysen	64
6.3	Figur som viser enhetenes plassering, del 1. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene . .	66
6.4	Figur som viser enhetenes plassering, del 2. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene . .	66
6.5	Figur som viser enhetenes plassering, del 3. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene . .	67
6.6	Figur som viser enhetenes plassering, del 4. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene . .	67
6.7	Figur som viser enhetenes plassering, del 5. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene . .	68
6.8	Første del av kolonnene i RCM-analysen	70
6.9	Andre del av kolonnene i RCM-analysen	70
6.10	Tredje del av kolonnene i RCM-analysen	71
6.11	Fjerde del av kolonnene i RCM-analysen	71
6.12	Figur med eksempel på hvordan en svikt hos enheten 4 <i>Vinsj</i> blir vurdert i FMECA. Figuren er laget av gruppen	74

6.13	Første del av RCM-analysen med et eksempel på vurdering av enheten 4 <i>Vinsj</i> .	75
6.14	Andre del av RCM-analysen med et eksempel på vurdering av enheten 4 <i>Vinsj</i> .	76
6.15	Eksempel på hvordan kritikalitetsvurderingen ble ført inn i RCM-analysen	77
6.16	Eksempel på hvordan beslutningstreet ble brukt for å finne vedlikeholdsaktivitet til sviktårsak <i>brudd i tau</i> for enhet 4 <i>Vinsj</i> . Figuren er laget av gruppen, men inspirert av kompendiet <i>Kompendium i drift og vedlikehold</i> av Per I. Bye [5] . .	78
6.17	Hvordan de siste kolonnene i RCM-analysen føres opp, basert på de siste delkapitlene	82
8.1	Oversikt over hvor mange svikter som fikk de ulike kritikalitetene i RCM-analysen	90
8.2	Oversikt over hvor mange svikter som fikk de ulike vedlikeholdsaktivitetene i RCM-analysen	91

Tabeller

1.1	Resultatmål	10
1.2	Effektmål	10
1.3	Oppgavens struktur	12
2.1	Elementer i vedlikeholdsstyringsløyfen. Beskrivelsene baserer seg på kompendium av Per I. Bye [5] og Oljedirektoratets basisstudie av vedlikeholdsstyring [23] . . .	20
2.2	Ulike gjennomføringsmetodkcker for RCM-analyse er forklart i tabellen. Forklaringene er på overflatenivå	24
2.3	Utfordringer knyttet til RCM-analyse. Informasjonen er hentet fra boka <i>Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple</i> av Neil Bloom [26] . .	26
2.4	Forklaring til hver av vedlikeholdsaktivitetene fra beslutningstreet. Informasjonen er hentet fra kompendiet <i>Kompendium i drift og vedlikehold</i> av Per I. Bye [5] . .	28
2.5	Beskrivelse av de seks sviktmønstrene	32
2.6	Beskrivelse av ulike metoder for å fastsette et PF-intervall	33
3.1	Beskrivelse av hvordan steg 1, Igangsetting og planlegging, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven	39
3.2	Beskrivelse av hvordan steg 2, Analysere funksjonssvikt, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven	40
3.3	Beskrivelse av hvordan steg 3, Oppgavevalg, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven	40
3.4	Beskrivelse av hvordan steg 4, Implementering, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven	41
3.5	Anbefaling av hvordan steg 5, Kontinuerlig forbedring, i RCM-prosessen ville blitt gjennomført presenteres i videre arbeid	41
4.1	Kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på Midgard system	53
5.1	Vurdering av evalueringskriteriene i vedlikeholdsprogrammet hos ScaleAQ	62
6.1	Enheter på Midgard system som inngår i analysen	65
6.2	Tabellen viser funksjonene til de overordnede enhetene	69

6.3	Forklaring av kolonnene i RCM-analysen	73
6.4	Tabell som viser dokumenterte avvik på enhet 4 <i>Vinsj</i> og tid til svikt	79
8.1	Hovedfunn fra ståstedsanalysen	89
8.2	Oppsummering av hovedfunn rundt suksesskriterier og suksessfaktorer	92

1 Innledning

I dette kapitlet skal gruppen presentere bakgrunn og hensikt med oppgaven, problemstilling, resultatmål og effektmål. Oppgavens begrensning og leserveiledning vil også bli beskrevet.

1.1 Bakgrunn og hensikt med oppgaven

Gruppen ønsket en oppgave innen havbruksnæringen, mer spesifikt innen sjøbasert oppdrett. Gruppen ønsket å lære mer om den blå revolusjon, samt hvordan ta i bruk kunnskaper om drift og vedlikehold innenfor denne næringen. Det ble derfor opprettet kontakt med Mowi for å utarbeide en relevant oppgave.

Oppdrettsnæringen er en forholdsvis ung næring, men den har hatt stor utvikling og vekst i nyere tid. Inntrykket er at det ikke finnes mye fokus rundt drift og vedlikehold i denne næringen. Dermed føler gruppen at det kan gjøres en jobb som bedriften har stor nytte av, og som Mowi selv har ytret et behov for. En av hensiktene med denne oppgaven er å lage en pilot for framtidig RCM-analyse i bedriften. For gruppen er dette spesielt givende og motiverende, da man kan være med å forme framtidens vedlikehold i bedriften.

1.2 Mowi

Mowi er verdens ledende sjømatelskap og verdens største produsent av atlantisk laks. Selskapet ble opprettet i 1964. Globalt har bedriften omtrent 14 500 ansatte, og er lokalisert i 25 land. Her i Norge produseres rundt halvparten av selskapets totale produksjon [6].

1.3 Problemstilling

Bacheloroppgaven går ut på å foreta en RCM-analyse på en av merdene Mowi har i drift, kalt Midgard system. Dette innebærer å innhente relevant informasjon om drift og vedlikehold fra Mowi, samt utvikler og leverandør av Midgard system, ScaleAQ. Gruppen skal også innhente informasjon om ulike gjennomføringsmetodikker for RCM, hvor én skal brukes for gjennomføring i oppgaven. Et annet formål med oppgaven er å kunne utfordre leverandørs vedlikeholdsprogram på Midgard system. I tillegg skal det foreslås suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram.

Problemstillingen gruppen ønsker å arbeide mot er: “Utføre en RCM-analyse på fiskemerden Midgard system, og ut ifra denne foreslå et vedlikeholdsprogram”.

1.4 Resultatmål og effektmål

Tabell 1.1 viser resultatmålene bachelorgruppen skal jobbe mot. Disse målene er satt av gruppen, i samarbeid med veileder og bedriftskontakt i Mowi.

Resultatmål	Delmål
1. Gjennomføre ståstedsanalyse på eksisterende vedlikeholdskonsept	<p>1a. På Midgard system hos Mowi (slik det er i dag)</p> <p>1b. På Midgard system hos ScaleAQ (anbefalt vedlikehold i håndbøker)</p> <p>1c. Lage en kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på fiskemerden Midgard system (visualisering)</p> <p>1d. På befaring; innhent data på rapportering av gjennomført vedlikehold/inspeksjon</p> <p>1e. Hvordan er rapporteringsrutinene hos Mowi? Dokumentasjon (vedlikehold, avvik)</p> <p>1f. Hvordan mener ScaleAQ rutinene bør være? Dokumentasjon (vedlikehold, avvik)</p> <p>1g. Hvordan foregår opplæringen av vedlikeholdspersonell i implementering/bruk av vedlikeholdsprogrammet?</p>
2. Evaluere vedlikeholdsprogram på fiskemerden Midgard system	<p>2a. Utvikle evalueringskriterier for evaluering av vedlikeholdsprogram</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvordan er eksisterende vedlikeholdsprogram utviklet? • Hvordan implementeres det? • Er vedlikeholdsprogrammet egnet? <p>2b. Ut ifra evalueringskriteriene i 2a. evaluere vedlikeholdsprogrammet som finnes hos Mowi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er det egenutviklet eller er det anbefaling? • Hvordan er det implementert? (CMMS) <p>2c. Ut ifra evalueringskriteriene i 2a. evaluere vedlikeholdsprogrammet som finnes hos ScaleAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hvordan er det utviklet? (RCM, FMECA, erfaringsbasert) • Hva må til? (CMMS-system)

3. RCM-analyse på fiskemerden Midgard system	3a. Foreslå gjennomføringsmetodikk for RCM hos Mowi <ul style="list-style-type: none"> • Diskutere ulike RCM-strategier 3b. Gjennomføre en RCM-analyse på Midgard system sammen med Mowi og ScaleAQ 3c. Forslag til vedlikeholdsprogram basert på RCM
4. Suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram	4a. Etablere suksessfaktorer 4b. Etablere suksesskriterier

Tabell 1.1: Resultatmål

Effekt mål er personlige mål som gruppen ønsker å oppnå med oppgaven. Tabell 1.2 viser effektmålene bachelorgruppen har satt.

Effekt mål
Få bruke tillært teori i praksis
Tilegne ny og nyttig kunnskap
Lære mer om havbruksnæringen
Relevant arbeidserfaring
Få erfaring knyttet til RCM
Utføre et godt arbeid som gir et bra resultat

Tabell 1.2: Effekt mål

1.5 Oppgavens begrensning

Analysen gjennomføres på Midgard system, som består av flytekrage og not. Etter forespørsel fra Mowi ble det også inkludert vinsj og bunnring. Analysen skulle derfor ta for seg de overordede enhetene flytekrage, not, bunnring og vinsj.

1.6 Leserveiledning

Leserveiledningen er ment å gi leseren forutsetninger for å lese oppgaven på en ryddig måte. Det vil også gis en innføring i oppgavens struktur.

1.6.1 Forutsetninger

I oppgaven vil Valøyan refereres til når Mowis oppdrettsanlegg på Valøyan blir nevnt, og Mowi når Mowi snakkes om som bedrift.

I denne oppgaven vil ordet “*feil*” eller “*failure*” byttes ut med “*svikt*”. Dvs. at bruk av bl.a. *feilmodus*, *feileffekt*, *feilårsak* vil i oppgaven være *sviktmodus*, *svikteffekt*, *sviktårsak*. Dette er fordi standard *NS-EN 13306* fraråder bruk av førstnevnte [1].

Ifølge standard *NS-EN 13306* er definisjonen på en enhet “del, komponent, innretning, delsystem, funksjonell enhet, utstyr eller system som kan beskrives og vurderes individuelt” [1]. Derfor vil gruppen i denne oppgaven konsekvent bruke ordet “enhet”. For ordensskyld vil ordet *overordnet enhet* bli brukt for flytekrage, not, bunnring og vinsj.

Vedlikeholdsmetodikk menes i denne oppgaven metoder med teoretisk grunnlag for å framstille et vedlikeholdsprogram. Dette inkluderer analyser som RCM, RBI, ekspertvurderinger etc.

Oppgaven tar for seg gjennomføring av en RCM-analyse, der også FMECA inngår. For å tydeliggjøre skille mellom hva som er FMECA og RCM er det nødvendig å definere dette. FMECA defineres i oppgaven som kolonne 1-9 i RCM-analysen, altså i Excel-dokumentet som er vedlagt i Vedlegg A.1. RCM defineres som analysen i sin helhet, altså alle kolonnene i RCM-analysen.

1.6.2 Oppgavens struktur

Tabell 1.3 viser hvordan bacheloroppgaven er strukturert.

Kapittel	Struktur
2 Teori	Redegjør for teori som er relevant for oppgaven
3 Metode	Redegjør for metoder og framgangsmåter brukt for å løse oppgaven
4 Ståstedsanalyse	Redegjør for nå-situasjonen mht. vedlikehold i bedriftene Mowi og ScaleAQ
5 Evaluering av vedlikeholdsprogram på Midgard system	Redegjør for evalueringskriterier som deretter brukes til å evaluere vedlikeholdsprogram
6 Gjennomføring av RCM-analysen	Redegjør for hvordan RCM-analysen gjennomføres, der enheter kritikalitetsvurderes og får tildelt vedlikeholdsaktivitet
7 Etablering av suksesskriterier og suksessfaktorer	Redegjør for suksesskriterier og suksessfaktorer som bør vurderes av Mowi for implementering av vedlikeholdsprogram
8 Resultat	Redegjør for resultater i oppgaven
9 Diskusjon	Redegjør for diskusjoner i oppgaven
10 Konklusjon	Redegjør for konklusjoner i oppgaven
11 Anbefalinger og videre arbeid	Redegjør for hvordan Mowi kan bygge videre på denne oppgaven

Tabell 1.3: Oppgavens struktur

2 Teori

I dette kapitlet vil det presenteres relevant teori for bacheloroppgaven. Teorien starter med å ta for seg oppdrettens rolle i forbindelse med bærekraft og bærekraftsmålene, samt fiskevelferd. Kapitlet vil deretter ta for seg vedlikeholdsstyringssystem og vedlikeholdsstyringssløyfen. I kapitlet vil det også beskrives hva pålitelighetsbasert vedlikehold (Reliability Centered Maintenance) er, samt fordeler og ulemper knyttet til RCM. Det vil i tillegg presenteres ulike gjennomføringsmetodikker for RCM, hvor det i Kapittel 3 vil velges én av disse som framgangsmåte. Én del av en RCM-analyse er å utføre en FMECA og til slutt utvikle et vedlikeholdsprogram med et gitt intervall. På bakgrunn av dette vil FMECA, klassifisering av vedlikeholdsaktiviteter og intervall for vedlikeholdsaktiviteter presenteres i teorien. Det vil også bli presentert teori rundt suksesskriterier og suksessfaktorer, samt KPI og standardisert arbeid.

2.1 Bærekraft

Bærekraftig utvikling er ifølge FN “En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov” [7]. I år 2050 er det estimert at det vil være 9,7 milliarder mennesker på jorda [8]. Verden får altså et stadig større behov for mat, og man må kunne øke matproduksjonen på en bærekraftig måte. Fiskeoppdrett, som ofte blir omtalt som framtidens næring [9], vil kunne være en viktig bidragsyter for å kunne dekke verdens matbehov i framtiden. Samtidig kan det bidra til å nå noen av bærekraftsmålene som er satt av FN.

2.1.1 FNs bærekraftsmål

FNs bærekraftsmål er “verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030” [10]. Figur 2.1 viser et utvalg av bærekraftsmålene som oppdrettsnæringen kan bidra til.







Figur 2.1: Et utvalg av bærekraftsmålene oppdrettsnæringen kan bidra til. Figurene er hentet fra FNs hjemmeside [10]

Bærekraftsmål nr. 2 *Utrydde sult* går ut på at man ønsker å utrydde sult, samtidig som man oppnår matsikkerhet og bedre ernæring, samt fremmer bærekraftig landbruk [11]. Ifølge Statistisk sentralbyrå [12], ble det i 2019 solgt 1,36 millioner tonn laks fra norske oppdrettsanlegg. Dersom man regner én porsjon laks som 125g, vil det si at det ble produsert omtrent 11 milliarder porsjoner laks i Norge dette året. Det vil derfor være naturlig å tenke at lakseoppdrett vil være viktig for å kunne dekke matbehovet til verden, spesielt i årene som kommer.

Andre relevante bærekraftsmål i denne næringen er nr. 14 *Livet i havet* og nr. 17 *Samarbeid for å nå målene*. Nr. 14 går ut på å “Bevare og bruke havet og de marine ressursene på en måte som fremmer bærekraftig utvikling” [13], mens nr. 17 går ut på å “Styrke virkemidlene som trengs for å gjennomføre arbeidet, og fornye globale partnerskap for bærekraftig utvikling” [14].

2.1.2 Miljø og lakseoppdrett

Figur 2.2 viser miljøavtrykket til produksjon av ulike proteinkilder. I figuren kan man bl.a. se at produksjon av laks er den proteinkilde-produksjonen som gir minst CO_2 -utslipp, og samtidig størst utbytte. Produksjonen har også minst forbruk av vann og høyest fôrutbytte.

	CO ₂ utslipp (Målt i kg CO ₂ /kg spiselige deler ved slaktning)	Forbruk av vann (Målt i liter/kg spiselige deler ved slaktning)	Fôr-utnyttelse (målt i kg for pr kg spiselige deler ved slaktning)	Energi (målt i % hvor mye energi fra føret som finnes igjen i spiselige deler ved slaktning)	Protein (målt i % hvor mye protein fra føret som finnes igjen i spiselige deler ved slaktning)	Utbytte (målt i % hvor mye som er spiselige deler ved slaktning)	Utbytte pr.100 kg. fôr (målt i % hvor mye som er spiselige deler ved slaktning)
	2,9 KG	1.400 LITER	1,2 KG	27 %	24 %	68 %	57 KG
	3,4 KG	4.300 LITER	2,2 KG	10 %	21 %	46 %	21 KG
	5,9 KG	6.000 LITER	3.0 KG	14 %	18 %	52 %	17 KG
	30 KG	15.400 LITER	4 - 10 KG	27 %	15 %	41 %	4 - 10 KG

Figur 2.2: Figur med oversikt over produksjon av kjøtt. Figuren er hentet fra Norway Royal Salmons hjemmeside [15]

En artikkel publisert på havforskningsinstituttets hjemmeside [16], antyder at det er mye som kan forbedres innen produksjon fra havbruk. Dette på tross av at proteinproduksjon fra havbruk ofte er mer effektivt enn landbruk, og er mer klimavennlig enn de fleste andre animalske kildene til protein. Artikkelen peker spesielt på utfordringen rundt fôr til laksen, og at rundt 80% av alle klimagasser fra lakseoppdrett kommer fra føret. For å kunne få en mer bærekraftig oppdrettsnæring må man dermed finne alternative råvarer med lavere klimafotavtrykk, samtidig som det dekker fiskens ernæringsbehov.

De fleste fiskefôr består nå hovedsakelig av ulike planteingredienser, som soya. Utfordringen med soya er at landområder, inkludert regnskog, gjøres om til landsbruksareal. Dette samtidig som det kreves mye energi, vann og gjødsel for å produsere soyamel. Soya forårsaker rundt to femtedeler av klimagassutslippene forbundet med fôret, og i norsk laksefôr ble det i 2020 brukt 413 000 tonn soya. Dersom man finner et bærekraftig alternativ til soya vil altså klimagassutslippene fra lakseoppdrett kunne minke betraktelig [16].

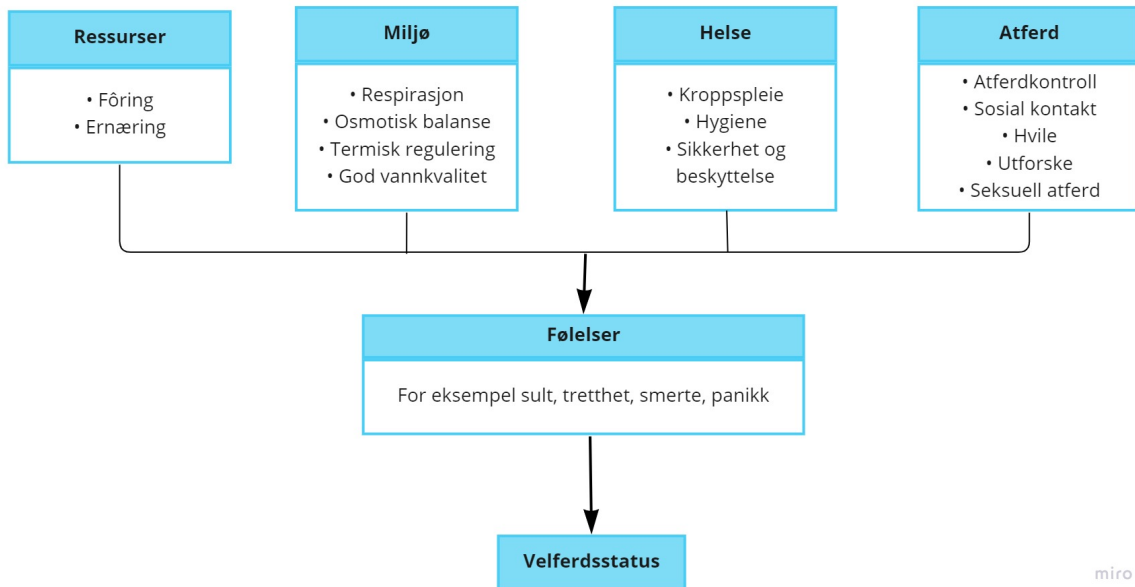
For å bidra til mest mulig effektiv utnyttelse av samfunnets ressurser brukes standarder. Disse er utviklet for bl.a. fiskekvalitet, oppdrettsanlegg og sporbarhet. Målet med standardene er at fiskeri og akvakultur ikke skal være ødeleggende for omgivelsene, eller så ressurskrevende at ressursene overutnyttes [17].

Én standard som er relevant i oppdrettsnæringen er *NS 9415*. Dette er en standard som omhandler flytende produksjonsanlegg. Standarden tar for seg lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk, samt myndighetskrav. Standarden forteller også om krav til brukerhåndbøker tilknyttet oppdrettsnæringen. Ifølge standarden er hovedformålet med brukerhåndbøker at de på en lettfattelig og enkel måte skal gi brukerne en veiledning for sikker installasjon og bruk av hovedenheter og ekstrautstyr for å forhindre rømning av fisk. Brukerhåndbøkene skal foreligge i en elektronisk versjon [18].

I 2012 ble det også tredd i kraft en forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg, *NYTEK-forskriften*. Denne forskriften skal “bidra til å forebygge rømning av fisk fra flytende akvakulturanlegg gjennom å sikre forsvarlig teknisk standard på anleggene” [19].

2.2 Fiskevelferd

Boka *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd* er skrevet av Nofima, i samarbeid med Havforskningsinstituttet, veterinærinstituttet, Nord universitet og University of Stirling. Boka peker på noen viktige faktorer knyttet til velferdsbehov hos laks. Disse behovene er oppsummert i Figur 2.3 [20].



Figur 2.3: Figur som viser velferdsbehov hos laks. Figuren er laget av gruppen, men hentet fra boka *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd* gitt ut av Nofima [20]

Behovene som vises i Figur 2.3 kan oppsummeres slik [20]:

- Tilgang til næringsrik og sunn mat
- Opptak av oksygen, og utskillelse av karbondioksid ved ventilering
- Tilgang til vann med riktig saltinnhold og pH. Sikre at optimale konsentrasjoner av elektrolytter og ikke-elektrolytter er opprettholdt i celler, kroppsvev og i væske
- Tilgang til temperaturer de kan tilpasse seg i. Mulighet for optimalisering av metabolisme og temperatur, inkludert termisk komfort
- Fraværet av skadelige konsentrasjoner av gasser, ioner, metabolitter, toksiner, og ulike partikler
- Mulighet til å rense kroppen, klø, og fjerne parasitter
- Eksponert til miljø med lave konsentrasjoner av skadelige organismer (for eksempel parasitter, bakterier og virus)
- Mulighet for å unngå fare og fysiske skader
- Mulighet for å holde balansen og bevege seg fritt
- Samkvem med likesinnede av samme art
- Mulighet til å innhente seg etter høy aktivitet, og mulighet for hvile og søvn
- Mulighet for å søke etter ressurser og utforske omgivelsene fritt
- Mulighet til å migrere, utføre paringsatferd og gyte

Noen av velferdsutfordringene som pekes på i boka publisert av Nofima, er utfordringer i vannmiljøet, skadelige organismer og farlig miljø. I boka nevnes det at oppdrett i et naturlig miljø gjør laksen sårbar for rovdyr, samt at ved sterke strømmer og utilstrekkelig vekting av not, kan nota bli deformert. Dette vil føre til redusert notvolum og at det kan oppstå lommer der fisken kan bli fanget og skadet [20].

Fiskeridirektoratet og mattilsynet har tidligere utført en utredning vedrørende behovet for en øvre grense for størrelse på merd eller tilsvarende produksjonsenhet. Denne utredningen ble forespurt av Fiskeri- og kystdepartementet [21].

I utredningen står det beskrevet risiko knyttet til fiskehelse og fiskevelferd. Her pekes det på ulike faktorer som kan ha innvirkning på dette, og flere av disse er knyttet til vedlikehold på merdene. Noen av faktorene som blir nevnt for å sikre god fiskevelferd, og er knyttet til vedlikeholdsstyring er bl.a. god overvåkning av utstyr, miljø og enkeltindivid og effektivt renhold av nøter. Overvåkning er avgjørende for å oppdage og forebygge sykdom og for å ivareta fiskens velferd i oppdrettssituasjonen. Effektivt renhold av nøter er viktig for funksjonalitet, og for å sikre god vanngjennomstrømning [21].

2.3 Vedlikeholdsstyring

Konsulentfirmaet MainTech definerer vedlikeholdsstyring som: “Vedlikeholdsstyring er alle systematiske tiltak en bedrift iverksetter for å oppnå og opprettholde en vedlikeholdsstandard i henhold til mål og HMS krav. Vedlikeholdsstyringen må baseres på en styringsmodell, som er en oversikt over hvordan vedlikeholdsorganisasjonen skal jobbe” [22]. Et viktig element i god vedlikeholdsstyring er å bruke riktig vedlikeholdsstyringssystem. I dette delkapitlet presenteres hva et vedlikeholdsstyringssystem er, etterfulgt av styringsmodellen *vedlikeholdsstyringssløyfen*.

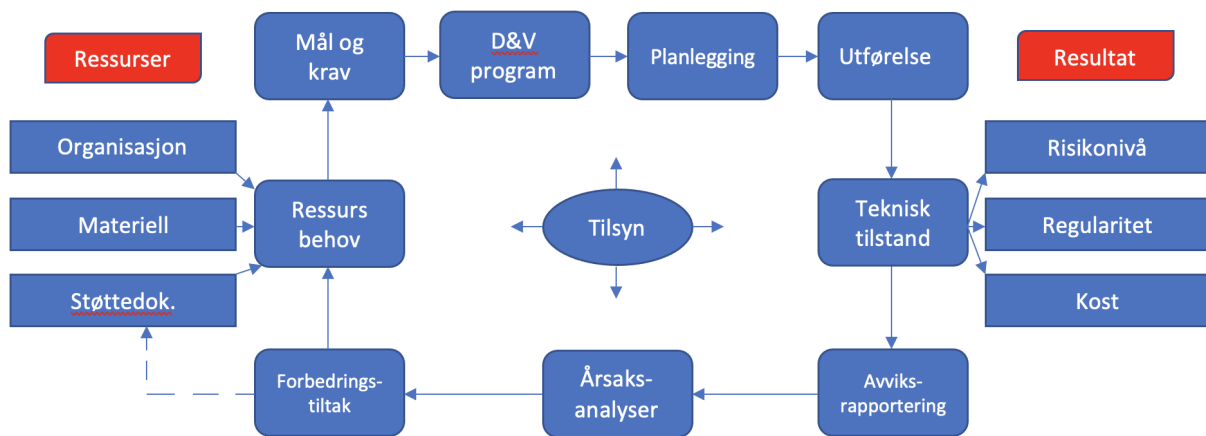
2.3.1 Vedlikeholdsstyringssystem (CMMS)

Vedlikeholdsstyringssystem er en betegnelse på et databasert program som er utviklet for å forbedre og effektivisere vedlikeholdet. Et vedlikeholdsstyringssystem blir i dag regnet for å være et av de viktigste verktøyene i moderne vedlikeholdsstyring [5]. Per I. Bye har skrevet et kompendium som er ment for å gi en innføring i grunnleggende kunnskaper om metoder og systemer for organisering og styring av en kostnadseffektiv vedlikeholdsfunksjon. Bye nevner følgende punkter som viktige i å velge riktig vedlikeholdsstyringssystem [5]:

- *Ambisjonsnivå:* Viktig å finne riktig ambisjonsnivå. For eksempel kan et for høyt ambisjonsnivå føre til høyere kostnader enn hva som ble budsjettert. Resultatet blir kanskje heller ikke som forventet
- *Kravspesifikasjon:* Bygger på bedriftens mål og behov med vedlikeholdet. En kravspesifikasjon inneholder informasjon om alle områder som må vurderes rundt valg og implementering av systemer
- *Moduler:* Vedlikeholdsstyringssystemet er som regel bygget opp av flere uavhengige moduler som kan implementeres hver for seg eller samlet etter brukerens ønsker og behov. For eksempel er anleggsregister en modul. Et anleggsregister er et identifikasjonssystem for utstyr og enheter

2.3.2 Vedlikeholdsstyringssløyfen

Vedlikeholdsstyringssløyfen er resultatet av et prosjekt startet av Oljedirektoratet i 1996. Målet med prosjektet var å utvikle en metode for systematisk og helhetlig vurdering av selskapenes eget vedlikeholdsstyringssystem [23]. Målet er å ha alle elementene i vedlikeholdsstyringssløyfen på plass, slik at sløyfen er lukket. På denne måten vil vedlikeholdet fungere mest effektivt [5]. Figur 2.4 viser elementene som inngår i vedlikeholdsstyringssløyfen.



Figur 2.4: Elementene i vedlikeholdsstyringsløyfen. Figuren er laget av gruppen basert på kompendium av Per I. Bye [5] og Oljedirektoratets basisstudie av vedlikeholdsstyring [23]

Tabell 2.1 gir en kort beskrivelse av hvert element i vedlikeholdsstyringsløyfen. Beskrivelsene baserer seg på *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5] og Oljedirektoratets *Basisstudie av vedlikeholdsstyring* [23].

Element	Beskrivelse
Ressurser/ressursbehov	Ressursene som er til stede må være tilstrekkelig for å kunne dekke alle elementene i vedlikeholdsstyringsløyfen. Styring av ressursene legger grunnlaget for resultatet
Mål og krav	Godt definerte og forankrede mål og strategier er grunnlaget for et vellykket vedlikehold. Mål og strategier kommuniseres godt ut i bedriften for å gi alle forståelse av hva man vil oppnå med vedlikeholdet og dermed jobbe i mot
Drift- og vedlikeholdsprogram	Hvordan vedlikeholdet skal utføres ligger i kritikalitetsvurdering. Her legges grunnlaget for opprettholdelse av pålitelighet. Det er dermed under dette elementet RCM ligger
Planlegging	Aktivitetene definert i drift- og vedlikeholdsprogram må planlegges og tilpasses bedriften
Utførelse	Vedlikeholdet utføres i henhold til det vedlikeholdsprogrammet man har definert
Teknisk tilstand/ resultat	Resultat av utført vedlikehold i form av risikonivå og produksjonsregularitet til en gitt kostnad. Her er det også viktig å registrere vedlikehold som ikke er utført, men som burde vært utført
Avviksrapportering	Rapportere og lære av avvik som oppstår for å kontinuerlig forbedre vedlikeholdet
Årsaksanalyser	Årsaksanalyser gjennomføres dersom aktuelle styringsparametere viser avvik i forhold til målsetninger

Forbedringstiltak	Forbedringstiltak iverksettes basert på årsaksanalysene
Tilsyn	Tilsyn blir gjort for å heve kvaliteten og ytelsen til det enkelte element. Gjerne tilsyn fra en uavhengig person som ikke har særinteresse i de enkelte elementer

Tabell 2.1: Elementer i vedlikeholdsstyringsløyfen. Beskrivelsene baserer seg på kompendium av Per I. Bye [5] og Oljedirektoratets basisstudie av vedlikeholdsstyring [23]

Elementet drift- og vedlikeholdsprogram er en relevant del av bacheloroppgaven. I dette elementet finnes både RCM og vedlikeholdsprogram, og er derfor verdt å se grundigere på.

2.3.3 Drift- og vedlikeholdsprogram

Et vedlikeholdsprogram inkluderer skriftlige prosedyrer for vedlikehold, testing og klargjøring av ulike enheter i et anlegg, og i tillegg et oppgaveintervall. For å etablere vedlikeholdsprogrammet kreves identifisering av sviktmodus, sviktårsak og sviktmekanismer for enhetene i anlegget. Enhetene blir deretter risikovurdert og et vedlikeholdsprogram lages på grunnlag av vurderingen [4].

NORSOKs standard Z-008 framhever følgende punkter som viktige i utviklingen av et vedlikeholdsprogram [4]:

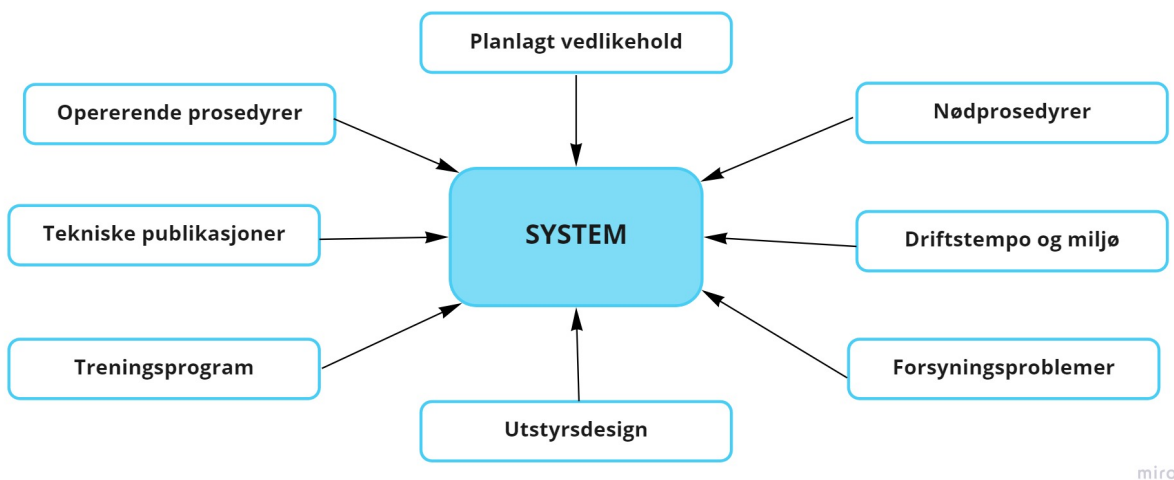
- Konsekvensklassifisering
- Utstyr som er vurdert til høy konsekvens bør få utviklet et vedlikeholdsprogram som dokumenteres og gjøres sporbart
- Identifisere tekniske barriereelementer, definere pålitelighetskrav for funksjoner og utvikle program for å opprettholde funksjonaliteten
- Kontinuerlig forbedring av utviklet vedlikeholdsprogram bør etterstrebes

Under elementet drift- og vedlikeholdsprogram hører Reliability Centered Maintenance (RCM) til. RCM er en prosess som brukes for å utvikle og kontinuerlig forbedre et vedlikeholdsprogram. I tillegg dekker RCM alle punktene som NORSOK framhever som viktige i utviklingen av et vedlikeholdsprogram.

2.4 Reliability Centered Maintenance (Pålitelighetsbasert vedlikehold)

Reliability Centered Maintenance er en nullbasert strukturert prosess brukt til å sikre at en enhets iboende pålitelighet blir opprettholdt i dens operative miljø på en mest mulig sikker og kostnadseffektiv måte [3].

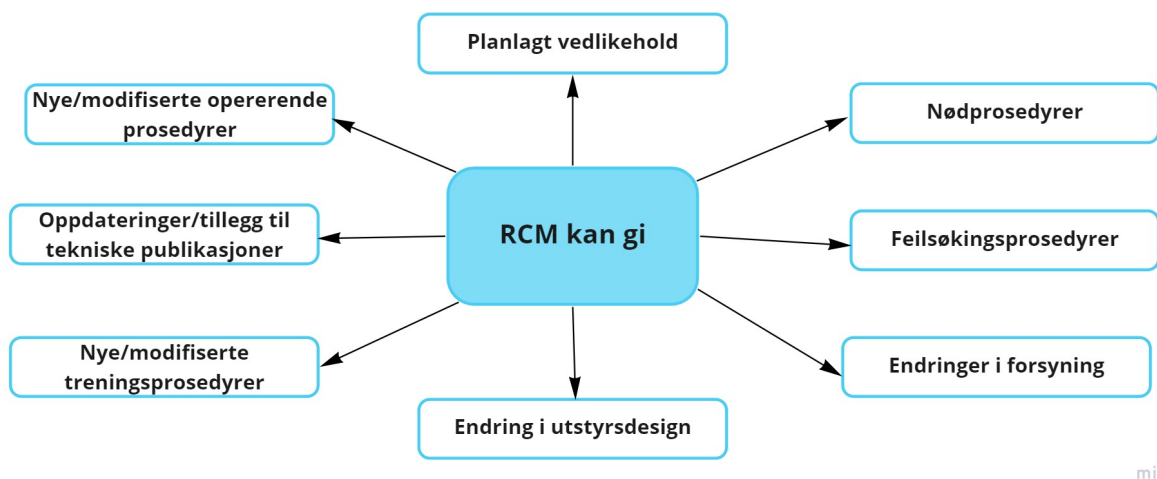
RCM kan brukes til å formulere en rekke løsninger som strekker seg langt utover vedlikehold. Disse løsningene kan tilby store fordeler for en organisasjon. Ved innføring av RCM fokuserer mange organisasjoner bare på utviklingen av et vedlikeholdsprogram, men dette utnytter ikke de kraftige prinsippene av RCM. Det er flere elementer som påvirker et system og som kan utvikles og modifiseres ved hjelp av en RCM-analyse [3]. Disse elementene vises i Figur 2.5.



Figur 2.5: Elementer som påvirker et system. Figuren er laget av gruppen, men hentet fra boka *The RCM Solution* av Nancy Regan [3]

2.4.1 Hva kan oppnås med RCM?

Problemer, som for eksempel ufullstendige driftsprosedyrer eller dårlig design av utstyr, kan påvirke utstyrets ytelse negativt. Det er derfor veldig viktig at slike problemer blir identifisert og inkludert i en RCM-analyse. Dersom disse problemene blir inkludert kan de analyseres med RCM-prinsipper slik at effektive løsninger kan formuleres. Et av hovedproduktene til en RCM-analyse er utviklingen av et planlagt vedlikeholdsprogram. RCM-analysen kan også formulere andre løsninger [3]. Disse løsningene kommer fram i Figur 2.6.



Figur 2.6: Løsninger som RCM-analysen kan formulere. Figuren er laget av gruppen, men hentet fra boka *The RCM Solution* av Nancy Regan [3]

RCM kan altså formulere flere løsninger. Det finnes flere metodikker for hvordan en RCM-analyse gjennomføres for å formulere disse løsningene.

2.4.2 Ulike gjennomføringsmetodikker for RCM

Det finnes mye litteratur som omhandler RCM, deriblant flere bøker og standarder. Det finnes dermed også flere gjennomføringsmetodikker.

Noen av bøkene som vil nevnes i denne oppgaven er Nancy Regan sin bok *The RCM Solution*, Neil B. Bloom sin bok *Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple* og John Moubray sin bok *Reliability-Centered Maintenance*. Standardene som vil bli nevnt er standard *SAE JA1011* og *NEK IEC 60300-3-11*.

Tabell 2.2 presenterer en oversikt over ulike gjennomføringsmetodikker for RCM.

Standard/bok	Prosess for gjennomføring
<i>SAE JA1011</i>	<p>RCM-prosessen bør inneholde følgende punkter og gjennomføres i rekkefølgen som vist under [24]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utarbeide driftskontekst, funksjoner og få oversikt over standarder brukt på systemet 2. Bestemme hvordan en enhet kan svikte i å oppfylle sin funksjon 3. Bestemme hvordan hver funksjonssvikt oppstår 4. Bestemme hva som skjer når hver svikt oppstår 5. Klassifisere konsekvensene av hver svikt 6. Bestemme på hvilken måte hver svikt kan forebygges 7. Bestemme om andre tiltak er aktuelle
<i>NEK IEC 60300-3-11</i>	<p>Standarden gir en generell oversikt over vanlige teknikker for pålitelighetsanalyse. Den beskriver de vanlige metodikkene, deres fordeler og ulemper, datainput og andre forhold for bruk av ulike teknikker. Denne standarden er en introduksjon til utvalgte metoder og er ment å gi nødvendig informasjon for å velge de mest hensiktsmessige analysemetodene. Standarden baserer seg på følgende gjennomføringsmetodikk [25]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Igangsetting og planlegging 2. Analysere funksjonssvikt 3. Oppgavevalg 4. Implementering 5. Kontinuerlig forbedring
<i>The RCM Solution</i> av Nancy Regan	<p>Boka tilbyr en grunnleggende, “sunn fornuft” forståelse av RCM. En betydelig del av boka er dedikert til <i>SAE JA1011</i> og gjennomføringen er dermed lik som standarden. Boka presenterer detaljerte prosesser som også kan brukes når RCM ikke er aktuelt, og presenterer en totalløsning for implementering av RCM for enhver organisasjon [3]</p>

<p><i>Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple</i> av Neil B. Bloom</p>	<p>Boka introduserer innovative tilnærminger for å forenkle RCM-prosessen. Boka baserer seg på en gjennomføring som følger 3 faser [26]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fase 1:</i> Identifisering av utstyr som er viktig for sikkerhet, produksjon og beskyttelse av enheter • <i>Fase 2:</i> Spesifisere nødvendige forebyggende oppgaver for utstyret identifisert i fase 1. Disse oppgavene må være anvendelige og effektive • <i>Fase 3:</i> Utførelse av oppgavene spesifisert i fase 2
<p><i>Reliability-Centered Maintenance</i> av John Moubray</p>	<p>Boka oppsummerer forfatterens og hans medarbeideres erfaring rundt RCM. Gjennomføringsmetodikken i boka baserer seg på syv spørsmål [27]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hva er funksjonen og ytelsesstandarder til enheten i dens operative miljø? 2. På hvilke måter svikter enheten i å oppfylle sin funksjon? 3. Hva forårsaker hver funksjonssvikt? 4. Hva skjer når hver svikt inntreffer? 5. På hvilken måte har hver svikt betydning? 6. Hva kan gjøres for forutse eller forebygge hver svikt? 7. Hva skal gjøres dersom en proaktiv oppgave ikke kan bli funnet?

Tabell 2.2: Ulike gjennomføringsmetodkcker for RCM-analyse er forklart i tabellen. Forklaringene er på overflatenivå

2.4.3 utfordringer knyttet til implementering av RCM

Det er blitt estimert at mer enn 60% av alle prosjekt knyttet til RCM som er blitt initiert, ikke har blitt implementert suksessfullt. Mange av de resterende 40 prosentene, har blitt fullført rimelig overfladisk [26].

Boka *Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple* av Neil B. Bloom, peker på flere utfordringer knyttet til implementering av RCM. Bloom peker bl.a. på overdreven bruk av konsulenter som foretar RCM-analyse. utfordringen med dette er at konsulentene ofte kan ha mindre kunnskap rundt systemet som analyseres. Dersom de har mer kunnskap om systemet kan metodene være vage og vanskelig å tyde for andre. På denne måten blir det kun konsulentene som forstår analysen, og de vil dermed sikre seg en framtidig strøm av innekter. Videre argumenterer Bloom for viktigheten av å ha kontroll internt, ansvar og eierskap av prosessen. Andre årsaker som kan føre til fiasko ved implementering av RCM-analyse er listet opp i Tabell 2.3 [26].

Årsak	Forklaring
Tap av intern kontroll	Det er akseptabelt å bruke ekstern hjelp, men ved bruk av dette, er det anbefalt å ha de til å arbeide under oppdragsgiver. Hvis ikke kan dette føre til at det blir for lite input fra de som virkelig vet hva som foregår på anlegget
Feilaktig sammensetning av personell som utfører analysen	Det er anbefalt at representanter fra de ulike områder deltar. Mest vanlig er det med representanter fra ingeniørfag, vedlikehold, og operasjon, der alle disse er med fra starten. Det er også anbefalt å ha personale med andre spesielle ferdigheter som midlertidige medlemmer av RCM-teamet
Unødvendige og dyre administrative byrder	Et eksempel på dette er ekstra kostnader knyttet til tid. Dette kan for eksempel være at det er uenighet om hvilket system man skal analysere først
Fundamentale RCM-konsept ikke er forstått	Dette kan føre til fiasko, men i verstefall kan det føre til et feilaktig program med katastrofalt utfall
Forvirring knyttet til å avgjøre systemfunksjoner	Det kan oppstå forvirring. Spørsmål som kan oppstå er; "Hvordan defineres alle systemfunksjonene? Hvor finnes disse funksjonene? Hvordan vet man om det er hoppet over en funksjon? Hva om det er hoppet over en funksjon?"
Forvirring knyttet til systembegrensninger og grensesnitt	RCM krever at man definerer grenser og grensesnitt for hvert system og delsystem separat. Hvor ender et system, og det andre starter?
Avvikende forventninger	Dette kan være forventninger knyttet til toppledelsen og mellomledere. Hva skjer med ansatte dersom RCM-analysen finner ut at det gjøres for mye eller for lite vedlikehold?
Forvirring knyttet til definisjoner	Enkel forvirring. Dette kan være bl.a. spørsmål i forhold til hvordan man definerer en ventil som er sviktet. Svikter ventilen i åpen posisjon, eller svikter den i å lukke?
Misforståelse knyttet til "skjulte" svikt og redundans	Hvordan finner man skjulte svikt, og hva skiller de fra en kjørtilsvikt enhet? Utfordringen er hvordan man skal analysere et helt system som er skjult

Misforståelse knyttet til kjøør-til-svikt	Feilaktig “bruk” av kjøør-til-svikt strategi kan ha katastrofale konsekvenser. Dersom en enhet svikter, og ingenting skjer, betyr ikke dette at den ikke er kritisk. Det samme gjelder overflødige enheter. Disse skal ikke nødvendigvis bli klassifisert som kjøør-til-svikt enheter
Upassende enhetsklassifikasjoner	De fleste RCM program kategoriserer enheter i enten kritisk eller ikke kritisk. Disse kategoriene er for bred
Instrumenter ble ikke inkludert som en del av RCM-analysen	Instrumenter er en viktig del av vedlikeholdsstrategi, og de utgjør et område som må bli adressert for å kunne sørge for deres pålitelighet

Tabell 2.3: Utfordringer knyttet til RCM-analyse. Informasjonen er hentet fra boka *Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple* av Neil Bloom [26]

2.5 FMECA

En RCM-analyse består også av en FMECA. FMECA står for Failure mode, effects and criticality analysis (Feilmode, effekt og kritikalitetsanalyse).

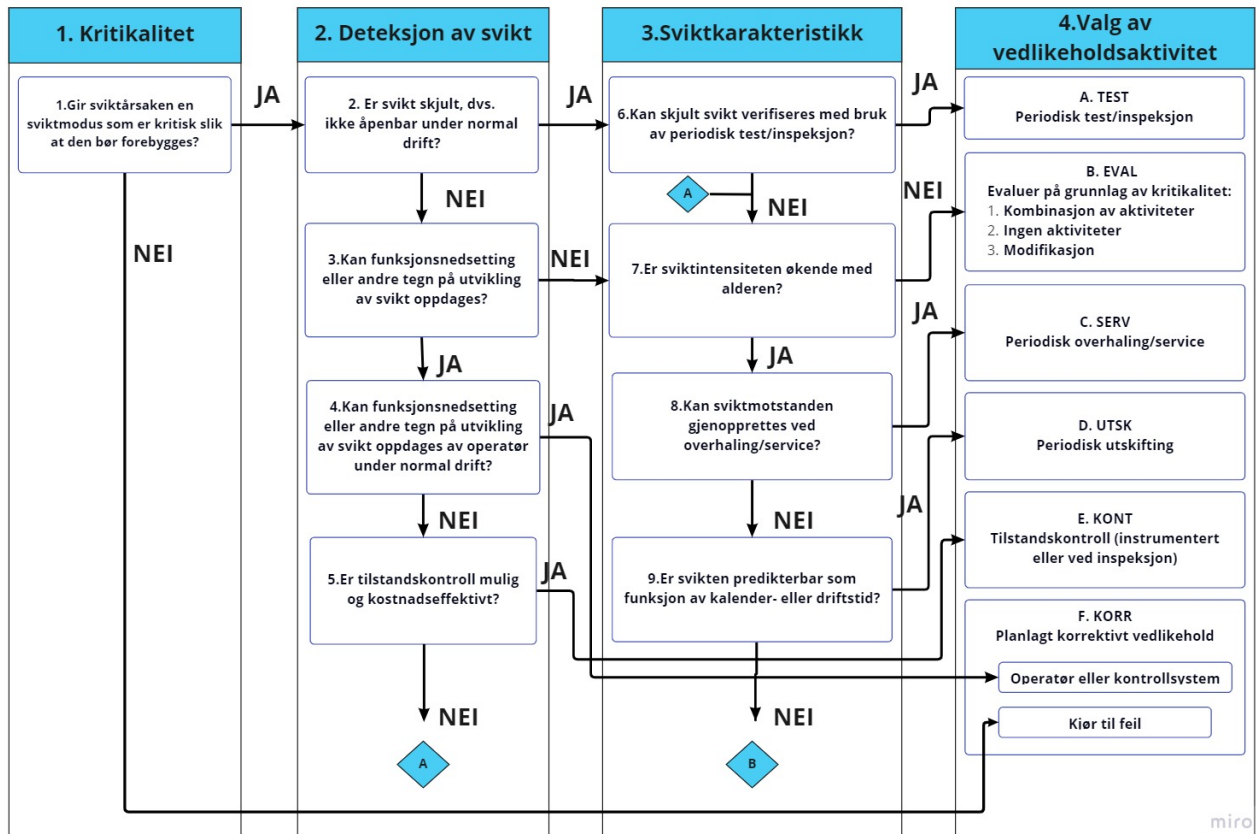
Hensikten med å utføre en FMECA er å fastslå hvordan enheter eller prosesser kan miste sin evne til å oppfylle sin funksjon. Slik kan nødvendige tiltak bli igangsatt. Analysen gir en systematisk metode for å identifisere sviktmodus, sammen med deres effekter på enheten eller prosessen. Det kan også inkludere å identifisere årsakene til sviktmodusene, som igjen kan prioriteres for å støtte beslutninger om vedlikehold [28].

En FMECA inneholder også en kritikalitetsanalyse. En kritikalitetsanalyse er en systematisk tilnærming for å evaluere mulig risiko, og dermed konsekvenser som kan påvirke et system. I en kritikalitetsanalyse definerer man kategorier som påvirkes av potensielle konsekvenser, slik at disse kan evalueres dersom risiko oppstår. Ved å gjennomføre en kritikalitetsanalyse vil vedlikeholdet bli mer pålitelighetsbasert da man fjerner menneskelige faktorer som emosjon og individuell oppfatning [29].

FMECA kan videre brukes for å klassifisere vedlikeholdsaktivitetene i et vedlikeholdsprogram.

2.6 Klassifisering av vedlikeholdsaktiviteter

For å identifisere den mest effektive vedlikeholdsaktiviteten for enhetene, brukes gjerne beslutningslogikk, og et beslutningstre. Et eksempel på et beslutningstre er gitt i Per I. Byes kompendium *Kompendium i drift og vedlikehold*. Figur 2.7 er laget av gruppen og basert på beslutningstreet i dette kompendiet [5].



Figur 2.7: Figur av beslutningstreet som ble brukt for å bestemme vedlikeholdsaktivitet til enhetene. Figuren er laget av gruppen, men inspirert av kompendiet *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5]

Tabell 2.4 inneholder forklaringer på hva som er ment med hver av de ulike vedlikeholdsaktivitetene fra Figur 2.7. Forklaringene er hentet fra kompendiet *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5].

Vedlikeholdsaktivitet	Beskrivelse
A - Periodisk test/ inspeksjon	Ved denne vedlikeholdsaktiviteten skal det vurderes hvor ofte man bør teste/inspisere utstyret med skjult svikt for å ha tilstrekkelig sikkerhet for at det virker når det skal virke. En høy kritikalitet og lite driftsikkert utstyr vil naturlig nok medføre et kortere testintervall
B - Evaluering	Her bør evaluering skje på grunnlag av kritikaliteten til utstyret. Tiltak som bør vurderes nærmere er for eksempel om det kan være mulig å kombinere ulike vedlikeholdsaktiviteter, foreta nødvendige modifikasjoner, vurdere bruk av redundans eller at det ikke skal innføres noen vedlikeholdsaktivitet
C - Periodisk overhaling/service	Ved denne aktiviteten skal man komme i forkant av en sviktutvikling og gjenopprette utstyrets sviktmotstand. Det må vurderes hvor lag tid det vil ta før utstyret svikter pga. svekket tilstand. Denne tiden beregnes som MTTF. Ved stor usikkerhet i MTTF og høy kritikalitet bør intervallet for periodisk overhaling eller service gjøres vesentlig kortere
D - Periodisk utskifting	Ved denne aktiviteten skal enheten byttes ut før den forventes å svikte. Intervall vurderes på samme måte som for C - Periodisk overhaling og service. Forskjellen er at her består vedlikeholdet i å bytte ut utstyret eller deler av det, og ikke gjøre en overhaling eller service
E - Tilstandskontroll	For å estimere intervallet for denne typen vedlikeholdstrategi, må det foretas en vurdering av hvor lang tid det tar fra en potensiell svikt kan oppdages ved tilstandskontroll, til den vil gi en svikt på enheten. Dette tidsintervallet kalles for PF-intervallet
F - Planlagt korrektivt vedlikehold	Hvis svikten som oppstår ikke er kritisk, vil man i utgangspunktet velge planlagt korrektivt vedlikehold (kjør til svikt inntreffer). Hvis operatør registrerer at en sviktutvikling er på gang, og sviktmodusen er kritisk, vil man kunne overvåke og kontrollere sviktutviklingen

Tabell 2.4: Forklaring til hver av vedlikeholdsaktivitetene fra beslutningstreet. Informasjonen er hentet fra kompendiet *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5]

2.7 Intervall for vedlikeholdsaktiviteter

Det kan være vanskelig å finne intervall for vedlikeholdsaktivitetene i et vedlikeholdsprogram. For å finne intervallet trengs informasjon om funksjonen for når svikt inntreffer, konsekvensene dersom svikt inntreffer og kostnad av svikt som aktiviteten i vedlikeholdsprogrammet skal forebygge [30]. For vedlikeholdsaktivitetene B og F er det ikke relevant å beregne intervall.

Det finnes ulike metoder for å finne intervall basert på hvilken vedlikeholdsaktivitet en enhet får tildelt. Grunnleggende teori for å fastsette intervallene blir presentert videre.

2.7.1 Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF er midlere tid til svikt. Det vil si tiden mellom hver gang en enhet svikter under normal drift. Dette er med forutsetning om at det ikke utføres forebyggende vedlikehold for å forhindre svikten [5].

Intervall for vedlikeholdstiltak bør ligge så mye i forkant at man er rimelig sikker på å forhindre at svikt oppstår. I de enkelte tilfeller vil det være vanskelig å vurdere MTTF og ved estimering av intervall bør det derfor tas høyde for usikkerhet [5].

Formelen som brukes for å regne ut MTTF, vises i Formel 2.1.

$$\begin{aligned} MTTF &= \frac{\textit{Tid operasjonell}}{\textit{Antall enheter}} \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \end{aligned} \tag{2.1}$$

der n = antall stopp pga. svikt i enheten og T_i = operasjonell tid.

2.7.2 Intervall for vedlikeholdsaktivitet A

For å finne intervallet for vedlikeholdsaktivitet A - *Periodisk test/inspeksjon* finner man ut hvor ofte en enhet med skjult svikt bør testes eller inspiseres [5].

Intervall for periodisk test/inspeksjon kan beregnes ved å bruke formlene som vises i formlene 2.2 og 2.3. Formlene er hentet fra *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5].

$$\text{Intervall} = \frac{(2 * MFDT)}{\lambda} \quad (2.2)$$

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (2.3)$$

MFDT er midlere nedetid (Mean Fractional DownTime). Dette er tiden det tar fra en svikt oppstår til svikten er reparert og enheten er tilbake i drift. Lambda er sviktraten til enheten som analyseres [31].

2.7.3 Intervall for vedlikeholdsaktivitet C og D

For å regne intervallet for vedlikeholdsaktivitetene C - *Periodisk overhaling/service* og D - *Periodisk utskifting* beregnes et intervall for periodisk forebyggende vedlikehold. Fra kompendiet *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5] kan man lese at en estimering av intervall for periodisk forebyggende vedlikehold skal gjøres på grunnlag av personellens tekniske kunnskap og praktiske erfaring. Det skal også benyttes relevant historikk på enkelte vedlikeholdsenheter dersom dette finnes [5].

For å regne ut et intervall for periodisk forebyggende vedlikehold må svikten tildeles en feilkarakteristikk. Her skilles det mellom to ulike feilkarakteristikker. Med feilkarakteristikk menes sviktens tendens til å oppstå avhengig av tid. De to feilkarakteristikkene er [5]:

1. Etter en tid vil sviktintensiteten øke drastisk. Dette er en typisk type slitasjesvikt som oppstår når enheten er utslitt
2. Sviktintensiteten øker etter hvert som tiden går, men det er ikke noe tidspunkt der svikten viser noen drastisk økning i tendensen til å oppstå som følge av slitasje

Det finnes fire ulike måter å regne ut intervall for periodisk forebyggende vedlikehold. De ulike metodene avhenger av feilkarakteristikk og om enheten er kritisk eller ikke. Metodene vises i formlene 2.4, 2.5, 2.6 og 2.7 [5].

Feilkratakteristikk type 1 og ikke-kritisk enhet:

$$\textit{Periodisk forebyggende vedlikehold} = 50\% * \textit{MTTF} \quad (2.4)$$

Dette forutsetter å gi 90-95% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.

Feilkarakteristikk type 1 og kritisk enhet:

$$\textit{Periodisk forebyggende vedlikehold} = 25\% * \textit{MTTF} \quad (2.5)$$

Dette forutsetter å gi 99% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.

Feilkarakteristikk type 2 og ikke-kritisk enhet:

$$\textit{Periodisk forebyggende vedlikehold} = 25\% * \textit{MTTF} \quad (2.6)$$

Dette forutsetter å gi 90-95% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.

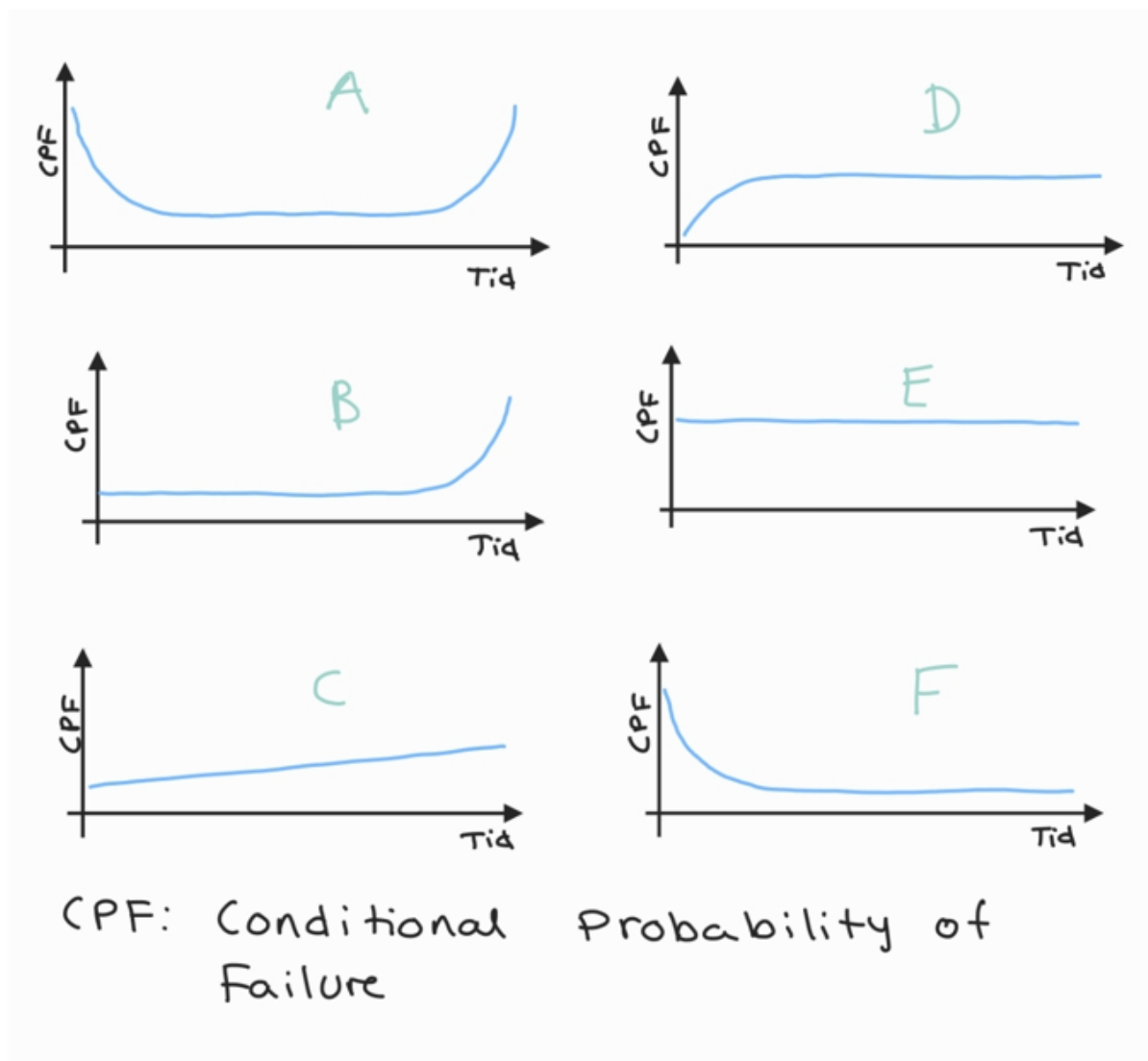
Feilkarakteristikk type 2 og kritisk enhet:

$$\textit{Periodisk forebyggende vedlikehold} = 10\% * \textit{MTTF} \quad (2.7)$$

Dette forutsetter å gi 99% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.

2.7.4 Sviktmønstre

Funksjonene til sviktmønstrene er et hjelpemiddel i å etablere et vedlikeholdsprogram med optimalt intervall for aktivitetene i programmet [27]. Det kan være essensielt å se på de seks forskjellige sviktmønstrene når man ser på sannsynligheten for funksjonssvikt. Disse seks sviktmønstrene ble identifisert av *The Federal Aviation Administration* (FAA) på 1960-tallet i forbindelse med svikt på fly [3]. Figur 2.8 viser de seks forskjellige sviktmønstrene, mens Tabell 2.5 gir en beskrivelse av hvert sviktmønster.



Figur 2.8: De seks sviktmønstrene som ble utviklet av FAA på 1960-tallet. Figuren er laget av gruppen, men inspirert av boka *The RCM Solution* av Nancy Regan [3]

Sviktmønster	Beskrivelse
A	Svikt har større sannsynlighet for å oppstå ved starten og slutten av levetiden
B	Økt sannsynlighet for svikt ved slutten av levetiden
C	Nivået av svikt øker i takt med tiden
D	Lite svikt i starten, men det øker raskt til et konstant nivå
E	Svikt forekommer helt tilfeldig
F	Et høyt antall svikt i starten, før svikt forekommer tilfeldig

Tabell 2.5: Beskrivelse av de seks sviktmønstrene

I tillegg til sviktmønstrene er det viktig å observere PF-intervallet til funksjonssviktene. PF-intervallet vil være til hjelp for å finne intervall for enkelte aktiviteter i vedlikeholdsprogrammet.

2.7.5 Intervall for vedlikeholdsaktivitet E

For å beregne intervallet for vedlikeholdsaktivitet *E - Tilstandskontroll* trenger man PF-intervallet. PF-intervallet er intervallet mellom detektering av en potensiell svikt som kan oppstå til svikten inntreffer. PF-intervallet gir en indikasjon på hvor ofte handlinger må utføres basert på enhets tilstand. Dersom den potensielle svikten skal detekteres før svikten faktisk inntreffer, må intervallet for inspeksjoner være mindre enn PF-intervallet. Hvis ikke kan en utvikling av svikt forekomme mellom to tilstandskontroller [27].

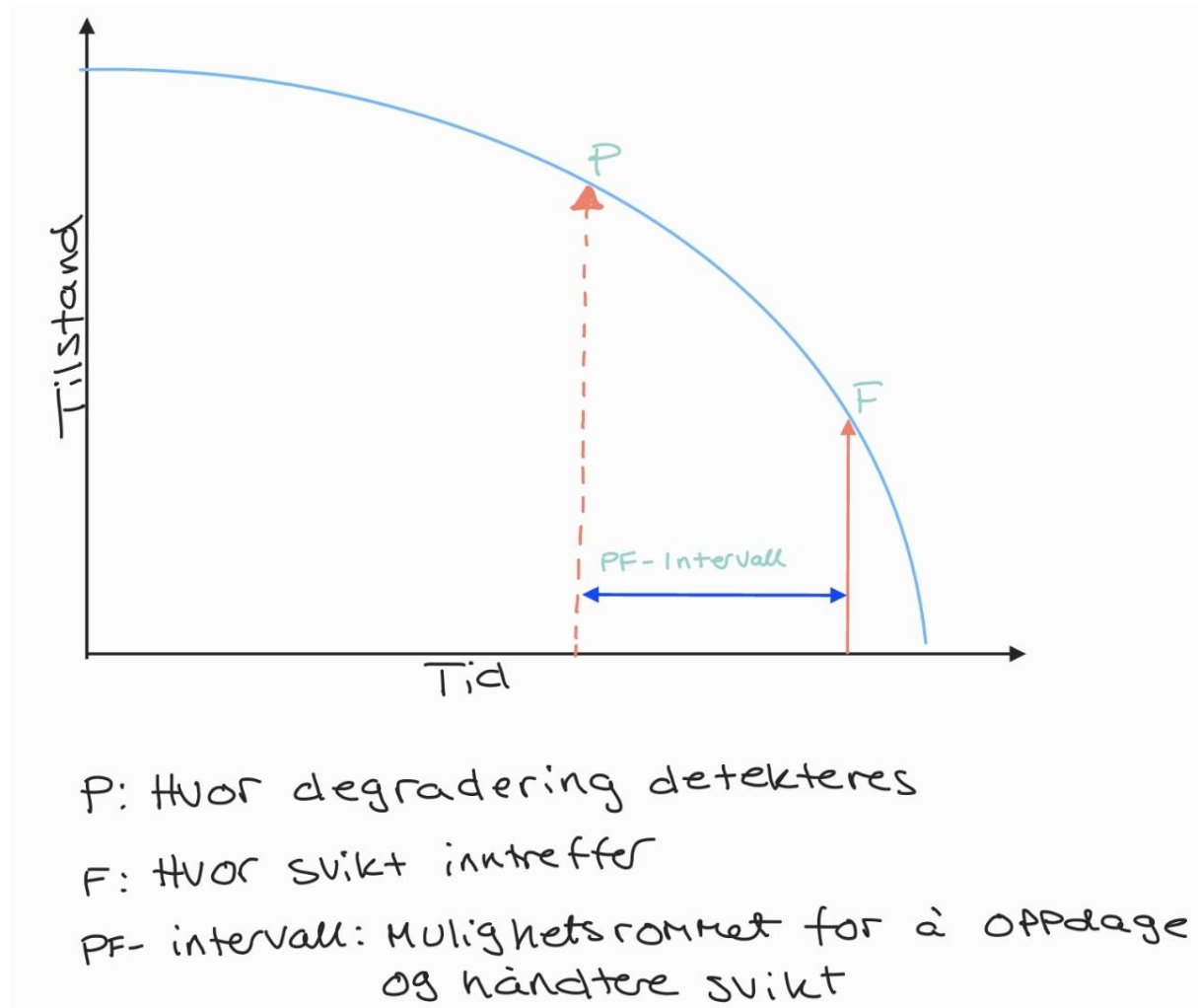
Et anbefalt utgangspunkt for å fastsette intervallet for tilstandskontroll er å la dette intervallet være halvparten av PF-intervallet.

John Moubray definerer i sin bok *Reliability-Centered Maintenance* ulike metoder for å bestemme et PF-intervall [27]. Disse metodene er oppsummert i Tabell 2.6.

Metoder	Beskrivelse
Kontinuerlige observasjoner	Her observeres enheten helt til svikten inntreffer. Dette er en dyr metode for å fastsette PF-intervallet
Starte med et kort intervall og gradvis forlenge dette	Starter med å fastsette et kort PF-intervall, for så å gradvis forlenge intervallet fram til man finner ut hva som er riktig intervall
Vilkårlig intervall	Det skal settes et kort vilkårlig intervall for tilstandsopp-gaver. Det er ikke noe garanti for at det korte intervallet som blir fastsatt er kortere en PF-intervallet. Dette betyr at denne metoden er mindre tilfredsstillende enn de foregående metodene
Undersøkelse	Den beste metoden å etablere et presist PF-intervall på er å simulere svikten på en måte som gjør at det ikke oppstår alvorlige konsekvenser
En rasjonell tilnærming	PF-intervallet kan bestemmes med overraskende sikkerhet basert på en rasjonell tilnærming som bedømmelse og erfaring. Et eksempel på en rasjonell tilnærming kan være å forhøre seg om enheten med personell med grundig erfaring og kunnskap om enheten. Dette innebærer personell som drifter, vedlikeholder og overvåker enheten

Tabell 2.6: Beskrivelse av ulike metoder for å fastsette et PF-intervall

De fire første metodene som er nevnt i Tabell 2.6 indikerer at det er vanskelig, upraktisk eller for dyrt å fastsette PF-intervallet på en empirisk måte. I de fleste tilfeller vil det også være vanskelig å vurdere lengden av et PF-intervall og ved estimering av intervall bør det derfor tas høyde for stor usikkerhet. Ved stor usikkerhet i PF-intervallet og høy kritikalitet av svikten, bør intervallet for tilstandskontroll gjøres vesentlig kortere enn PF-intervallet [5]. Figur 2.9 viser en figur av et PF-intervall.



Figur 2.9: Figur av et PF-intervall. Figuren er laget av gruppen.

2.8 Suksessfaktorer og suksesskriterier

Suksess i et prosjekt handler om evnen til å oppnå den tiltenkte transformasjonen eller evnen til å oppnå verdiskapning [32]. Et viktig steg på veien til suksess i prosjektet er etableringen av suksessfaktorer og suksesskriterier.

2.8.1 Suksessfaktorer

En suksessfaktor er et begrep som brukes som beskrivelse av grunnreglene som bør overholdes under planlegging og utførelsen av et prosjekt. Suksessfaktorer brukes for å oppnå suksesskriteriene. Identifisering av suksessfaktorer blir ansett som en god praksis som kan ha positiv effekt på ulike interessenters dedikasjon og engasjement til prosjektet [32].

2.8.2 Suksesskriterier

Suksesskriterier er nært knyttet til prosjektets mål og defineres gjerne samtidig med at målene utarbeides. Gode suksesskriterier har måltall som angir en størrelse eller en verdi. Et prosjekt bruker suksesskriterier. Dette er et parameter, en indikator eller en verdi, som måles eller registreres for å avgjøre hvor suksessfullt prosjektet er [33]. En slik indikator kan være KPI.

2.9 KPI

Key Performance Indicator (KPI) er en kritisk indikator av framgang mot et tiltenkt resultat. KPI gir et fokus for strategisk og operasjonell forbedring, lage et analytisk grunnlag for beslutningstaking og setter fokus på hva som betyr mest. Formålet med KPI er [34]:

- Sette fokus på framgang mot å oppnå ønsket resultat
- Måle hva som er ment å måles for å bedre beslutningstaking
- Tilby en sammenligning som måler graden av ytelsesendring over tid
- Kan spore effektivitet, kvalitet, aktualitet, styring, overholdelse, atferd, økonomi, prosjektytelse, personellytelse eller ressursutnyttelse
- Er balansert mellom fremadskuende indikatorer og etterskuddsindikatorer

2.10 Standardisert arbeid

Standardisert arbeid er etablering av presise og grundige prosedyrer for hver enkelt operatørs arbeid i en prosess. Fordelene med standardisert arbeid kan innebære; dokumentasjon av den gjeldende prosessen for alle skift, reduksjoner i variasjon, enklere opplæring av nye operatører, reduksjoner i skade og belastninger og et grunnlag for forbedringsaktiviteter [35].

3 Metode

I dette kapitlet presenteres metoder som er brukt for å løse oppgaven, samt til å svare på resultatmålene og problemstillingen. Informasjonen som ble innhentet for å kunne besvare resultatmålene, ble innhentet ved hjelp av kvalitative metoder. Dette innebærer intervju av relevant og kompetent personell i både Mowi og ScaleAQ, samt befaring hos begge bedriftene.

3.1 Metode for ståstedsanalyse

For å nå målene som ble satt for ståstedsanalysen har gruppen vært på befaring hos Mowis oppdrettsanlegg på Valøyan og hos ScaleAQs kontor på Frøya. Under befaring ble det foretatt intervju av relevant personell hos Mowi og ScaleAQ. Gruppen forberedte spørsmål på forhånd av intervjuene, og disse ble oversendt bedriftene før befaring. Spørsmålene som ble laget var åpne spørsmål, som startet med “grei ut om...”. Hensikten med dette var å få intervjuobjektene til å fortelle mest mulig og snakke mest mulig fritt. Det ble også gjort for å unngå å lede de i en spesifikk retning, og for å unngå ja/nei-spørsmål og svar.

Det ble gitt tillatelse av intervjuobjektene til å ta lydopptak av intervjuene. Dette ble gjort for å senere kunne lage detaljerte møtereferat. Det sparte også alle parter for tid og arbeid. Før intervjuene tildelte gruppen arbeidsoppgaver seg i mellom for å få en ryddigere gjennomgang.

I tillegg til intervju og befaring har det blitt gjennomgått relevante dokumenter. Det ble oversendt brukerhåndbøker for hver overordnede enhet på Midgard system. Brukerhåndbøkene ble gjennomgått for å innhente informasjon om nåværende vedlikeholdsprogram. For å gå igjennom relevante dokument fra vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom, ble det gjennomført et digitalt møte med teknisk koordinator i Mowi. Det ble i møtet oversendt skjermbilder fra Aquacom for bruk i oppgaven.

3.2 Metode for evaluering av eksisterende vedlikeholdsprogram

Resultatmål 2 omhandler evaluering av eksisterende vedlikeholdsprogram på Midgard system. Det viste seg derimot at det ikke finnes et eget vedlikeholdsprogram for systemet, men heller vedlikeholdsprogram for hver av de overordnede enhetene. For å kunne gjennomføre resultatmålet tar gruppen dermed for seg evaluering av vedlikeholdsprogrammene som står i brukerhåndbøkene utviklet av ScaleAQ.

For å evaluere vedlikeholdsprogram på Midgard system ble evalueringkriterier utviklet. Gruppen diskuterte og kom fram til å legge vedlikeholdsstyringssløyfen og standard *NS 9415* til grunn for å utvikle evalueringskriteriene. *NS 9415* gir hvilke myndighetskrav som må følges. Vedlikeholdsstyringssløyfen forteller hvilke elementer som må være på plass for et effektivt vedlikehold.

Videre ble vedlikeholdsprogrammet hos henholdsvis Mowi og ScaleAQ evaluert ut ifra evalueringskriteriene.

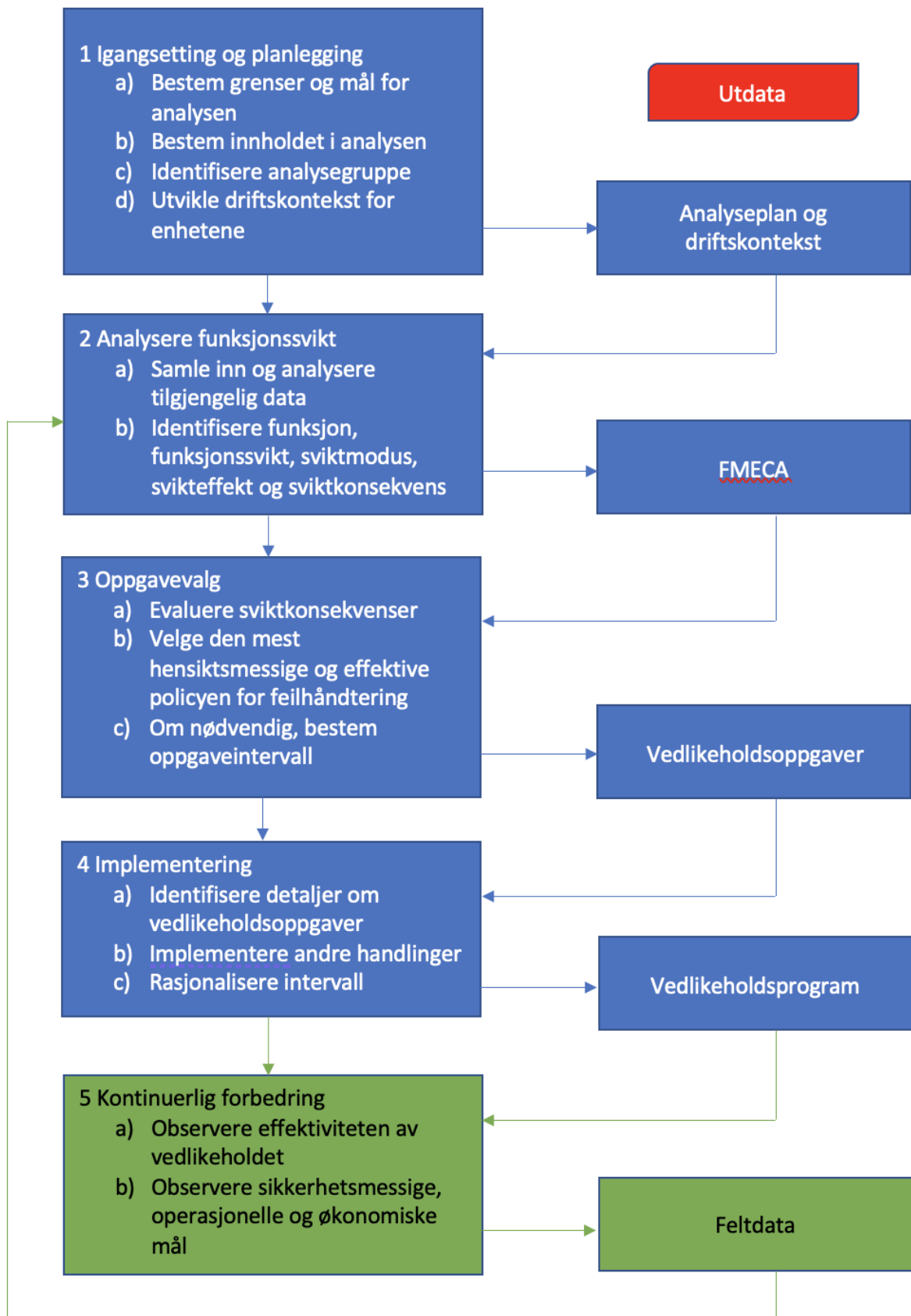
3.3 Metode for RCM-analyse

For å utføre RCM-analysen brukte gruppen standard *NEK IEC 60300-3-11*. Det var enighet om at dette var den mest oversiktlige og beskrivende metodikken. Det ble brukt støttelitteratur fra kompendium *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye og informasjon fra ståstedsanalysen for å gjennomføre RCM-analysen.

Figur 3.1 viser flytskjema over prosessen for gjennomføring av RCM-analysen. Flytskjemaet viser at de to første stegene resulterer i en FMECA. For å utføre FMECA hadde gruppen et digitalt møte med representanter fra både Mowi og ScaleAQ. I forkant av møtet hadde gruppen gjort klart Excel-dokumentet som skulle brukes i analysen, samt hvilke enheter som skulle analyseres. Dette dokumentet, samt definisjoner og begrep brukt i analysen, ble sendt over til bedriftene som en informasjonspakke i forkant av møtet. På denne måten kunne de forberede seg til møtet. I forkant av møtet ble det også bestemt arbeidsoppgaver til hver student, slik at prosessen kunne bli mer systematisk. Det ble også informert på forhånd om hvordan prosessen skulle foregå.

Under gjennomføringen av FMECA ble det gitt tillatelse av bedriftene til å ta skjermopptak av møtet. En konsekvens av dette var at møtet kunne gjennomføres mer effektivt. Det ga også mulighet til å dobbeltsjekke og føre detaljer i etterkant. Etter at gruppen hadde finskrevet FMECA ble dette oversent til bedriftene for kvalitetskontroll.

Flytskjemaet i Figur 3.1 viser også hvilken utdata hvert steg i RCM-analysen gir. Det siste steget, kontinuerlig forbedring, er farget i grønt for å vise at dette ikke er en del av selve bacheloroppgaven. Dette er noe som vil bli anbefalt som videre arbeid, i Kapittel 11.



Figur 3.1: Prosessen for gjennomføringen av RCM-analysen. Flytskjemaet er laget av gruppen, men hentet fra standarden NEK IEC 60300-3-11 [25]

Tabellene 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 og 3.5 gir en nærmere beskrivelse av hvordan stegene i Figur 3.1 gjennomføres i oppgaven.

Igangsetting og planlegging	Beskrivelse
Bestem grenser og mål for analysen	Viktige momenter: <ul style="list-style-type: none"> • Beskrivelse av bakgrunn for analysen • Metode for risikovurderinger • Retningslinjer for gjennomføring av analysen
Bestem innholdet i analysen	Beskrivelse av system og identifisering av enheter som skal inngå i analysen. Identifiseringen gjøres ved hjelp av tegninger og komponentbeskrivelser
Identifisere analysegruppe	Analysen krever følgende: <ul style="list-style-type: none"> • Kunnskap om og erfaring med RCM-prosessen • Detaljert kunnskap om enhetene i systemet og deres design • Kunnskap om enhetenes driftskontekst • Kunnskap om tilstanden til enhetene • Forståelse av sviktmoduser og deres effekter • Kunnskap om begrensninger (sikkerhet, miljø, regulering) • Kunnskap om vedlikeholdsteknikker og verktøy • Kunnskap om kostnader
Utvikle driftskontekst for enhetene	Beskrivelse av hvordan systemet driftes og opereres, samt systemets ytelse. Andre elementer som med fordel kan beskrives: <ul style="list-style-type: none"> • Standarder • Miljøet systemet driftes i • Tilgang til reservedeler • Redundans, dersom det er aktuelt

Tabell 3.1: Beskrivelse av hvordan steg 1, Igangsetting og planlegging, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven

Analysere funksjonssvikt	Beskrivelse
Samle inn og analysere tilgjengelig data	Samle inn dokumentasjon som kan bidra til analysen og neste steg. Dette kan blant annet være tegninger av systemet som analyseres
Identifisere funksjon, funksjonssvikt, sviktmodus, svikteffekt og sviktkonsekvens	Her identifiseres funksjon, funksjonssvikt, sviktmodus, sviktårsak, sviktmekanisme og effektbeskrivelse for enhetene på systemet. Disse fylles inn i RCM-analysen

Tabell 3.2: Beskrivelse av hvordan steg 2, *Analysere funksjonssvikt*, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven

Oppgavevalg	Beskrivelse
Evaluerer sviktkonsekvenser	Konsekvenskategorisering: <ul style="list-style-type: none"> • Ofte settes kategori etter hvilken bransje det er snakk om • Alvorlighetsgraden av konsekvens deles ofte inn i ulike nivå
Velge den mest hensiktsmessige og effektive strategien for svikthåndtering	Her velges flytskjema for å identifisere vedlikeholdsaktiviteter. I denne oppgaven brukes flytskjemaet som vises i Figur 2.7, presentert i teori i Kapittel 2.6
Intervall for håndtering av svikt	For å bestemme intervall for vedlikeholdsaktivitetene benyttes ulike framgangsmåter basert på hvilken vedlikeholdsaktivitet som blir gitt. Hvordan fastsette intervall ble presentert i Kapittel 2.7

Tabell 3.3: Beskrivelse av hvordan steg 3, *Oppgavevalg*, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven

Implementering	Beskrivelse
Identifisere detaljer om vedlikeholdsoppgaver	Her vil det komme kommentarer på hva som kreves for å utføre vedlikeholdet. Dette vil være hvilken kompetanse som kreves og hvilke verktøy som trengs. Eventuelt andre hensyn som bør tas vil kommenteres her
Implementere andre handlinger	Implementere andre potensielt nødvendige handlinger som ikke direkte omhandler vedlikehold
Rasjonalisere intervall	Resultatet fra RCM-analysen kan være mange oppgaver med mange forskjellige frekvenser. Oppgavene bør rasjonaliseres ved å fjerne duplikasjoner og ved justering av oppgaveintervaller

Tabell 3.4: Beskrivelse av hvordan steg 4, Implementering, i RCM-prosessen gjennomføres i oppgaven

Kontinuerlig forbedring	Beskrivelse
Observere effektiviteten av vedlikeholdet	Driftskonteksten og forutsetningsuttalsesene bør betraktes som levende dokumenter, og bør vedlikeholdes gjennom enhetens levetid. Derfor må man også observere effektiviteten av vedlikeholdet, for å kunne gjøre eventuelle forbedringer
Observere sikkerhetsmessige, operasjonelle og økonomiske mål	RCM vil kun nå sitt mål dersom det oppstår videre utvikling og kontinuerlig forbedring

Tabell 3.5: Anbefaling av hvordan steg 5, Kontinuerlig forbedring, i RCM-prosessen ville blitt gjennomført presenteres i videre arbeid

3.4 Metode for å etablere suksesskriterier og suksessfaktorer

Metoden brukt til å gjennomføre dette resultatmålet er vurderinger basert på hva som kommer fram i ståstedsanalysen. Grunnlaget for vurderingene vil være kunnskaper og erfaringer opparbeidet gjennom tre år på ingeniørstudiet. Det blir forsøkt å presentere suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram som er mest relevante for Mowi på nåværende tidspunkt.

4 Ståstedsanalyse

I dette kapitlet presenteres funn knyttet til resultatmål 1: *Gjennomføre ståstedsanalyse på eksisterende vedlikeholdskonsept*. Hensikten med ståstedsanalysen er å få en oversikt over nå-situasjonen mht. vedlikeholdet på fiskemerden Midgard system. Denne informasjonen skal gruppen senere bruke for å utføre RCM-analyse på Midgard system, samt å foreslå et vedlikeholdsprogram på merden. Informasjonen i ståstedsanalysen er også relevant for å definere suksesskriterier og suksessfaktorer for implementering av vedlikeholdsprogram. I starten av kapitlet presenteres fiskemerden Midgard system. Deretter tar gruppen systematisk for seg delmålene som tilhører resultatmålet rundt ståstedsanalyse. Det vil også bli presentert synspunkter på forbedring av vedlikehold fra Mowi og ScaleAQ. Til slutt vil det presenteres informasjon rundt vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom.

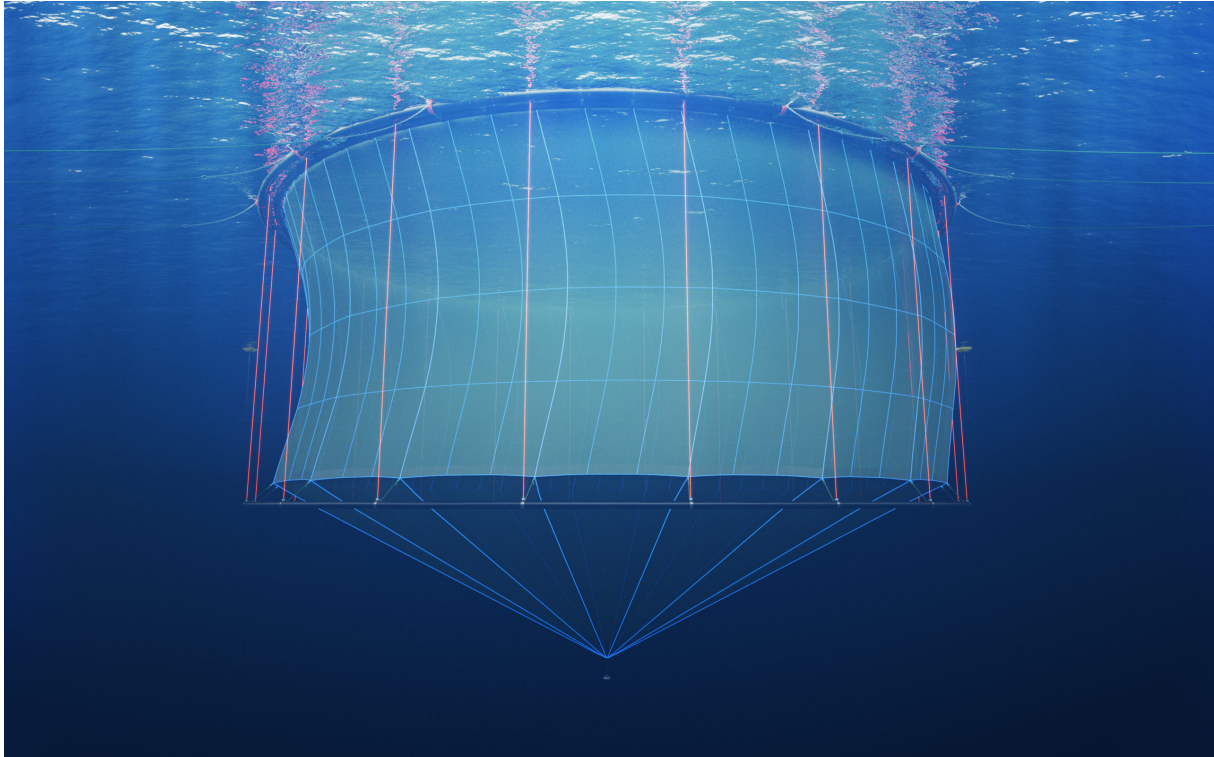
Gruppen ønsker å påpeke at i denne ståstedsanalysen uttaler ScaleAQ seg generelt, på vegne av alle sine kunder, og ikke kun Mowi.

Informasjonen fra Mowi som kommer fram i ståstedsanalysen er hentet fra Valøyen. Det vil si at gruppen ikke har kjennskap til vedlikehold ved selskapets andre oppdrettsanlegg, slakteri, etc.

4.1 Midgard system

Midgard system er et produkt utviklet av ScaleAQ. Produktet ble utviklet som en konsekvens av utfordringer knyttet til hull i nota ved uvær og sterke strømmer i havet. Spesielt i perioden 2010 - 2012 var dette et problem. ScaleAQ gjorde i årene som fulgte omfattende analyser og testing for å få slutt på disse problemene. Resultatet ble Midgard system.

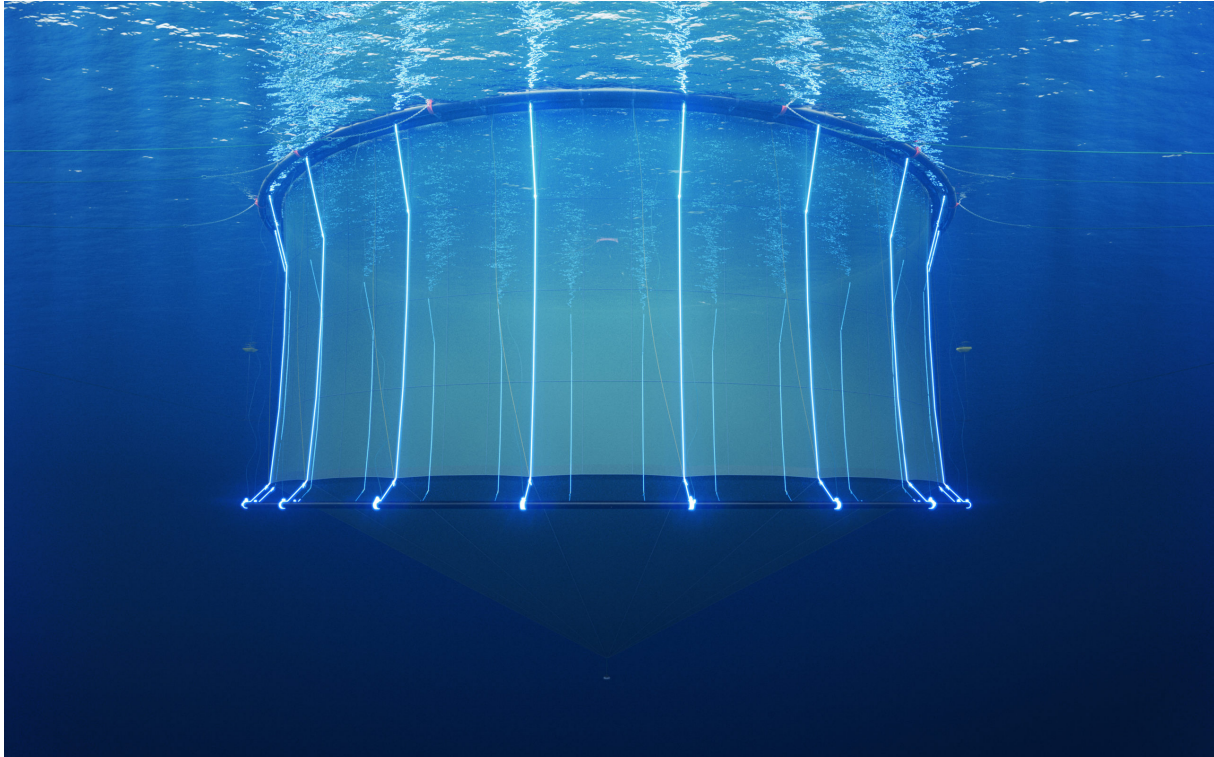
Figur 4.1 viser hvorfor de hadde problemer med hull knyttet til uvær og sterke strømmer i havet. Figuren viser lastetau som går fra flytekragen og til bunnringen. Disse er markert røde på figuren. Figuren viser hvordan sterke strømmer i havet presser nota til høyre og inn i lastetauene som holder bunnringen. Lastetauene er stramme da de holder vekten av bunnringen. En bunnring veier rundt 11 tonn. Ved dårlig vær vil det ofte være bølger i havet. Bølgeeffekten gjør at merden gynger og lastetauene vil dermed følge denne bevegelsen. Dette fører til at lastetauene vil gnage på nota, og over tid øke sannsynligheten for hull.



Figur 4.1: Problem som oppsto med fiskemerder før Midgard system ble produsert. Bildet er hentet fra ScaleAQ sine nettsider [36]

Midgard system er et produkt som er en kombinasjon av to overordnede enheter, som er flytekrage og not. Disse skal gi økt sikkerhet mot rømning av fisk.

Figur 4.2 viser hvordan ScaleAQ har løst problemet med Midgard system. Figuren viser hvordan tauene, markert i blå, er integrert i selve nota. Det er dermed ikke mulig at tauene vil forårsake hull i nota på samme måte som tidligere.



Figur 4.2: Midgard system. Bildet er hentet fra ScaleAQ sine nettsider [36]

Flytekragen leveres med eller uten bunnring. Flytekragen sørger for oppdrift og utspiling, mens bunnringen sørger for nedlodning og utspiling. Nota kan være en midgardtilpasset not eller en standard not. En midgardtilpasset not har større kapasitet til å ta last fra bunnringen enn en standard not. Midgard system er kombinasjonen av not og flytekrage. Disse har i dag hver sine vedlikeholds- og serviceplaner som kommer fram i brukerhåndbøkene for hver av produktene.

Ifølge ScaleAQ finnes det flere leverandører av merder tilsvarende Midgard system, men som utvikler er det kun ScaleAQ som leverer det som opprinnelig kan kalles Midgard system. Andre leverandører leverer “kopier” av Midgard system. Dette fører til at kjøpere kan for eksempel bruke notpose fra en leverandør og flytekrage fra en annen. Dersom en merd består av enheter som er levert av flere leverandører, vil disse ha ulike vedlikeholdsprogram. Det kreves derfor at Mowi implementerer vedlikeholdsprogram fra alle aktuelle leverandører. Dette blir gjort relativt lett ved hjelp av vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom.

4.2 Resultatmål 1a

1a. På Midgard system hos Mowi (slik det er i dag)

Informasjonen til dette delmålet ble innhentet under befaring ved Valøyen, samt intervju av driftsleder og assisterende driftsleder ved Valøyen, og teknisk koordinator i Mowi. Figur 4.3 viser et dronefoto av Mowis oppdrettsanlegg ved Valøyen.



Figur 4.3: Dronefoto av Mowis oppdrettsanlegg ved Valøyen. Bildet er tilsendt fra Mowi til bruk i oppgaven

Første gang Valøyen fikk Midgard system i drift var i 2015. Merdene ble da bygget om til en merd tilsvarende Midgard system, og det ble i tillegg satt på 5 vinsjer. I ettertid har det blitt montert på totalt 10 vinsjer. Til neste generasjon fikk de flere Midgard system merder. Personellets synspunkt på merden er at den fungerer bra for deres bruk.

Valøyen har hatt både spaghetti- og glidelodd-merder i drift, men de opplever at det er Midgard system som fungerer best siden lokaliteten ligger værutsatt med sterk strøm. Ved uvær kan man sitte igjen med 85% restvolum av det opprinnelige volumet på Midgard system, der man kanskje bare har 35% igjen på et spaghetinettssystem. Da er ikke bare restvolum viktig, men også formen på restvolumet. Midgard system er altså dimensjonert og godt egnet for å tåle dårlig vær ifølge personellet ved Valøyen.

På oppdrettsanlegget ved Valøyen opplever de ikke at Midgard system krever mye vedlikehold. De foretar seg runder med visuell inspeksjon på ringen for å se at alt er intakt. Dette gjøres ved hjelp av digitale sjekklister med ulike periodiseringer. Spesielle utfordringer knyttet til vedlikehold er dårlig vær. Dårlig vær kan føre til at man ikke får utført sjekklistene.

Ifølge personellet på Valøyan skiller ikke det daglige og ukentlige vedlikeholdet seg mye fra vedlikeholdet på andre merdkonsept. De sier at Midgard system har flere enheter i forhold til andre merder. Ifølge personellet på Valøyan er hovedforskjellen på vedlikeholdet på Midgard system i forhold til andre merder at det er vinsjer å vedlikeholde. Disse vinsjene trenger strøm, og dermed er det mer som kan gå i stykker. Det er en elektrisk boks på hver merd. Denne har to lokk, men likevel kommer det sjøvann inn som kan skade kablene. Det er også viktig å sjekke om vinsjtauet har slakk. Dette er for å forhindre at vinsjene sliter seg.

Dersom det oppdages små skader med merden under de periodiske inspeksjonene kan personellet på anleggene selv gjennomføre vedlikehold, men dersom det oppdages større skader kontakter de ScaleAQ. Ved Valøyan har de noen reservedeler som for eksempel vinsjtau, men siden anlegget ligger på Frøya, og ScaleAQ har kontor i nærheten, vil det ikke være stort problem å få tak i reservedeler kjøpt. De får gjerne deler på dagen dersom det oppstår problemer. Ved generasjonskontroll bestiller de gjerne opp enhetene de trenger.

Ved Valøyan utføres det mest forebyggende vedlikehold på Midgard system. Dette blir gjennomført gjennom de periodiske sjekklistene. Korrektivt vedlikehold dukker som regel opp under generasjonskontrollen. Generasjonskontrollen er fastsatt av ScaleAQ, og merden skal kontrolleres annen hvert år. Kontrollen er beskrevet i brukerhåndbøkene, og gjennomføres av ScaleAQ eller innleid personell som har gått på kurs hos ScaleAQ. Det samme gjelder annen service på merden.

Generasjonskontrollene utføres etter hver generasjon av laks. Én generasjon er på ca. 24 måneder, og dette er inkludert en brakkleggingsperiode. Under kontrollen skal man vaske ned og desinfisere anlegget, kontrollere ringene og reparere alle svikt som blir funnet. Det blir også brukt en vaskerigg som tar en del av merden ut av sjøen. Vaskeriggen kan være mobil ved at den går rundt merden av seg selv. Bunnringen blir også heist opp og vasket i vaskeriggen.

Generasjonskontrollen forteller hva som må gjøres til neste utsettelse av laks. Den forteller derimot ingenting av hva som har foregått underveis i generasjonen.

Figur 4.4 viser et loggskjema for generasjonskontroll på flytekragen.

Loggskjema generasjonskontroll						
Navn:		Type:	Prod. Nr.:			Innkjøpt år:
Område/Komponent	Metode (GVI/NVI/DK/MU)	Beskrivelse Inspeksjon	Type feil			Merknad
			1	2	3	
Identifikasjon	GVI	Kontroller at flytekragen har merkerør og at det stemmer med innslått nummer i midtre fortøyningsklammer. Hvis innslått nummer ikke er lesbart slås nummer inn på nytt.				
Fortøyningsklammer	GVI / NVI	Kontroller om det er sprekkdannelser, korrosjon og slitasje.				
Fortøyningsøre	GVI / NVI	Kontroller om det er deformasjon, sprekkdannelser og slitasje, toleranse for slitasje iht. til gjeldende servicemanual.				
Stagsystem	GVI / NVI	Kontroller stag for slitasje og deformasjon (bøyning). Kontroller for slitasje, toleranse for slitasje og bøyning iht. til gjeldende servicemanual.				
Stagbolter / mutter	GVI / NVI / DK / MU	Stikkprøve 4 bolter i kryss: demonteres og kontrolleres for korrosjon og gnag. Kontroller at alle mutre er tiltrukket. Kontroller for slitasje, toleranse for slitasje iht. til gjeldende servicemanual.				Hver 3. generasjonskontroll.
Stag / kjetting / tau	GVI / MU	Etterstram hovedbæresystemet hvis det er nødvendig. Dette kan gjøres ved bruk av f.eks. en kjettingtalje på kjettingen i hovedbæresystemet.				
Plastforinger på klammer	GVI / NVI	Se etter slitasje og gnag. Klammer skal ikke være i kontakt med flyterør.				
Skader på flyterør	GVI / NVI	Se etter at flyterør ikke er skadet som følge av gnag eller annen mekanisk påkjenning. Kontroller for slitasje, toleranse for slitasje iht. til gjeldende servicemanual.				
Klammer	GVI / NVI	Kontroller om det er deformasjoner og skader. Kontroller at kjettingkrok er intakt.				
Bunnringsoppheng	GVI / NVI	Kontroller at riktig låsesplint og sikringssjakkell brukes.				
Løse kjettingrør	GVI / NVI	Kontroller og trekk til bolter på løse kjettingrør.				
Fendrer	GVI / NVI / MU	Kontroller og eventuelt monter nye.				
Gangbaner	GVI	Kontroller at gangbaner er intakte og riktig montert.				
Håndlist	GVI	Kontroller at håndlistrør er intakt.				
<ul style="list-style-type: none"> GVI = Generell Visuell Inspeksjon NVI = Nærvisuell Inspeksjon DK = Dimensjonskontroll MU = Modifikasjon / Utskifting 			<ul style="list-style-type: none"> 0= Intet å bemerke 1= Vurderes utskiftet i løpet av 12/18 mnd. 2= utbedres omgående. 			
Merknader:						

Flytekragen godkjennes:

Flytekragen godkjennes ikke:

Godkjenningsmerke er montert:

Dato / signatur Kundens representant

Figur 4.4: Loggskjema for generasjonskontroll. Figuren er hentet fra brukerhåndbok om flytekrage [37]

Etter at generasjonskontrollen er gjennomført, og alt er i orden, blir det sendt ut et dokument som viser at flytekragen er godkjent for en ny periode. Det blir også satt et godkjenningsmerke på flytekragen for å vise at kontrollen er gjennomført.

Periodisk renhold av nøtene foregår på lokasjonen, men det er ikke samme vasking som blir gjort i forbindelse med brakklegging. Ved periodisk renhold av nota er det en ROV eller en vaskerobot som rengjør nota. Disse har kamera slik at man kan visuelt se hva man holder på med. Samtidig inspiseres nota. Her undersøkes om alt står fint i sjøen, alt er på plass der det skal være og om innfestningen mellom nota og bunnringen er intakt. Et slikt renhold og inspeksjon skjer i snitt én gang i måneden. Om sommeren blir renholdet og inspeksjonen gjort oftere. Dette er fordi temperaturen i sjøen er høyere på sommeren, som igjen fører til mer groing på nota. Inspeksjon av nota skjer etter brukerhåndbøker.

Under intervju med representantene fra Valøyen ga de uttrykk for at de ikke kjenner til mål og strategier knyttet direkte til vedlikeholdet, annet enn å imøtekomme standardene som følges. De ga også uttrykk for at vedlikeholdsstyringsløyfen ikke ligger direkte til grunn for vedlikeholdet i bedriften. Mowi følger *NS 9415* og *NYTEK-forskriften*. Hensikten med disse er å hindre rømming av fisk gjennom forsvarlig teknisk standard. Det er også krav til gjennomføring og dokumentasjon. Sertifiseringsregime ligger også til grunn her. Et annet viktig element er å følge brukerhåndbøkene for å imøtekomme kravene i regelverket. Mowi er pålagt å følge brukerhåndbøkene fra ScaleAQ og dermed også vedlikeholdsprogrammet i brukerhåndbøkene. Mowi ønsker å øke fokus i organisasjonen for å jobbe mer med vedlikehold.

Hovedkomponentene som inngår i regelverket omhandler fortøyning, nøter, flytekrage og flåte. Regelverket må følges nøyaktig. Mowi har ikke mye handlingsrom rundt å endre på vedlikeholdet som leverandørene har satt. Da må en i så fall kontakte leverandøren, ha dialog med de og ta stilling til risikobildet. Leverandør må så gå med på å ta endringene inn i brukerhåndboka dersom dette skal gjennomføres.

4.3 Resultatmål 1b

1b. På Midgard system hos ScaleAQ (anbefalt vedlikehold i håndbøker)

Informasjonen til dette delmålet ble uthentet ved hjelp av befaring ved ScaleAQs hovedkontor på Frøya, og intervju med fagsjef, avdelingsleder ved not og notservice, og teknisk direktør. Det har også blitt brukt informasjon fra brukerhåndbøkene for å svare på delmålet.

Midgard system består av to overordnede enheter; flytekrage og not. Begge disse har i dag hver sine vedlikeholds- og serviceplaner. Planene er beskrevet i brukerhåndbøkene til enhetene. Brukerhåndbøkene er utviklet ved hjelp av risikovurdering (RBI) på konseptnivå og enhetsnivå. Risikovurderingene er gjennomgått sammen med sertifiseringsfirma

Flytekragen har et servicesystem, og innenfor dette kommer en årskontroll. Under generasjonskontroll på flytekragen sjekkes den for skader, korrosjon og sprekkdannelse. Bolter og muttere kontrolleres også for slitasje. Slitasje på bolten måles i forhold til tverrsnittet. Dersom dette blir underkjent må bolten byttes.

Nota er ved første utsetting godkjent for to år. Etter at utsettet av laks er tatt ut og slaktet, blir nota sendt til vasking og desinfisering. Nota blir deretter tatt inn på et bøteri hvor den blir kontrollert for skader, slitasje, og eventuelt reparert. I tillegg blir det kjørt en strekktesting av notlinen for å sørge for at kravene i standard *NS 9415* er holdt. Dersom kravene er godkjent kan den i utgangspunktet godkjennes for to nye år. Dersom notlinen er svakere enn kravene til bruddstyrke får man ikke nota godkjent for to år, men eksempelvis ett år.

Midgard system har i dag samme oppfølgingsregime som andre merder. I tillegg er det beskrevet i brukerhåndbøkene at man under daglig runde på ring skal løfte noen punkter på nota. Dette blir gjort for å kjenne at lasten er riktig, og at det ikke har oppstått feilmontering enten i forbindelse med operasjon eller at noe har flyttet på seg under drift.

Under intervju med representantene fra ScaleAQ ga de uttrykk for at de ikke har kjennskap til vedlikeholdsstyringssløyfen, og har heller ikke mål og strategier knyttet direkte til vedlikeholdet annet enn å følge myndighetskrav og standarder.

Brukerhåndbøkene fra ScaleAQ beskriver viktige opplysninger om hvordan systemet og enhetene skal transporteres, håndteres, installeres, inspiseres og vedlikeholdes for å få maksimal utnyttelse av egenskaper og levetid. I brukerhåndbøkene finnes vedlikeholdsprogrammene for hver overordnede enhet.

I brukerhåndbøkene for bunnringssystem, flytekrage og notpose er det vedlagt et skjema for inspeksjon, kontroll, rapportering av avvik og reparasjoner. Det er også lagt ved en beskrivelse av enhetene og hvordan de skal monteres og driftes. I Figur 4.5 kan man se en sjekklister for bunnringssystemet.

15.3 Ettersyn og vedlikehold på bunnringssystem

VEDLIKEHOLDET SKAL UTFØRES VED OPPGITTE INTERVALL			MÅNEDLIG	HVER 3. MND.	GENERASJONSKONTROLL
Sjekk-punkt	Hva	Hvordan			
1	Bunningsrør	Sjekk bunningsrør for knekk, kutt og brudd.			
2	Bunningsoppheeng	Sjekk at bunningsoppheeng er i driftsposisjon; at notposen er avlastet og bunnringen henger bunningsoppheengene. Se også etter om overflaten er veldig grov eller ru i forhold til ny kjetting pga. korrosjon eller skade.			
3	Bunningsoppheeng og notpose	Se etter tegn til gnag mellom bunningsoppheeng og notpose.			
4	Bunningsoppheeng	Bruk kamera eller dykker for å sjekke innfestingen mellom notpose og bunnring. Sjekk bunningsoppheeng for skader.			
5	Bunningskjetting	Sjekk bunningskjetting for korrosjon og ruhet som kan gjøre overflaten veldig grov i forhold til ny kjetting. Grov overflate kan skade notposen ved evt. kontakt mellom kjetting og notpose.			
6	Bunningsklammer	Sjekk innfesting mellom bunningsoppheeng og bunnring; klammer, bolt, kjetting og plastbeskyttelse. Ref. toleranser.			
7	Y-stroppeløsning	Sjekk Y-stroppe for slitasje, kutt og at begge plastkossene er på plass og intakt.			
8	Fiber-tau	Sjekk tau for gnag. Skadet tau skiftes. Ref. toleranser.			

Figur 4.5: Sjekkliste for bunnringssystemet. Figuren er hentet fra brukerhåndboka til bunnringssystemet [38]

Figur 4.6 viser en sjekkliste for flytekragen. Brukerhåndboka inneholder også informasjon om godkjent ekstrautstyr som for eksempel strømskap og vinsjssystem, samt en veiledning om hvor ekstrautstyret burde plasseres.

Område/Komponent	Hva sjekkes?	Metode (GVI/NVI/DK/MU)	Beskrivelse inspeksjon	Spesifikasjon	Månedlig	Hver 3. mnd.	Årlig
Flyterør	Kontrolleres for skade og slitasje	GVI	Sjekk flyterør for kutt, knekk og brudd	Alle flyterør			
Fortøyningsklammer med fortøyningsøre	Integritet til klammere	GVI	Sjekk om fortøyningsøre er bøyd eller om det er brudd i fortøyningsøre.	Alle klammer med fort.øre.			
Fortøyningsklammer med fortøyningsøre	Integritet til klammere	GVI / NVI	Sjekk fortøyningsklammer med foringer for deformasjoner.	Alle klammer med fort.øre.			
Fortøyningsklammer med rørklyss	Integritet til klammere	GVI / NVI	Sjekk fortøyningsklammer med foringer for deformasjon/sprekk.	Alle aktuelle klammer			
Stål- og plastklammer	Integritet til klammere	GVI / NVI	Sjekk klammer med foringer for evt. deformasjon/sprekk.	Alle aktuelle klammer			
Gelenderrør / Gelenderstolpe	Mulige defekter / skader	GVI / NVI	Sjekk for brudd i gelenderrør. Sjekk gelenderstolpe for skader.	Alle gelenderrør og stolper			
Stag / Kjetting / Tau	Integritet til hovedbæresystem	GVI / MU	Sjekk om stag/kjetting/tau i hovedbæresystem er stram og er fri for deformasjon eller brudd.	Sjekk hele bæresystemet			
Stag / Kjetting / Tau	Integritet til hovedbæresystem	GVI / MU	* Etterstram hovedbæresystemet etter 3 måneders bruk og ved årlig kontroll hvis det er nødvendig. Dette kan gjøres ved bruk av f.eks. en kjettingtalje på kjettingen i hovedbæresystemet.	Sjekk hele bæresystemet			
Bolt- og pluggforbindelser	Mulige defekter / skader	GVI / NVI	Sjekk om bolt/plugg i hovedbæresystemet er intakt. BYTT BOLT OG MUTTER VED LØSE BOLTER.	Alle bolter / plugg			
<ul style="list-style-type: none"> GVI = Generell Visuell Inspeksjon NVI = Nærvisuell Inspeksjon DK = Dimensjonskontroll MU = Modifikasjon / Utskifting 							

Figur 4.6: Sjekkliste for flytekragen. Figuren er hentet fra brukerhåndboka til flytekrage [37]

Figur 4.7 viser et loggskjema for hendelsesinitiert ettersyn og vedlikehold for notposen. Brukerhåndboka om notposen forteller at notposen fra ScaleAQ utformes og produseres i henhold til NS 9415. Brukerhåndboka inneholder også et kapittel der definisjoner blir forklart, samt en oversikt over ulike notdesign. Den inneholder også forutsetninger og begrensinger ved bruk av notposene fra ScaleAQ.

Loggskjema Hendelsesinitiert ettersyn og vedlikehold			Side 1 av 2	
Navn:	Type:	Notpose Nr.	Innkjøpt år:	
Hva	Hvordan	Uke/år	Sign.	
Det er brukers ansvar å utføre nødvendig kontroll for å påse at notposen tilfredsstiller kravene iht. brukerhåndbok notpose.				
Hovedinnfesting notpose - flytekrage	<p>Notposen sine hovedinnfestingspunkt til flytekragen er Midgard-opphengene. Midgard-opphengene skal ta opp belastningene fra nedloddingssystemet og resten av notposen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er noten korrekt innfestet til flyter? • Er notposene hjørner plassert riktig i forhold til flytekragens utforming? • Er notposen innfestet i henhold til brukerhåndbok? 			
Topptau/hoppenett	<ul style="list-style-type: none"> • Er toppen av notposen hengt opp med litt slakk slik den ikke blir påført belastning? • Er notposens synlige deler over og under vann, jevnt og fin opphengt og utstrekt, fri for synlige skader på notlin og tauverk? 			
Opphalertau og håvtau	<ul style="list-style-type: none"> • Er alle opphalertau og håvtau forsvarlig festet i flytekrage, uten belastning? 			
Sekundærinnfesting av notposen til flyter	<ul style="list-style-type: none"> • Har sekundærinnfestingen av notposen lavere bruddstyrke enn hovedtauet? • Er det slakk/ingen belastning på sekundær innfesting? • Har det oppstått gnag eller slitasje på hovedtau eller notlin? 			
Gjennomføringer i hoppenett	<ul style="list-style-type: none"> • Er gjennomføringer i hoppenettet forsvarlig sikret i henhold til brukerhåndbok fra notleverandør? 			
Ekstraustyr på og ved flytekrage	<ul style="list-style-type: none"> • Er alt ekstraustyr på og ved flytekragen forsvarlig sikret slik at det ikke kan falle ned i notposen eller påføre notposen skade på andre måter? 			
Innfesting utspilingssystem	<ul style="list-style-type: none"> • Er utspilingssystem korrekt innfestet i innfestingspunkt på bunntau (krysningspunkt mellom løftetau og bunntau)? • Er utspilingssystem kun festet i innfestingspunkt på bunntau (krysningspunkt mellom løftetau og bunntau)? • Har utspilingssystemet tilstrekkelig avstand til notposen slik at det ikke kan oppstå kontakt med notposen? 			
Notposen	<ul style="list-style-type: none"> • Står notposen jevnt og fint utstrekt i alle sider og i bunn? 			
Opphalertau	<ul style="list-style-type: none"> • Er opphalertauet korrekt innfestet og tredd? • Har opphalertauet tilstrekkelig slakk og festet slik det ikke kan påføre noten gnag eller skader? 			
Dødfiskhåv	<ul style="list-style-type: none"> • Er dødfiskhåven riktig montert og tilstrekkelig nedloddet til at den fungerer etter hensikten? 			
Oppheng til utspilingssystem/ bunnringstau	<ul style="list-style-type: none"> • Er oppheng til eventuelt utspilingssystem korrekt montert i henhold til brukerhåndbok fra leverandør og plassert slik at det ikke påfører notposen gang og slitasje? 			

Figur 4.7: Hendelsesinitiert ettersyn og vedlikehold av notpose. Figuren er hentet fra brukerhåndboka til notpose [39]

Det står også i brukerhåndbøkene at dersom man har spørsmål eller om noe er uforståelig, kan man gjerne ta kontakt med ScaleAQ direkte. Da kan de bistå med ytterligere veiledning og råd.

4.4 Resultatmål 1c

1c. Lage en kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på fiskemerden Midgard system (visualisering)

Informasjonen til dette delmålet ble innhentet under befaring ved Valøyen og gjennomgang av brukerhåndbøker fra ScaleAQ.

Tabell 4.1 viser en kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på Midgard system.

Intervall	Vedlikehold
Daglig	Generell inspeksjon av fiskemerden
Ukentlig	Inspeksjon av enheter som krever oftere ettersyn og som har større konsekvenser ved svikt. Dette gjelder diverse punkter på nota, fortøyninger og vinsj
Månedlig	Inspeksjon av enheter som ikke krever like ofte ettersyn. Dette gjelder ringer, fortøyninger og annet ekstrautstyr. Det skal også inspiseres om hovedbæresystemet er stramt
Hver 3. måned	Etterstramming av hovedbæresystem
Årlig	Systemet sjekkes for deformasjoner og sprekke. Etterstramming av hovedbæresystem
Generasjonskontroll (hvert 2. år)	Kontrollering og godkjenning av enheter for en ny generasjon

Tabell 4.1: Kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på Midgard system

4.5 Resultatmål 1d

1d. På befaring; innhent data på rapportering av gjennomført vedlikehold/inspeksjon

Dette delmålet ble gjennomført på befaring, og i intervju med Teknisk koordinator i Mowi. Under intervjuet fikk gruppen skjermbilder av sjekklista på arbeidsordre, og tilgang til rapport fra siste generasjonskontroll.

Figur 4.8 viser noen av arbeidsordrene som skal utføres under ukentlig sjekk på Midgard system. Her vises når vedlikeholdet ble utført, og at hendelsen da står oppført med status OK. Her kan det også legges inn notater. Dette kan gjøres for eksempel dersom vedlikehold ikke ble utført pga. dårlig vær og tilkomst, eller om det observeres svikt eller skade på utstyret som bør undersøkes nærmere.

INFORMASJON OM ETTERSYN

Utført: 04.10.2021. Type ettersyn: Ukentlig. Planlagt: 27.09.2021. Arbeidsordre: 0. Signert av: [redacted]

REGISTRER INFORMASJON OM ETTERSYN

Notater

Vedlegg (klikk eller dra og slipp filer)

Legg til vedlegg

Ingen filer lagt til

Lås opp

Tilbake

Sjønlegg – ukentlig

PUNKT	NOTAT / KOMMENTAR	UTFØRT AV	STATUS
Ringer - Toppsjækkel - Sjekk at toppsjækkel er til stede som toppsikring på alle punkt og at splinten er på plass under drift.		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Ringer - Bunnringtau - Sjekk at tau og kjettingslinsjer har jevn belastning og ikke henger i noten		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Not - Innfesting not - Kontrolleres for skader og slitasje. Kontroller innfestning i flyterør og rekkverk		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Not - Eventuelle gjennomføringer - Alle gjennomføringer av forslanger, tau o.l., må kontrolleres for gnag og skader		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Not - Hoppenett - Kontrolleres for skader og slitasje		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Not - Fuglenett og tårn - Kontrollerer at utstyr er skikkelig festet og inntakt		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Not - Kontakt med not - Kontroller at ingenting er i fysisk kontakt med noten og kan gjøre skade / slitasje		- 04.10.2021 06:43	✓ OK
Fortøyninger - Fortøyning - Sjekk for gnag på tau evt. sjakler og kauser		- 04.10.2021	✓ OK

Figur 4.8: Skjermbilde fra Aquacom av utført arbeidsordre

4.6 Resultatmål 1e

1e. Hvordan er rapporteringsrutinene hos Mowi? Dokumentasjon (vedlikehold, avvik)

Informasjonen til dette delmålet ble uthentet ved befaring ved Valøyan, samt intervju av driftsleder og assisterende driftsleder ved Valøyan, og teknisk koordinator i Mowi.

Mowi bruker Aquacom som vedlikeholdsstyringssystem. I tillegg bruker de et eget avvikssystem, TQM Enterprise. I avvikssystemet føres alle avvik, mens i Aquacom føres utført vedlikehold. I Aquacom legges arbeidsordrer, dette inkluderer også visuelle inspeksjoner. Dersom noe er ødelagt og det skal gjøres korrektivt vedlikehold må også dette inn i Aquacom. Har dette i tillegg medført skade på folk, eller det er risiko for skade på folk, rømning av fisk eller har økonomiske konsekvenser skal avviket skrives inn i avvikssystemet.

4.7 Resultatmål 1f

1f. Hvordan mener ScaleAQ rutinene bør være? Dokumentasjon (vedlikehold, avvik)

Informasjonen til dette delmålet ble uthentet ved hjelp av befaring hos ScaleAQs hovedkontor på Frøya, og intervju med fagsjef, avdelingsleder ved not og notservice og teknisk direktør.

ScaleAQ har lagt til rette for å legge inn vedlikeholdsprogrammet i brukerhåndbøkene i et vedlikeholdsstyringssystem. De anbefaler å føre avvik og vedlikehold i et vedlikeholdsstyringssystem. Dette føres da når vedlikeholdet er utført, hvem som har utført vedlikeholdet og eventuelle avvik som oppdages. ScaleAQ kontrollerer ikke at dette blir gjort, men får som regel tilgang til det aktuelle vedlikeholdsstyringssystemet som kunden besitter. Dersom kundene kommer med innspill på endringer av design eller gjennomføring av vedlikehold, vil ScaleAQ betrakte disse innspillene. Brukerhåndbøker og servicer kan endres, men relevante standarder må alltid overholdes.

4.8 Resultatmål 1g

1g. Hvordan foregår opplæringen av vedlikeholdspersonell i implementering/bruk av vedlikeholdsprogrammet?

Informasjonen til dette delmålet ble uthentet ved befaring ved Valøyan, samt intervju av driftsleder og assisterende driftsleder ved Valøyan, og teknisk koordinator i Mowi.

På Valøyan har driftssjef ansvar for å lære opp vedlikeholdspersonell og nye ansatte i bruk av vedlikeholdsprogrammet som er satt. Dette gjelder også andre daglige, ukentlige og månedlige rutiner. Driftssjefen går da gjennom brukerhåndbøkene med nye ansatte.

4.9 Synspunkter på forbedring av vedlikehold fra ScaleAQ

Gjennom arbeidet med ståstedsanalysen har det blitt uttrykt fra ScaleAQ at det finnes forbedringspotensial knyttet til vedlikehold på Midgard system når merden står i sjø, og er i drift.

I dag blir det gjennomført inspeksjoner der det brukes dykker på innsiden av nota, spesielt etter uvær og operasjoner. Etter en operasjon hvor bunnringen har blitt løftet for så å senkes tilbake krever ScaleAQ at nota skal inspiseres. Dette er for å se etter skader og hull på notlinen. Av erfaring ser ScaleAQ at en slik inspeksjon gjerne kan bli gjort fra utsiden av nota, siden utsiden av nota er mer kompleks enn innsiden. Her er det mange tau som har ulike funksjoner i forhold til operasjonelle elementer. Når en dykker inspiserer fra innsiden av nota får man ikke oversikt om det er skade på disse tauene, eller om de krysser og går feil vei. ScaleAQ har derfor sett at dette lettere blir fanget opp når dykker gjennomfører inspeksjonen fra utsiden av nota, og sier de har gitt beskjed til oppdrettere om dette.

ScaleAQ mener at dersom man ikke har gode rutiner på oppfølging mellom servicer vil en del av påliteligheten forsvinne. I dag blir brukerhåndboka fra ScaleAQ fulgt av kundene, men det som blir beskrevet i brukerhåndbøkene er overfladisk. Samtidig har ScaleAQ inntrykk av at sjekklister ikke alltid følges til punkt og prikke. Det er også mulig at dykkerne som inspiserer merden ikke kjenner Midgard system godt nok til å vite hvilke enheter som skal sjekkes. Det kan også være at det har oppstått feilmontering, eller blitt utsatt for uvær. Slik en vanlig inspeksjon gjennomføres i dag vil det være svært utfordrende å avdekke slike feil. Mye av slitasten på utsiden av nota blir derfor avdekket alt for sent, og kan medføre store reparasjoner.

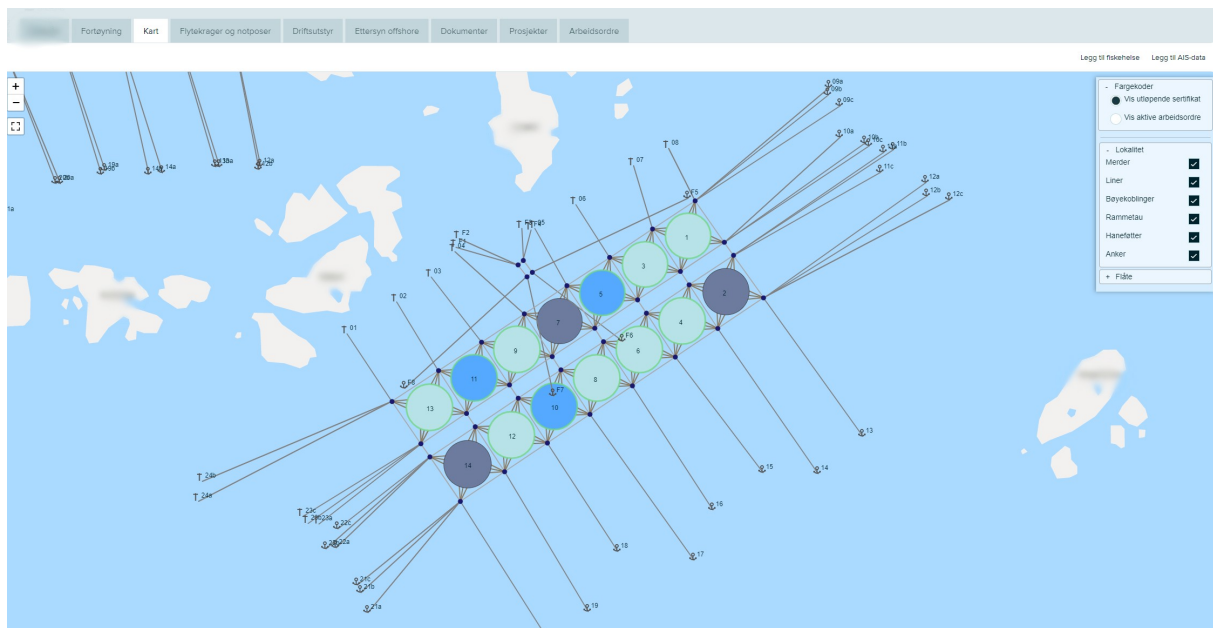
ScaleAQ har utviklet et animasjonsprogram, ScaleWorld, for å kunne simulere sine merder i drift. ScaleAQ har sett på muligheten for å utvikle ScaleWorld slik at oppdrettere kan bruke programmet aktivt i vedlikeholdet. De ønsker at for eksempel punkter som skal sjekkes lys opp i programmet slik at det blir enklere for oppdrettere å forstå hva som skal inspiseres.

4.10 CMMS Aquacom

Mowi bruker vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom. Ifølge Aquacom, [40], er dette systemet et verktøy som er tilpasset bruk for havbruksnæringen. Dette inkluderer fartøy, sjø- og landanlegg, slakteri og matfiskanlegg. Aquacom er i bruk daglig på over 1000 anlegg og fartøy.

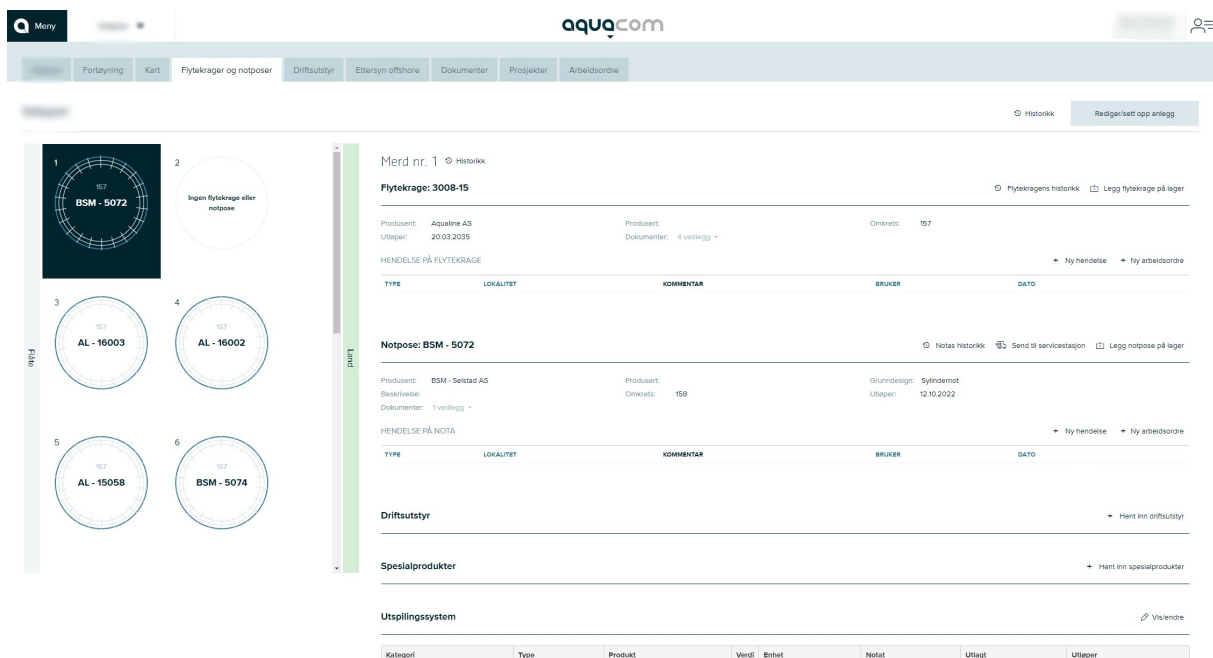
Aquacom inneholder flere funksjoner og moduler. Disse innebærer bl.a. oversikt over generelle ettersyn og spesifikt vedlikehold på utstyr, samt oversikt over enheter og utstyr som er på lokasjonen. Det gir også en oversikt over reservedeler, sertifiseringer, lovpålagte kontroller og dokumentasjon. Aquacom gir i tillegg en oversikt over sertifikater som holder på å utløpe. På denne måten kan man være i forkant, og få oppdatert disse i tide. Det registrerer og sporer også aktiviteter og hendelser som har blitt utført [40]. Dette gir mulighet for å se tilbake i tid på vedlikehold som er utført, og samtidig få inn arbeidsordre som skal utføres.

Aquacom gir også en oversikt over hele oppdrettsanlegget. Dette vises i Figur 4.9. Her kan man se alle merdene på anlegget, hvor merdene er ankret opp, samt fargekoding for sertifikat på not. Fargekodingen forteller brukerne hvor lenge det er til nota må kontrolleres.

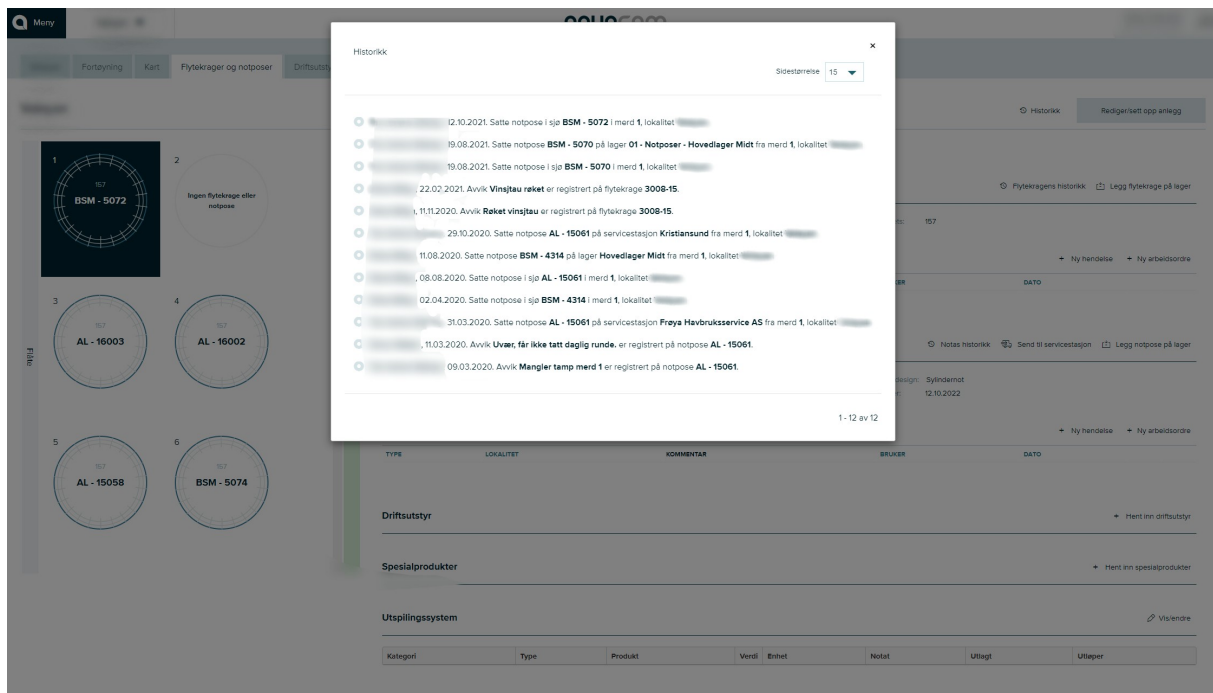


Figur 4.9: Skjerm bilde fra Aquacom av oppdrettsanlegget ved Valøyane

I Figur 4.10 ser man nærmere på “Merd 1”. Her kan man bl.a. se hvilke leverandører de ulike enhetene kommer fra, dokumenter knyttet til enhetene og om hvorvidt det har vært noen hendelser på disse. Det kan også legges til hendelser og nye arbeidsordre, samt se historikken til enhetene. Historikken til notposen og flytekragen på “Merd 1” vises i Figur 4.11 og 4.12. Man kan se at det legges inn hendelser dersom noe nytt oppstår, for eksempel når notposer blir sjøsett eller om det registreres avvik.



Figur 4.10: Skjerm bilde fra Aquacom over informasjon fra Merd 1



Figur 4.11: Skjerm bilde fra Aquacom over historikken til notposen på Merd 1



Figur 4.12: Skjerm bilde fra Aquacom over historikken til flytekragen på Merd 1

I Aquacom finner man også en kalender, som vist i Figur 4.13. Kalenderen gir en oversikt over når planlagt vedlikehold skal utføres, og om hvorvidt det er daglig-, ukentlig- eller månedlig sjekk som skal utføres. Tidligere utført arbeidsordre er grønn, pågående arbeidsordre oransje og framtidige arbeidsordre blå.

Meny
Fortøyning
Kart
Flytekrager og notposer
Driftsutstyr
Etersyn offshore
Dokumenter
Prosjekter
Arbeidsordre

Brukere
Registrer timer
Opprett arbeidsordre
Alle
Etersyn
Arbeidsordre
Prosjekt

Kalender
1 dag
Februar 2022
Måned
Uke

Uke	Man.	Tin.	Ons.	Tor.	Fre.	Lør.	Sen.
5	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Prøve Ukeavgift - Spikk av v...	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig
6	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Prøve Ukeavgift - Spikk av v...	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig
7	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Prøve Ukeavgift - Spikk av v...	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig
8	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Prøve Ukeavgift - Spikk av v...	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig
9	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Prøve Ukeavgift - Spikk av v...	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig	Daglig - Daglig

Lokalitetsnummer: ██████████
Hs: 2,7 m
Vc: 1,01 m/s
Flåte: ██████████
Fartøy: ██████████
Driftsleder: ██████████
Assisterende driftsleder: ██████████
Utlepte sertifikater: ██████████
Arbeidsordre: Pågående 0
Anleggssertifikat
 Utløper: 09.04.2026

Kart

 Google Maps data ©2022 Terms of Use
 Legg til kartoversiktsbilde Ingen filer lagt til

Figur 4.13: Skjerm bilde av kalenderen til Mowi ved Valøyan i Aquacom

5 Evaluering av vedlikeholdsprogram på Midgard system

I dette kapitlet skal gruppen utvikle evalueringskriterier for å kunne besvare resultatmål 2: *Evaluere vedlikeholdsprogram på fiskemerden Midgard system*. Besvarelsen fraviker noe fra oppsettet i resultatmålet. Alle delmålene er besvart, men kulepunktene besvares sporadisk.

5.1 Utvikling av evalueringskriterier

2a. Utvikle evalueringskriterier for evaluering av vedlikeholdsprogram

Vedlikeholdsprogrammet som Mowi benytter i dag er et vedlikeholdsprogram utviklet av ScaleAQ. Vedlikeholdsprogrammet er beskrevet i brukerhåndbøkene for hver overordnede enhet. Spesielt viktig for oppdrettsnæringen er å følge myndighetskrav, deriblant *NS 9415*. I kapittel 2.1.2 kommer det fram at fiskeri og akvakultur ikke skal være ødeleggende for omgivelsene, og for å ikke overutnytte ressursene som er til stede. Et evalueringskriterie vil derfor være om vedlikeholdsprogrammet er utviklet i henhold til myndighetskrav.

Gruppen ønsker å se på om vedlikeholdsprogrammet bygger opp under vedlikeholdsstyringsløyfen. I Kapittel 2.3.2, kommer det fram at målet med vedlikeholdsstyringsløyfen er å ha alle elementene på plass, slik at løyfen er lukket. På denne måten vil vedlikeholdet fungere mest effektivt. En viktig forutsetning for et godt vedlikeholdsprogram er godt forankrede mål og strategier. Dette gir forståelse og retning for hva som ønskes oppnådd med vedlikeholdsprogrammet. Derfor vil det andre evalueringskriteriet være om vedlikeholdsprogrammet er utviklet med bakgrunn i mål og strategier.

Det tredje evalueringskriteriet vil være å se om det er brukt en vedlikeholdsmetodikk for å utvikle vedlikeholdsprogrammet, for eksempel RCM. Dersom det er brukt en vedlikeholdsmetodikk vil det være lettere å sammenligne med andre program. Det kan også øke troverdigheten, da det har teoretisk grunnlag.

Det fjerde evalueringskriteriet er å se om vedlikeholdsprogrammet er kompatibelt med et vedlikeholdsstyringssystem. Et vedlikeholdsstyringssystem gir struktur og oversikt over vedlikeholdet. Et vedlikeholdsstyringssystem med en modul med forebyggende vedlikehold gir en oversikt over hvilke vedlikeholdsaktiviteter som skal utføres til enhver tid, og samtidig gi en mulighet for å kvittere utført vedlikehold. Det er også et krav fra *NS 9415* at brukerhåndbøker, og dermed ScaleAQs vedlikeholdsprogram, skal foreligge elektronisk.

Det siste evalueringskriteriet er om vedlikeholdsprogrammet kan oppdateres. Vedlikeholdsstyringsløyfen sier at vedlikeholdsprogrammet hele tiden må forbedres. Ved å gjøre vedlikeholdsprogrammet oppdaterbart vil det være kompatibelt med vedlikeholdsstyringsløyfen.

Det er dermed utarbeidet følgende evalueringskriterier:

1. Er vedlikeholdsprogrammet utviklet i henhold til myndighetskrav?
2. Er vedlikeholdsprogrammet utviklet med bakgrunn i mål og strategier som er godt forankret?
3. Er en vedlikeholdsmetodikk brukt til å utvikle vedlikeholdsprogrammet?
4. Er vedlikeholdsprogrammet kompatibelt med et vedlikeholdsstyringssystem?
5. Kan vedlikeholdsprogrammet oppdateres?

Kriteriet for at vedlikeholdsprogrammet skal vurderes som egnet er om alle fem evalueringskriteriene er oppfylt. Med dette menes at kriteriene får svar *Ja*.

5.2 Evaluering av vedlikeholdsprogram hos Mowi

2b. Ut ifra evalueringskriteriene i 2a. evaluere vedlikeholdsprogrammet som finnes hos Mowi

Siden Mowi tar utgangspunkt i vedlikeholdsprogrammet fra brukerhåndbøkene til ScaleAQ, vil det være lite relevant å evaluere vedlikeholdsprogrammet spesifikt hos Mowi. Vedlikeholdsprogrammet vil derfor kun bli evaluert under Kapittel 5.3. De to siste evalueringskriteriene vil derimot bli evaluert, da dette er noe som kan evalueres.

Hos Mowi skjer implementeringen av brukerhåndbøkene gjennom vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom. Det gjennomføres opplæring av vedlikeholdsprogrammet som står i brukerhåndbøkene. Vedlikeholdsprogrammet er dermed kompatibelt med et vedlikeholdsstyringssystem.

Vedlikeholdsprogrammet kan oppdateres, men Mowi kan ikke gjøre dette på egenhånd. Mowi må ta kontakt med ScaleAQ dersom de ønsker å gjøre endringer eller tilpasninger på vedlikeholdsprogrammet.

5.3 Evaluering av vedlikeholdsprogram laget av ScaleAQ

2c. Evaluering av vedlikeholdsprogrammet på Midgard system hos ScaleAQ

Tabell 5.1 viser vurdering av evalueringskriteriene i vedlikeholdsprogrammet hos ScaleAQ.

Evalueringskriterie	Vurdering
1. Er vedlikeholdsprogrammet utviklet i henhold til myndighetskrav?	Ja. I Kapittel 2.1.2 kommer det fram at <i>NS 9415</i> kommer med krav til hva brukerhåndbøkene skal inneholde. Brukerhåndbøkene oppgir at de er laget i henhold til denne standarden. Siden vedlikeholdsprogrammet er oppført i brukerhåndbøkene vil også dette følge myndighetskrav
2. Er vedlikeholdsprogrammet utviklet med bakgrunn i mål og strategier som er godt forankret?	Delvis. ScaleAQ har gjennom myndighetskrav et mål om å forhindre rømning av fisk. Inntrykket til gruppen er at de ikke har andre godt forankrede mål og strategier knyttet direkte til vedlikeholdet
3. Er en vedlikeholdsmetodikk brukt til å utvikle vedlikeholdsprogrammet?	Ja. Brukerhåndbøkene er utviklet ved hjelp av risikovurdering (RBI) på konseptnivå og enhetsnivå. Risikovurderingene er gjennomgått sammen med sertifiseringsfirma. Det er også brukt historikk fra hendelser som har skjedd på den overordnede enheten
4. Er vedlikeholdsprogrammet kompatibelt med et vedlikeholdsstyringssystem?	Ja. I Kapittel 4.7 kommer det fram at vedlikeholdsprogrammet er lagt til rette for å ha inn i et vedlikeholdsstyringssystem. Programmet er også lagt elektronisk
5. Kan vedlikeholdsprogrammet oppdateres?	Ja. I Kapittel 4.7 kommer det fram at ScaleAQ vil betrakte innspill fra brukerne av vedlikeholdsprogrammet for å oppdatere dette. Brukerhåndbøkene kan endres, men man må alltid overholde relevante standarder

Tabell 5.1: Vurdering av evalueringskriteriene i vedlikeholdsprogrammet hos ScaleAQ

6 Gjennomføringen av RCM-analysen

I dette kapitlet skal gruppen presentere gjennomføringen av RCM-analysen. Gjennomføringen baserer seg på Figur 3.1 som ble beskrevet i Kapittel 3.3. Kapitlet er bygd opp etter stegene fra denne figuren.

Gruppen har laget en brukermanual som ligger vedlagt i Vedlegg A.2. Den ble laget for å gi brukerne en innføring av analysen.

6.1 Igangsetting og planlegging

Det første steget i RCM-prosessen, igangsetting og planlegging, ble utarbeidet før analysegruppen møttes for å gjennomføre en FMECA. Hvem som i denne oppgaven utgjorde analysegruppen står beskrevet i Kapittel 6.1.3.

6.1.1 Grenser og mål for analysen

Bakgrunn for analysen

Mowi har i dag lite analyser av Midgard system, og ønsket derfor en RCM-analyse av dette systemet som skal føre til et vedlikeholdsprogram. Mowi ønsket å tilegne seg kunnskap om bakgrunnen for, og gjennomføringen av en RCM-analyse gjennom denne oppgaven. Det var i tillegg ønske om at vedlikeholdsprogrammet som foreslås skulle utfordre og kvalitetssikre det som finnes av vedlikeholdsprogram i dag.

Risiko/kritikalitetsvurderinger utarbeidet for oppgaven

Figur 6.1 viser oppsettet av kritikalitetsklassene som ble brukt i FMECA. Denne figuren ble brukt i tillegg til konsekvensmatrisen, som vises i Figur 6.2. Først ble sviktene tildelt en konsekvensverdi fra 1-4 for kategoriene *personsikkerhet*, *rømningsfare* og *fiskevelferd*. Basert på tildelt konsekvensverdi ble det bestemt en endelig kritikalitet for svikten. Denne ble bestemt ved at den høyeste konsekvensverdien ble gjeldende. Ut ifra dette fikk svikten en kritikalitet som tilsvarer enten lav, middels eller høy.

Figur 6.1 og Figur 6.2 er utarbeidet av gruppen for bruk i denne oppgaven.

Kritikalitetsklasse	
Konsekvens	Kritikalitet
1	LAV
2-3	MIDDELS
4	HØY

Figur 6.1: Figur som viser kritikalitetsklassene som ble brukt under gjennomføring av RCM-analysen

Konsekvensmatrise				
	Ubetydelig konsekvens	Moderat konsekvens	Stor konsekvens	Alvorlig konsekvens
	1	2	3	4
Personsikkerhet	Ingen skade	Lettere skader	Store skader	Død
Rømningsfare	Liten rømningsfare	Moderat rømningsfare	Stor rømningsfare	Svært stor rømningsfare
Fiskevelferd	God fiskevelferd	En viss fare for dårlig fiskevelferd	Dårlig fiskevelferd	Svært dårlig fiskevelferd

Figur 6.2: Figur som viser konsekvensmatrisen som ble brukt under gjennomføring av RCM-analysen

Retningslinjer for gjennomføring av analysen

- *Delvis bortfall av funksjon* defineres i oppgaven som at enheten utfører sin funksjon, men med redusert evne
- *Total bortfall av funksjon* defineres i oppgaven som at enheten fullstendig mister sin mulighet til å utføre funksjonen
- *Total bortfall av funksjon til flere enheter* defineres i oppgaven som at flere av den samme enheten mister sin mulighet til å utføre funksjonen
- *Synlig svikt* defineres i oppgaven som svikt som kan oppdages på daglig sjekk, og/eller er åpenbare
- *Skjult svikt* defineres i oppgaven som svikt som ikke kan oppdages på daglig sjekk
- Ønske fra Mowi om at vinsj defineres som én enhet

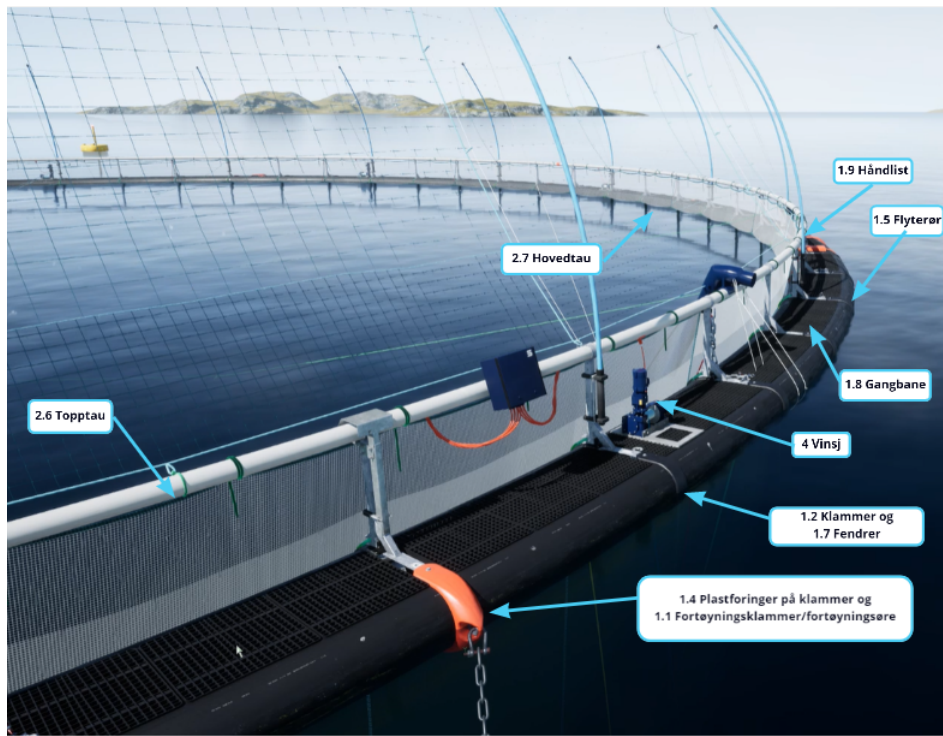
6.1.2 Beskrivelse av system

Midgard system er systemet det ble utført en RCM-analyse på. Midgard system er beskrevet nærmere i Kapittel 4.1. Midgard system består av flytekrage og not. Etter forespørsel fra Mowi ble det også inkludert bunnring og vinsj i analysen. Analysen skulle derfor ta for seg de overordnede enhetene flytekrage, not, bunnring og vinsj. Det er enheter som inngår i disse overordnede enhetene som skal analyseres i RCM-analysen. Valg av enheter er basert på tegninger av systemet, enhetsbeskrivelser og samtaler med Mowi og ScaleAQ. Tabell 6.1 viser hvilke enheter som inngår i analysen.

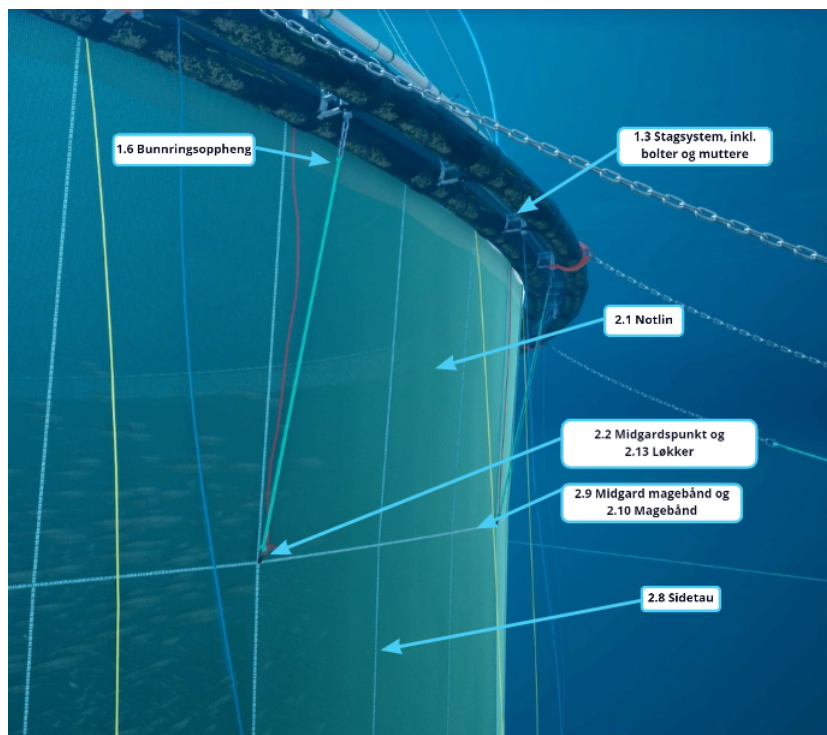
Overordnet enhet	Enhetnummer og enhetsnavn
1. Flytekrage	1.1 Fortøyningsklammer/fortøyningsøre 1.2 Klammer 1.3 Stagsystem inkl. bolter og muttere 1.4 Plastforinger på klammer 1.5 Flyterør 1.6 Bunnringsoppheng 1.7 Fendrer 1.8 Gangbaner 1.9 Håndlist
2. Not	2.1 Notlin 2.2 Midgardspunkt 2.3 Løftetau 2.4 Dødfisksystem (lift up) 2.5 Gyro - senterring i bunn av not 2.6 Topptau 2.7 Hovedtau 2.8 Sidetau 2.9 Midgard magebånd 2.10 Magebånd 2.11 Bunntau 2.12 Krysstau i bunn 2.13 Løkker
3. Bunnring	3.1 Bunnringstamp 3.2 Bunnringsrør 3.3 Bunnringsklammer 3.4 Y-stroppeløsning
4. Vinsj	Vinsj defineres i oppgaven som én enhet

Tabell 6.1: Enheter på Midgard system som inngår i analysen

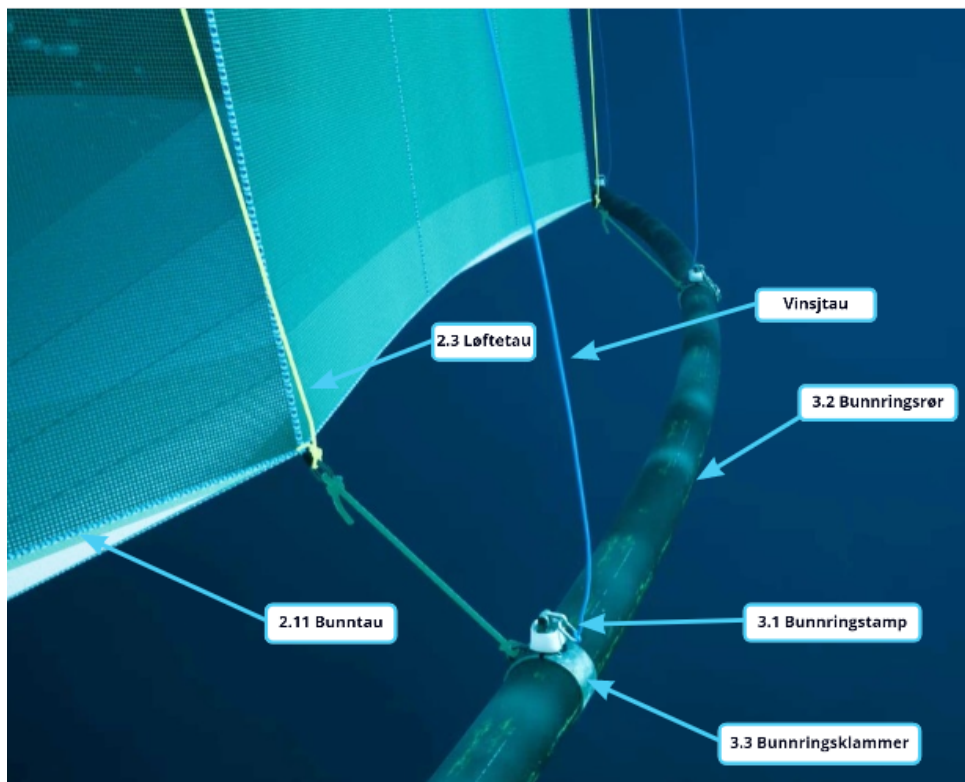
Figurene 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 og 6.7 viser bilder av enhetenes plassering på Midgard system. Gruppen har hentet bildene fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har også satt på navn og piler på alle bildene for å gi en oversikt over hvor enhetene befinner seg i Midgard system.



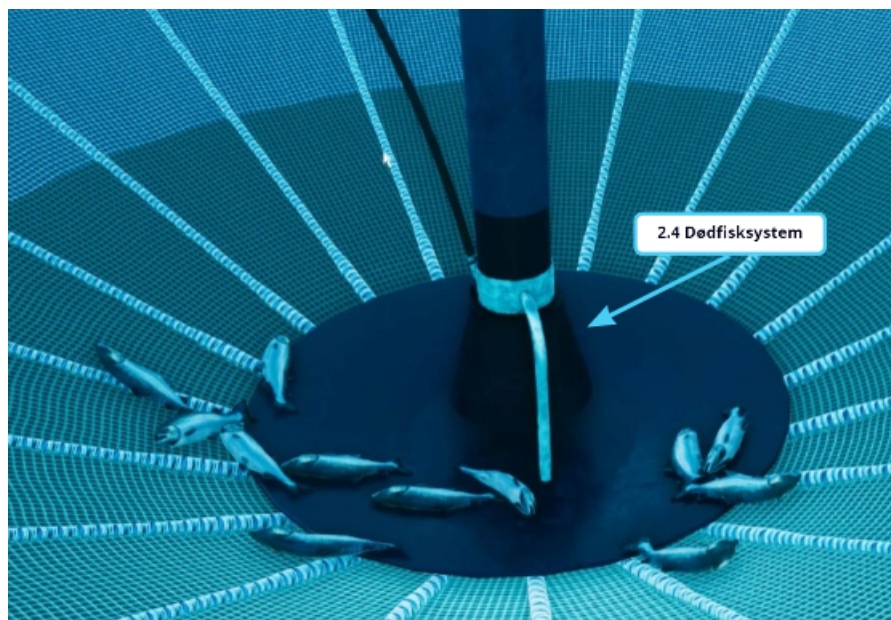
Figur 6.3: Figur som viser enhetenes plassering, del 1. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene



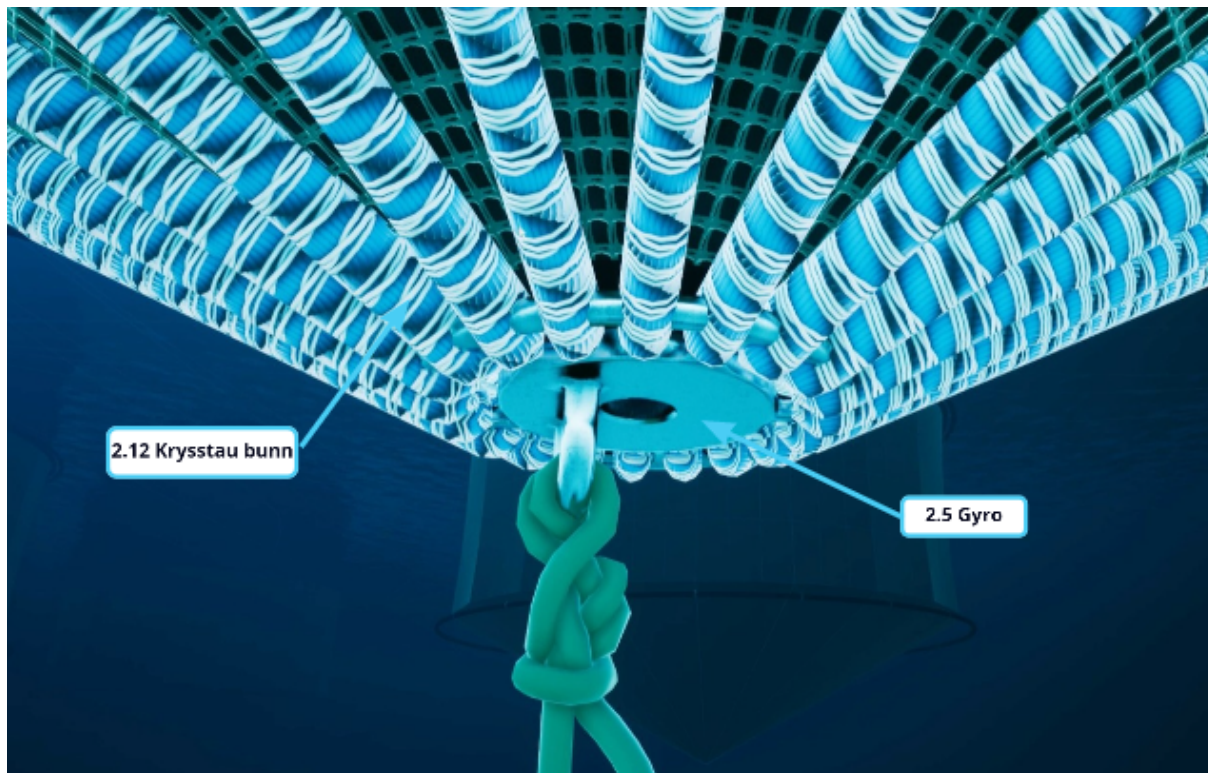
Figur 6.4: Figur som viser enhetenes plassering, del 2. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene



Figur 6.5: Figur som viser enhetenes plassering, del 3. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene



Figur 6.6: Figur som viser enhetenes plassering, del 4. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene



Figur 6.7: Figur som viser enhetenes plassering, del 5. Bildet er hentet fra animasjonsprogrammet til ScaleAQ, ScaleWorld. Gruppen har satt navn og piler på bildene

6.1.3 Beskrivelse av hvem som deltar på analysen

Under gjennomføring av RCM-analysen har det hovedsakelig vært gruppen som har deltatt. Unntaket er for steg to, der hensikten var å utføre en FMECA. Her deltok i tillegg to representanter fra Mowi og én representant fra ScaleAQ. Tabell 3.1 i Kapittel 3.3 viser hvilke kunnskaper og ferdigheter som det er ønskelig at analysegruppen besitter. Representantene fra Mowi har kunnskaper om begrensninger, kostnader og har i tillegg noe kjennskap til RCM. Representanten fra ScaleAQ har kunnskap om systemet og dens enheter.

Representanter fra Mowi: Operations manager og teknisk koordinator.

Representant fra ScaleAQ: VP product solutions.

6.1.4 Driftskontekst for enheter

Beskrivelse av hvordan systemet driftes og opereres

Midgard system brukes til oppdrett av laks. Systemet driftes både fra fjernt og nært. Det vil si at enkelte operasjoner innebærer styring fra datamaskin, mens andre operasjoner innebærer at operatørene fysisk må på merden. Fiskemerden er utstyrt med kamera under vann. Dette gjør overvåkning av fisk mulig. I tillegg styres mating av fisk gjennom datamaskinen. Oppgaver som krever at operatøren er fysisk på merden er bl.a. inspeksjoner i forhold til sjekklister og telling av lus på fisken.

Funksjonen til systemet er oppdrett av fisk, fra smolt til den er slakteklar. Systemet skal også følge krav til sikkerhet og miljø. Systemets ytelse er slakteklar fisk som ikke har blitt utsatt for påkjenninger fra utstyr og miljø. I tillegg er det verdt å nevne funksjonene til de fire overordnede enhetene systemet kan deles inn i. Disse står ført inn i Tabell 6.2.

Enhet	Funksjon
Flytekrage	Oppdrift og utspiling
Not	Holde fisk avgrenset innenfor et område uten mulighet til rømning
Bunnring	Nedlodding og utspiling
Vinsj	Heve og senke bunnring

Tabell 6.2: Tabellen viser funksjonene til de overordnede enhetene

Standarder brukt på systemet

Standard *NS 9415* og *NYTEK-forskriften* blir i all hovedsak brukt på systemet. Disse ble presentert i Kapittel 2.1.2.

Miljøet systemet driftes i

Midgard system står i et miljø som gjør at det kreves en del av enhetene. Systemet står på sjøen året rundt. Dette betyr at de må tåle saltvann. I tillegg må de evne å stå i all slags vær. I og med at de står utendørs året rundt må den motstå regn, vind og snø. Bølger vil også være en faktor som spiller inn på sjøen. Under havoverflaten vil havstrømmer påvirke systemet. For dette systemet antas det at normale driftsforhold er alle forhold hvor operatørene fysisk kan oppholde seg på merden for å gjøre arbeidsoppgavene sine.

Tilgang til reservedeler

Det kom fram i Kapittel 4.2 at Valøyen har enkelte reservedeler liggende dersom noe skulle oppstå, som bl.a. vinsjtau. Fordelen for dette anlegget er at ScaleAQ har lager i nærheten. Reservedeler kan derfor være på plass innen kort tid, selv om delene ikke finnes på anlegget. Når det kommer til generasjonskontroller, vaskes merdene før de undersøkes grundig. Dette gir en status på hvilke deler som trengs, og som dermed skal bestilles.

6.2 Analysere funksjonssvikt

Steg to i gjennomføringen av RCM-analysen var å samle inn tilgjengelig data og analysere funksjonssvikt.

6.2.1 Samle inn og analysere tilgjengelig data

Data som ble samlet inn og analysert var tegninger, produktsertifikater og avvikshistorikk. Disse ble brukt under gjennomføring av FMECA og RCM. Dersom det underveis i gjennomføringen av analysen oppsto tvil rundt hvilke enheter som skulle analyseres, kunne disse dataene brukes for å tydeliggjøre dette.

6.2.2 Identifisere funksjon, funksjonssvikt, sviktmodus, svikteffekt og sviktkonsekvens

Etter at analysens omfang ble bestemt, ble det laget et oppsett for gjennomføringen av RCM. Oppsettet ble laget av gruppen i Excel, med inspirasjon fra standard *NEK EN IEC 60812* og boka *The RCM solution* av Nancy Regan.

Figurene 6.8, 6.9, 6.10 og 6.11 viser oppsettet av RCM-analysen som ble brukt i oppgaven. Kolonne 1-9 utgjør FMECA. Det var altså disse kolonnene som ble gjennomgått med analysegruppen og utgjorde steg 2.

1 Enhet		2 Hva er enhetens funksjoner, og våre krav til ytelse i dagens operasjonskontekst?	3 På hvilke måter kan den svikte i å oppfylle sine funksjoner? (uønsket tilstand)	4 Delvis/total bortfall av funksjon/total bortfall av funksjon til flere enheter?
Enhetsnummer	Enhetsnavn	Funksjon	Funksjonssvikt (tap av funksjon)	

Figur 6.8: Første del av kolonnene i RCM-analysen

5 Hva forårsaker hver funksjonssvikt? (rotårsak til uønsket tilstand)			6 Hva skjer når hver svikt inntreffer?
Sviktmodus	Sviktårsak	Sviktmekanisme	Effektbeskrivelse (Hva skjer når den svikter?)

Figur 6.9: Andre del av kolonnene i RCM-analysen

8 På hvilke måter er hver enkel svikt relevant? (Hvilke konsekvenser får det?)			9 Kritikalitet (basert på punkt 5)	10 Hva kan gjøres for å forutse eller oppdage hver enkelt svikt?	11 Hva kan gjøres for å forebygge svikt?
Personsikkerhet	Rømningsfare	Fiskevelferd	Kritikalitet	Vedlikeholdsaktivitet foreslått under gjennomgang av FMECA	Forebygging foreslått under gjennomgang av FMECA

Figur 6.10: Tredje del av kolonnene i RCM-analysen

12 Vedlikeholdsaktivitet	13 Vedlikeholdsintervall	14 Kommentar
Bestemt ut i fra beslutningstre	Ble utregnet i henhold til tabell	

Figur 6.11: Fjerde del av kolonnene i RCM-analysen

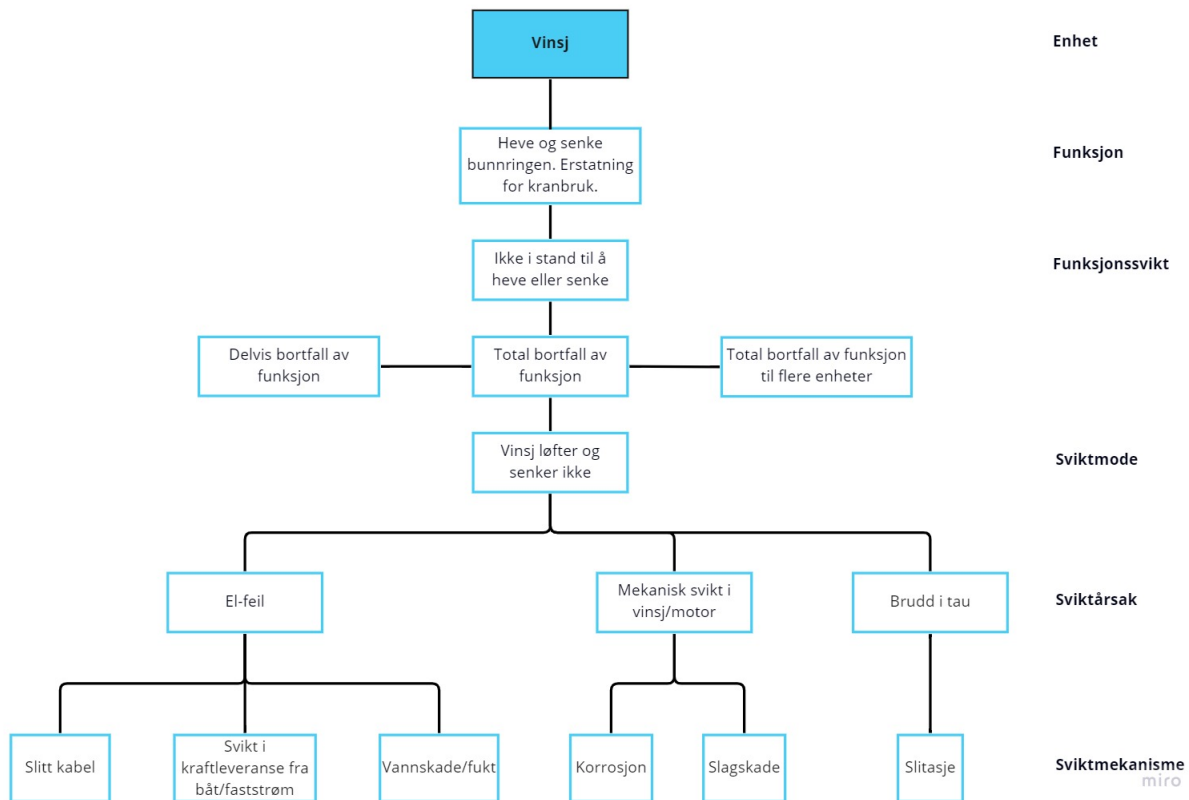
I Tabell 6.3 blir hver kolonne fra RCM-analysen forklart.

Kolonne	Forklaring
1. Enhet	Denne kolonnen viser enhetsnummer og enhetsnavn. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Enhetsnummer</i> ble gitt for å systematisere enhetene, og for å lettere kunne henwise til enhetene i analysen • <i>Enhetsnavn</i> er navnet på enheten som analyseres. Under enhetsnavn ble de overordnede enhetene flytekrage, not, bunnring og vinsj uthevet i fet skrift. Dette ble gjort for å understreke at enhetene som blir listet opp under den uthevede enheten tilhører denne
2. Funksjon	Beskriver enhetens funksjon. Med enhetens funksjon menes kravene enheten skal oppfylle i operasjonell tilstand, altså hva er det forventet at enheten skal kunne gjennomføre i drift
3. Funksjonssvikt	Funksjonssvikt skal forklare hvordan enheten kan svikte i å oppfylle sin funksjon
4. Delvis/total bortfall av funksjon/total bortfall av funksjon til flere enheter	I denne kolonnen blir det ført inn delvis bortfall av funksjon, total bortfall av funksjon eller total bortfall av funksjon til flere enheter. Dette gir en forklaring på hvorvidt sviktmodusen i neste kolonne forårsaker delvis eller total bortfall av funksjon
5. Årsak til funksjonssvikt	Årsak til funksjonssvikt er delt inn i tre kolonner. I disse tre kolonnene skal man se på hva som forårsaker denne funksjonssvikten. Dette blir gjort ved å se på henholdsvis sviktmodus, sviktårsak og sviktmekanisme <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sviktmodus</i> er hvordan enheten kan svikte i å oppfylle sin funksjon, og blir gjerne delt inn i totalt bortfall av funksjon og delvis bortfall av funksjon • <i>Sviktårsak</i> er hvorfor enheten svikter, altså årsaken til sviktmodusen • <i>Sviktmekanisme</i> er hvorfor sviktårsaken oppstår, hva som fører til at svikten oppstår
6. Effektbeskrivelse	I denne kolonnen beskrives hva som skjer når enheten svikter, altså hva blir konsekvensene av svikt i enheten
7. Skjult/synlig	Dette sier noe om hvorvidt enheten er skjult eller synlig

8. Konsekvens	Konsekvens er delt inn i tre ulike kategorier. Hver av disse kategoriene får en verdi fra 1-4. Kategoriene er: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Personssikkerhet</i> • <i>Rømningsfare</i> • <i>Fiskevelferd</i>
9. Kritikalitet	Kritikaliteten blir bestemt ut ifra den høyeste verdien som ble gitt kategoriene i konsekvenskolonnen
10. Forutse/oppdage svikt	Det som kommer fram i denne kolonnen er Mowi og ScaleAQ sine forslag på hva som kan bli gjort for å forutse eller oppdage svikten
11. Forebygge svikt	Det som kommer fram i denne kolonnen er Mowi og ScaleAQ sine forslag på hvilke tiltak som kan bli gjort for å forebygge svikt
12. Vedlikeholdsaktivitet	Her bestemmes vedlikeholdsaktivitet ut ifra beslutningstreet som ble presentert i Figur 2.7 i Kapittel 2.6
13. Oppgaveintervall	Her bestemmes intervall for vedlikeholdsaktivitet. Hvordan intervallet regnes ut baserer seg på hvilken vedlikeholdsaktivitet en enhet får. Framgangsmåtene for å beregne intervall presenteres i Kapittel 2.6
14. Kommentar	Her kan brukerne av analysen legge inn kommentarer til enheten/svikten dersom det er noe man må ta hensyn til

Tabell 6.3: Forklaring av kolonnene i RCM-analysen

Figur 6.12 viser et eksempel på hvordan total bortfall av funksjon til enheten 4 *Vinsj* blir vurdert i analysen. Figuren er ment som et hjelpemiddel for å tydeliggjøre og forstå hva som menes med ulike begreper brukt under gjennomføringen av FMECA i RCM-analysen.



Figur 6.12: Figur med eksempel på hvordan en svikt hos enheten 4 Vinsj blir vurdert i FMECA. Figuren er laget av gruppen

I Figur 6.13 og Figur 6.14 framkommer det hvordan eksempelet i Figur 6.12 ble ført inn i RCM-analysen. I rapporten kommer gruppen til å vise fram kun ett eksempel fra én enhet i RCM-analysen. Dette for å gjøre rapporten mer oversiktlig og lettere å lese. RCM-analysen for samtlige enheter analysert er lagt ved oppgaven som vedlegg.

1 Enhet		2 Hva er enhetens funksjoner, og våre krav til ytelse i dagens operasjonskontekst?	3 På hvilke måter kan den svikte i å oppfylle sine funksjoner? (uønsket tilstand)	4 Delvis/total bortfall av funksjon/total bortfall av funksjon til flere enheter?
Enhetsnummer	Enhetsnavn	Funksjon	Funksjonssvikt (tap av funksjon)	
4	Vinsj	Heve og senke bunnringen. Erstatning for kranbruk.	Ikke i stand til å heve eller senke	Total bortfall av funksjon

Figur 6.13: Første del av RCM-analysen med et eksempel på vurdering av enheten 4 Vinsj

5 Hva forårsaker hver funksjonssvikt? (rotårsak til uønsket tilstand)			6 Hva skjer når hver svikt inntreffer?	7 Er svikt skjult eller synlig?
Sviktmodus	Sviktårsak	Sviktmekanisme	Effektbeskrivelse (Hva skjer når den svikter?)	Skjult/synlig
Vinsj løfter og senker ikke	Elektrisk feil	Slitt kabel	Vinsjen er ikke i stand til å heve eller senke bunnringen. Dette fører til ujevn heving og loring. Må kanskje sette inn kran for å løfte/lore bunnring, som gir økt konsekvens for personsikkerhet.	Skjult
		Svikt i kraftleveranse fra båt/faststrøm	Vinsjen er ikke i stand til å heve eller senke bunnringen. Dette fører til ujevn heving og loring. Må kanskje sette inn kran for å løfte/lore bunnring, som gir økt konsekvens for personsikkerhet.	Skjult
		Vannskade/fukt	Vinsjen er ikke i stand til å heve eller senke bunnringen. Dette fører til ujevn heving og loring. Må kanskje sette inn kran for å løfte/lore bunnring, som gir økt konsekvens for personsikkerhet.	Skjult
	Mekanisk svikt i vinsj/motor	Korrosjon	Vinsjen er ikke i stand til å heve eller senke bunnringen. Dette fører til ujevn heving og loring. Må kanskje sette inn kran for å løfte/lore bunnring, som gir økt konsekvens for personsikkerhet.	Synlig
		Slagskade	Vinsjen er ikke i stand til å heve eller senke bunnringen. Dette fører til ujevn heving og loring. Må kanskje sette inn kran for å løfte/lore bunnring, som gir økt konsekvens for personsikkerhet.	Synlig
	Brudd i tau	Slitasje	Vinsjen er ikke i stand til å heve eller senke bunnringen. Dette fører til ujevn heving og loring. Må kanskje sette inn kran for å løfte/lore bunnring, som gir økt konsekvens for personsikkerhet.	Skjult

Figur 6.14: Andre del av RCM-analysen med et eksempel på vurdering av enheten 4 Vinsj

6.3 Oppgavevalg

Det tredje steget i RCM-prosessen omhandler oppgavevalg. Dette innebærer å evaluere svikt-konsekvenser, tildele vedlikeholdsaktivitet og beregne oppgaveintervall.

6.3.1 Evaluere sviktkonsekvenser

Konsekvensverdiene i kategoriene *personsikkerhet*, *rømningsfare* og *fiskevelferd* ble tildelt ut ifra konsekvensmatrisen fra Figur 6.2 i Kapittel 6.1.1. Kritikalitetsverdien utgjør da enten lav, middels eller høy, som man kan se i Figur 6.1 i Kapittel 6.1.1.

I Figur 6.15 vises et eksempel på hvordan kritikalitetsvurderingen ble ført i RCM-analysen. Dette er en videreføring av eksempelet brukt i figurene 6.13 og 6.14 i Kapittel 6.2.2 som gjelder enhet 4 *Vinsj*.

8 På hvilke måter er hver enkel svikt relevant? (Hvilke konsekvenser får det?)			9 Kritikalitet (basert på punkt 5)
Persnsikkerhet	Rømningsfare	Fiskevelferd	Kritikalitet
2	1	2	Middels
2	1	2	Middels
2	1	2	Middels
2	1	2	Middels
2	1	2	Middels
2	1	2	Middels

Figur 6.15: Eksempel på hvordan kritikalitetsvurderingen ble ført inn i RCM-analysen

6.3.2 Velge den mest hensiktsmessige og effektive strategien for svikthåndtering

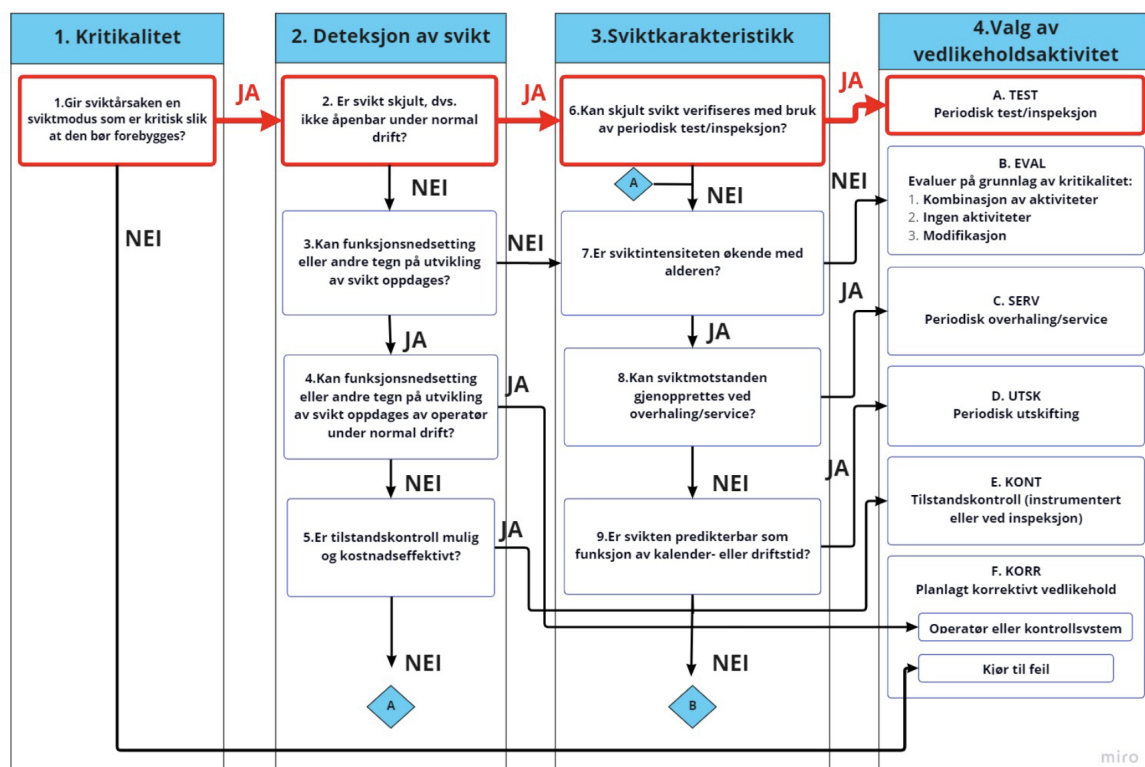
I denne oppgaven blir enheter med middels og høy kritikalitet regnet for å være kritisk, mens enheter med lav kritikalitet blir regnet for å ikke være kritisk.

Figur 2.7 i Kapittel 2.6 viser framgangsmåten brukt i oppgaven for å finne den mest effektive vedlikeholdsaktiviteten for enhet 4 Vinsj. Denne prosessen ble repetert med hver svikt i RCM-analysen. Informasjonen til å svare på spørsmålene i hvert steg i figuren, ble hentet fra FMECA.

For enhet 4 Vinsj ble vedlikeholdsaktivitet valgt på følgende måte for sviktårsaken *brudd i tau*:

1. **Er svikten kritisk?** I RCM-analysen har brudd i tau på vinsj medium kritikalitet, noe som medfører at JA svikten er kritisk
2. **Er svikten skjult?** JA, for brudd i tau er svikten skjult
3. **Kan skjult svikt verifiseres med bruk av periodisk test/inspeksjon?** JA, svikt kan verifiseres med inspeksjon
4. **A - Periodisk test/inspeksjon**

Framgangsmåten vises også i Figur 6.16.



Figur 6.16: Eksempel på hvordan beslutningstreet ble brukt for å finne vedlikeholdsaktivitet til sviktårsak brudd i tau for enhet 4 Vinsj. Figuren er laget av gruppen, men inspirert av kompendiet *Kompendium i drift og vedlikehold* av Per I. Bye [5]

6.3.3 Intervall for håndtering av svikt

Gruppen fikk oversendt all avvikshistorikk rundt vedlikehold fra Valøyen som ligger i Aquacom. Det var få oppførte avvik, noe som gjorde det utfordrende å bestemme oppgaveintervall. Det var noen flere dokumenterte avvik rundt røket vinsjtau, og derfor vil gruppen ta for seg denne sviktårsaken for å vise framgangsmåte for hvordan man kan bestemme intervall. Videre i oppgaven omtales røket vinsjtau som *brudd i vinsjtau*, da dette er det som er brukt i RCM-analysen.

Siden svikten *brudd i vinsjtau* fikk vedlikeholdsaktivitet *A - Periodisk test/inspeksjon* fra RCM-analysen, vil det i dette kapitlet estimeres et tidsintervall for periodisk test/inspeksjon. I Kapittel 11.2 vil gruppen komme med eksempel for utregningen av intervall for vedlikeholdsaktivitet *C - Periodisk overhaling/service*, *D - Periodisk utskifting* og *E - tilstandskontroll* ved bruk av avvikshistorikken rundt *brudd i vinsjtau* for enhet 4 *Vinsj*. Dette blir gjort for å vise hvordan intervall kan settes for de andre vedlikeholdsaktivitetene.

Gruppen har, ut ifra oversendt avvikshistorikk fra Valøyen, sammenfattet avvikene for *brudd i vinsjtau* i Tabell 6.4. Tid til svikt regnes mellom hver gang den samme svikten inntreffer. Det forutsettes at det ikke har blitt gjort forebyggende vedlikehold på enheten før den sviktet.

Avvik	Tid til svikt
Brudd i vinsjtau	9 måneder
Brudd i vinsjtau	9 måneder
Brudd i vinsjtau	9 måneder
Brudd i vinsjtau	9 måneder
Brudd i vinsjtau	9 måneder
Brudd i vinsjtau	9 måneder

Tabell 6.4: Tabell som viser dokumenterte avvik på enhet 4 *Vinsj* og tid til svikt

For å beregne midlere tid til svikt (MTTF), ble formelen for MTTF brukt, samt informasjonen som ble presentert i Tabell 6.4. Formelen for MTTF står beskrevet i Kapittel 2.7.1, Formel 2.1. Beregningen av MTTF på enhet 4 *Vinsj*, vises i Ligning 6.1.

$$\begin{aligned} MTTF &= \frac{\text{Operasjonell tid}}{\text{Antall enheter}} \\ &= \frac{9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9}{6} = 9 \end{aligned} \tag{6.1}$$

MTTF blir da 9 måneder.

For å finne intervall for *brudd i vinsjtau*, ble formlene 2.2 og 2.3 som ble presentert i Kapittel 2.7.2 benyttet. For å bruke denne formelen trengs MFDT (midlere nedetid). Gruppen estimerte at det tar én dag å reparere svikten. Det vil si at MFDT = 1 dag = 1/30 måned.

For å bruke Formel 2.2 måtte også svikraten lambda regnes ut. Lambda ble i dette tilfellet:

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{9} = 0,11 \tag{6.2}$$

Intervallet ble da:

$$\text{Intervall} = \frac{(2 * \frac{1}{30})}{0,11} = 0,6 \tag{6.3}$$

Intervallet for vedlikeholdsaktivitet *A - periodisk test/inspeksjon* for enhet 4 *Vinsj* ble dermed hver 0,6 måned, som tilsvarer hver 18. dag.

6.4 Implementering

Det fjerde steget i RCM-prosessen omhandler implementering av vedlikeholdsprogram.

6.4.1 Identifisere detaljer om vedlikeholdsoppgaver

For å utføre vedlikehold kreves personell med god kompetanse, og som har fått den opplæringen som kreves for å gjennomføre vedlikeholdet. Basert på gruppens oppfatning av Mowi kreves ingen kompetanse eller verktøy utover det som allerede finnes i bedriften. For store vedlikeholdsoperasjoner blir andre firma innleid til å gjennomføre vedlikeholdet. Firma som gjennomfører vedlikehold må sertifiseres av ScaleAQ. Det blir derfor antatt at riktig kompetanse er på plass.

6.4.2 Implementere andre handlinger

Standardisering av arbeid kan vurderes å implementeres. Dette innebærer bl.a. standardiserte prosedyrer og verktøy. På denne måten kan prosedyrene gjelde for alle Mowis anlegg med samme type utstyr.

I dag finnes ikke mye reservedeler ved Valøyan. Dette er heller ikke behøvelig da ScaleAQ har lager i nærheten. For andre oppdrettsanlegg kan det være fordel å bruke kritikalitetsvurderingen i oppgaven til å oppdatere reservedelslageret.

6.4.3 Rasjonalisere intervall

Rasjonalisering av intervall handler om å samle intervall på vedlikeholdsaktivitetene til samme periode. Vedlikeholdsprogrammet blir enklere å forholde seg til dersom forholdsvis like intervall for de forskjellige vedlikeholdsaktivitetene blir justert slik at de blir gjennomført samtidig. I tillegg kan det være enklere å forholde seg til intervall som kommer daglig, ukentlig, månedlig og årlig.

Et eksempel på hvordan dette kan gjennomføres er ved å benytte intervallet for sviktårsaken *brudd i vinsjtau*. Dette ble regnet ut i Kapittel 6.3.3 til å være 18 dager. For å rasjonalisere dette kan intervallet gjøres om til 14 dager, altså annenhver uke, eller 21 dager, altså hver tredje uke. Gruppen velger å rasjonalisere intervallet til 14 dager. Dette vil diskuteres nærmere i Kapittel 9.4.5.

Figur 6.17 viser hvordan de siste kolonnene i RCM-analysen føres i Excel-dokumentet. Siste rad i figuren viser sviktårsaken *brudd i vinsjtau* for enhet 4 *Vinsj*.

10 Hva kan gjøres for å forutse eller oppdage hver enkelt svikt?	11 Hva kan gjøres for å forebygge svikt?	12 Vedlikeholdsaktivitet	13 Vedlikeholdsintervall	14 Kommentar
Vedlikeholdsaktivitet foreslått under gjennomgang av FMECA	Forebygging foreslått under gjennomgang av FMECA	Bestemt ut i fra beslutningstre	Ble utregnet i henhold til tabell	
Grundige inspeksjoner	Funksjonstest for å avdekke feil. Følg brukerhåndbok.	A - Periodisk test/inspeksjon	-	Mer kritisk dersom flere vinsjer svikter.
Grundige inspeksjoner	Funksjonstest for å avdekke feil. Følg brukerhåndbok.	A - Periodisk test/inspeksjon	-	Mer kritisk dersom flere vinsjer svikter.
Grundige inspeksjoner	Funksjonstest for å avdekke feil. Følg brukerhåndbok.	A - Periodisk test/inspeksjon	-	Mer kritisk dersom flere vinsjer svikter.
Grundige inspeksjoner	Funksjonstest for å avdekke feil. Følg brukerhåndbok.	C - Periodisk overhaling/service	-	Svikten er synlig, men vanskelig å inspisere på daglig inspeksjonsrunde. Mer kritisk dersom flere vinsjer svikter.
Grundige inspeksjoner	Funksjonstest for å avdekke feil. Følg brukerhåndbok.	F - Planlagt korrektivt vedlikehold. (Operatør- eller kontrollsystemovervåking)	Ingen intervall, kjøres til svikt	Svikten er synlig, men vanskelig å inspisere på daglig inspeksjonsrunde. Mer kritisk dersom flere vinsjer svikter.
Grundige inspeksjoner	Funksjonstest for å avdekke feil. Følg brukerhåndbok.	A - Periodisk test/inspeksjon	14 dager	Mer kritisk dersom flere vinsjer svikter.

Figur 6.17: Hvordan de siste kolonnene i RCM-analysen føres opp, basert på de siste delkapitlene

Kolonne 12 og 13 i RCM-analysen utgjør vedlikeholdsprogrammet som ble utarbeidet i oppgaven.

6.5 Kontinuerlig forbedring

Det femte og siste steget i RCM-prosessen omhandler kontinuerlig forbedring. I Kapittel 3.3 kommer det fram at dette steget er utenfor oppgavens omfang, men en viktig del av RCM-prosessen. Gruppen vil derfor komme med anbefalinger for dette steget i Kapittel 11.

7 Etablering av suksesskriterier og suksessfaktorer

I dette kapitlet skal gruppen ta for seg suksesskriterier og suksessfaktorer som kan være aktuelle for Mowi for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram på Midgard system. Kapitlet vil besvare resultatmål 4: *Suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram.*

7.1 Etablering av suksesskriterier

4b. Etablere suksesskriterier

Gode suksesskriterier bør ha måltall eller KPI'er. Dette innebærer et tall som angir en størrelse eller en verdi. Det er altså noe som kan måles. Måltall er avgjørende da det viser om kriteriet er oppnådd og kan defineres som en suksess. Følgende suksesskriterier bør vurderes av Mowi for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram:

- Etablere optimalt vedlikeholdsprogram som er mest kvalitets- og kostnadseffektiv
 - *Eksempel på oppnåelse av suksess:* Redusere vedlikeholdskostnadene med 5%
- Utfordre og kvalitetssikre vedlikeholdsprogram gitt av ScaleAQ
 - *Eksempel på oppnåelse av suksess:* Forlenge intervall for vedlikeholdsaktivitetene med 10%
- Personellet som utfører vedlikeholdet sin oppfatning av vedlikeholdsprogrammet
 - *Eksempel på oppnåelse av suksess:* 75% av personellet stiller seg positiv til vedlikeholdsprogrammet

7.1.1 Etablere optimalt vedlikeholdsprogram som er mest kvalitets- og kostnads-effektiv

Et optimalt vedlikeholdsprogram er et vedlikeholdsprogram som underbygges av vedlikeholdsstyringsløyfen, hvor mengden vedlikehold som utføres er nok til å opprettholde påliteligheten til en enhet. Det utføres ikke for mye vedlikehold, men heller ikke for lite. Samtidig er det kvalitet på vedlikeholdet som utføres, i tillegg til at det utføres til en lavest mulig kostnad. En god balanse mellom mengden av vedlikehold, kvalitet og kostnader er målet.

Kvalitet på vedlikeholdet sikres ved god opplæring av personell som skal utføre vedlikeholdet. Opplæringen bør gjøres av en person med god kunnskap om systemet og dens enheter. I tillegg bør denne personen ha inngående kunnskap om hvorfor vedlikehold er viktig og kommunisere dette til de som læres opp.

For at dette suksesskriteriet skal kunne brukes bør det settes måltall. Dette kan gjøres knyttet til kostnader. Mowi kan føre kostnader knyttet til dagens vedlikeholdsprogram og hvordan det gjennomføres. Ved å utføre en RCM-analyse kan de få et vedlikeholdsprogram som utføres på en annen måte. Et mål kan være å redusere kostnadene med for eksempel 5% med det nye vedlikeholdsprogrammet. Klarer Mowi å redusere kostnadene med den prosenten de har satt, er målet nådd og kan defineres som en suksess. Mowi kan da velge å prøve og redusere kostnader knyttet til alt vedlikeholdsarbeid som utføres. Eventuelt kan det være aktuelt å kun se på korrektivt vedlikehold eller forebyggende vedlikehold.

7.1.2 Utfordre og kvalitetssikre vedlikeholdsprogram gitt av ScaleAQ

Et av Mowi sine ønsker med oppgaven var å utfordre og kvalitetssikre vedlikeholdsprogrammet som benyttes på Midgard system i dag. Det kan derfor være aktuelt å sette dette som et suksesskriterie. Dersom Mowi vil gjøre endringer på vedlikeholdsprogrammet gitt i brukerhåndbøkene må de alltid kontakte ScaleAQ angående dette. Et kriterie for suksess kan dermed være å utføre en så god RCM-analyse at ScaleAQ kan kontaktes angående vedlikeholdsprogrammet. Det trenger ikke nødvendigvis å være endringer av vedlikeholdsprogrammet. En god analyse gir rom for diskusjoner med ScaleAQ om hvorfor vedlikeholdet utføres som det gjør. Dette blir en form for kvalitetssikring av vedlikeholdsprogrammet, noe som er av verdi både for Mowi og ScaleAQ.

En måte å utfordre vedlikeholdsprogrammet på kan være å utvide intervallene for vedlikehold og inspeksjon, for å minke unødvendig ressursbruk. Altså ved å ikke gjennomføre mer vedlikehold eller inspeksjon enn det som trengs.

Et eksempel på et kriterie kan være å forlenge intervallet på vedlikeholdsaktivitetene med 10%. Dette vil gi Mowi et grunnlag for å utfordre vedlikeholdsprogrammet gitt av ScaleAQ. Suksess oppnås dersom intervallet, gjennom RCM-analyse, forlenges med 10%. Dette da med utgangspunkt i at kostnader og kvalitet på vedlikeholdet ikke vil forverres som følger av et lengre intervall.

7.1.3 Personellet som utfører vedlikeholdet sin oppfatning av vedlikeholdsprogrammet

Ingen har mer kontroll på tilstanden til enhetene på Midgard system enn personellet som jobber på merden. Et suksesskriterie kan derfor baseres på personellet sine meninger om vedlikeholdsprogrammet en viss tid etter implementering. Personellet trenger god tid til å gjøre seg opp en objektiv mening om vedlikeholdsprogrammet. Hvor lang tid avhenger av hvor store endringene fra nåværende vedlikeholdsprogram er. Ledelsen kan stille personellet spørsmål angående det nye vedlikeholdsprogrammet, der det oppfordres til objektive svar. Dette kan være spørsmål som:

1. Er det endringer i påliteligheten til enhetene?
2. Er det bra kvalitet på vedlikeholdet som gjennomføres?

Mowi kan sette seg et mål for å definere suksess. For eksempel kan suksess oppnås dersom 75% av personellet svarer positivt på spørsmålene som blir gitt.

7.2 Etablering av suksessfaktorer

4a. Etablere suksessfaktorer

I dette delkapitlet foreslås suksessfaktorer som kan være aktuelle for Mowi. Suksessfaktorene er steg på veien for å oppnå suksesskriteriene. Følgende suksessfaktorer bør vurderes av Mowi:

- Implementere vedlikeholdsstyringsløyfen
- Vedlikeholdsprogram utarbeides av personell med erfaring og kunnskap om vedlikehold
- God opplæring i gjennomføring av vedlikeholdet
- Forståelse om hvorfor vedlikehold er viktig
- Benytte seg av RCM-analyse til å kontinuerlig forbedre vedlikeholdsprogrammet
- Vedlikeholdsstyringssystem

7.2.1 Implementere vedlikeholdsstyringsløyfen

I Kapittel 2.3.2, kommer det fram at målet med vedlikeholdsstyringsløyfen er å ha alle elementene i løyfen på plass, slik at løyfen er lukket. På denne måten vil vedlikeholdet fungere mest effektivt. For å oppnå et optimalt vedlikeholdsprogram er det viktig at vedlikeholdsprogrammet bygger opp under vedlikeholdsstyringsløyfen. Løyfen sier noe om hvordan vedlikeholdsprogrammet skal planlegges og gjennomføres. Basert på dette blir en tilstand på enhetene gitt.

Tilstanden gir videre grunnlag for å eventuelt rapportere avvik, årsak til avvik og forbedrings tiltak basert på avvikene. Det oppstår da et behov som gir grunnlag for å se på hvilke ressurser organisasjonen besitter. Ut ifra ressursene defineres konkrete mål og strategier for vedlikeholdet. Mål og strategier til vedlikeholdet er viktig da det viser konkret hva som ønskes med vedlikeholdsprogrammet. I tillegg bør det være en klar sammenheng mellom mål og strategi. Strategien blir brukt for å oppnå målet. Er alle disse elementene på plass er løyfen lukket og det mest effektive vedlikeholdet kan oppnås. Når det mest effektive vedlikeholdet er oppnådd er det viktig å behandle vedlikeholdsprogrammet som et levende dokument, og å se på det som en kontinuerlig prosess.

7.2.2 Vedlikeholdsprogram utarbeides av personell med erfaring og kunnskap om vedlikehold

Dette punktet handler om å få en oversikt over hva som kreves for å utføre det foreslåtte vedlikeholdsprogrammet. Dette kan være oversikt over hvilken kompetanse som kreves for gjennomføring. Kreves ny kompetanse er det viktig å gi nødvendig opplæring. I tillegg er det viktig å få oversikt over eventuelle verktøy som kreves for gjennomføring slik at dette anskaffes før vedlikeholdsprogrammet implementeres.

Det er også viktig å sikre god forankring av mål og strategier knyttet til vedlikeholdet i bedriften. Dette innebærer at hele bedriften engasjerer seg i vedlikeholdet og vet tydelig hva det er ønskelig å oppnå. Dersom alle føler eierskap kan dette heve kvalitet på vedlikeholdet.

7.2.3 God opplæring i gjennomføring av vedlikeholdet

For å oppnå et vedlikehold med god kvalitet er det viktig med god opplæring av personellet som utfører vedlikeholdet. Opplæringen kan med fordel gis av en person med inngående kunnskaper om Midgard system og dens enheter. For å opprettholde god kvalitet på vedlikeholdet kan det gjennomføres oppfriskningskurs i utføring av vedlikehold. Dette kan for eksempel kjøres annen hvert år. Uten en form for oppfriskning kan det være en risiko for at kvaliteten på vedlikeholdet tapes over tid.

7.2.4 Forståelse om hvorfor vedlikehold er viktig

Forståelse om hvorfor vedlikeholdet gjøres og hvorfor det er viktig kan være med på å heve kvaliteten på vedlikeholdet. Det kan holdes kurs for de ansatte om hvorfor vedlikehold er viktig. Likt som med opplæringen i gjennomføring av vedlikeholdet kan det kjøres oppfriskningskurs. Disse kan gjerne kjøres samtidig.

7.2.5 Benytte seg av RCM-analyse til å kontinuerlig forbedre vedlikeholdsprogrammet

Mowi ønsket med denne oppgaven kunnskap om gjennomføringen og bakgrunnen for en RCM-analyse. Bruk og kjennskap til RCM er en viktig faktor for å oppnå et optimalt vedlikeholdsprogram, men også for å kunne utfordre og kvalitetssikre vedlikeholdsprogrammet gitt av ScaleAQ. Et viktig steg i en RCM-analyse er kontinuerlig forbedring. For å kontinuerlig forbedre er det en forutsetning at RCM-analysen blir gjennomført flere ganger.

7.2.6 Vedlikeholdsstyringssystem

Et godt vedlikeholdsstyringssystem gir struktur og en oversikt over vedlikeholdet. I teorien, Kapittel 2.3.1, vises hvilke elementer som er viktige for å finne det riktige vedlikeholdsstyringssystemet. Det er viktig at vedlikeholdsstyringssystemet har de riktige modulene. I den sammenheng er det viktig å utarbeide en god kravspesifikasjon på forhånd. I tillegg defineres ambisjonsnivå for vedlikeholdsstyringssystemet. Her kommer det klart fram behov og krav til vedlikeholdsstyringssystemet.

Et vedlikeholdsstyringssystem med modul for forebyggende vedlikehold kan gi en oversikt over hvilke vedlikeholdsaktiviteter som skal utføres til enhver tid. I tillegg er det muligheter for at personell kan kvittere utført vedlikehold. Dette gir en oversikt over hvilke aktiviteter som er utført og hvem som har utført de.

8 Resultat

I dette kapitlet skal gruppen presentere hovedfunn fra resultatmålene. Gruppen presenterer først funn fra ståstedsanalysen, og deretter evaluering av vedlikeholdsprogrammet. Til slutt presenteres resultat og funn fra RCM-analysen, samt suksesskriterier og suksessfaktorer.

8.1 Resultat av ståstedsanalysen

Resultat med hovedfunn fra ståstedsanalysen er presentert i Tabell 8.1.

Delmål	Hovedfunn
1. Gjennomføre ståstedsanalyse på eksisterende vedlikeholdskonsept	
1a. På Midgard system hos Mowi (slik det er i dag)	<ul style="list-style-type: none">• Anlegget ved Valøyen har noen reservedeler som for eksempel vinsjtau, men mer trengs ikke da ScaleAQ har kontor i nærheten• Personellet ved Valøyen har ikke kjennskap til mål og strategier knyttet direkte til vedlikeholdet, men vet at de følger myndighetskrav og <i>NYTEK-forskriften</i>• Personellet ved Valøyen har ikke kjennskap til om vedlikeholdstyringssløyfen er brukt i vedlikeholdet• Mowi har ikke mye handlingsrom rundt å endre vedlikeholdet, da de er pålagt å følge vedlikeholdsprogram fra brukerhåndbøkene av ScaleAQ. Dette blir gjennomført gjennom de periodiske sjekklisterne• Ved Valøyen gjennomfører de periodiske runder med visuell inspeksjon på merden• Små skader som oppdages kan repareres av personellet på anlegget, men ved større skader må ScaleAQ kontaktes• Generasjonskontroll blir gjennomført hver 24 måned
1b. På Midgard system hos ScaleAQ (anbefalt vedlikehold i håndbøker)	<ul style="list-style-type: none">• Hver overordnede enhet i Midgard system har egne vedlikeholds- og serviceplaner i brukerhåndbøkene• Brukerhåndbøkene må møte kravene satt i standard <i>NS 9415</i>• Brukerhåndbøkene inneholder informasjon om hvordan systemet og enhetene skal transporteres, håndteres, installeres, inspiseres og vedlikeholdes

<p>1c. Lage en kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på fiskemerden Midgard system (visualisering)</p>	<p>Delmålet beskriver hvordan vedlikeholdet periodiseres. Intervallene kan være:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daglig • Ukentlig • Månedlig • Hver 3. måned • Årlig • Generasjonskontroll (hvert 2.år)
<p>1d. På befaring; innhent data på rapportering av gjennomført vedlikehold/inspeksjon</p>	<p>Dette er blitt gjennomført</p>
<p>1e. Hvordan er rapporteringsrutinene hos Mowi? Dokumentasjon (vedlikehold, avvik)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mowi bruker vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom • Mowi bruker TQM Enterprise som avvikssystem
<p>1f. Hvordan mener ScaleAQ rutinene bør være? Dokumentasjon (vedlikehold, avvik)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ScaleAQ anbefaler å føre avvik og vedlikehold i et vedlikeholdsstyringssystem • ScaleAQ betrakter innspill fra kunder angående gjennomføring av vedlikehold og endring av design
<p>1g. Hvordan foregår opplæringen av vedlikeholdspersonell i implementering/bruk av vedlikeholdsprogrammet?</p>	<p>Driftssjef har ansvar for opplæring i bruk av vedlikeholdsprogrammet</p>

Tabell 8.1: Hovedfunn fra ståstedsanalysen

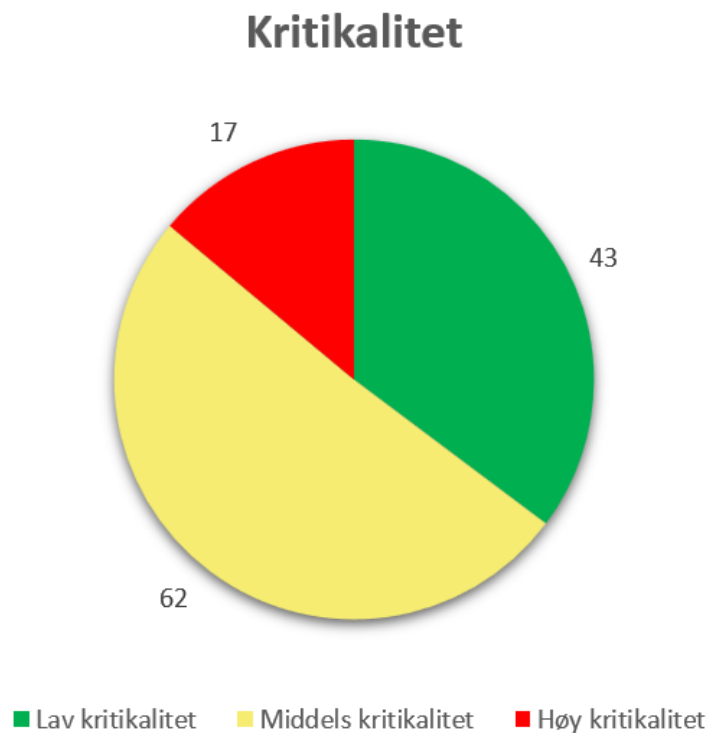
8.2 Evaluering av vedlikeholdsprogram

Ut ifra evalueringen gjort i Kapittel 5 er resultatet at eksisterende vedlikeholdsprogram er egnet.

8.3 Resultat fra RCM-analysen

Hovedresultatet fra RCM-analysen er selve analysen. Denne ligger vedlagt i Vedlegg A.1. Det ble totalt analysert 27 enheter i RCM-analysen, tilsammen 122 svikter.

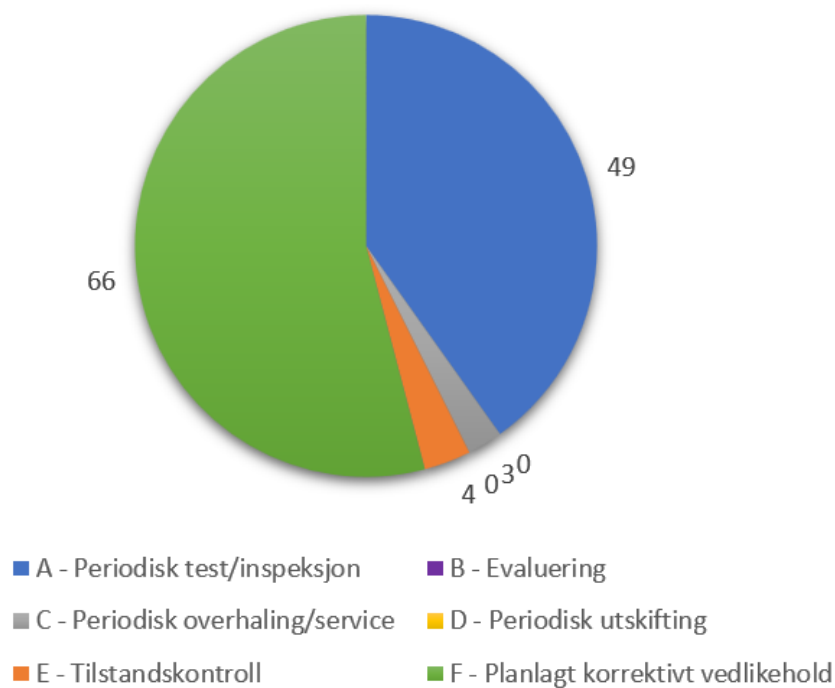
Videre vil det bli presentert hovedfunn fra RCM-analysen. Figur 8.1 er et sektordiagram som viser hvor mange av sviktene analysert i RCM-analysen har blitt tildelt de ulike kritikalitetene lav, middels eller høy. Antall svikter som fikk kritikalitet lav er 43, middels 62 og høy 17.



Figur 8.1: Oversikt over hvor mange svikter som fikk de ulike kritikalitetene i RCM-analysen

Figur 8.2 er et sektordiagram som viser hvor mange av sviktene som ble analysert i RCM-analysen som har fått de ulike vedlikeholdsaktivitetene fra Tabell 2.4 i Kapittel 2.6. Fra figuren kan man se at det er 49 svikter som har blitt tildelt vedlikeholdsaktivitet *A - Periodisk test/inspeksjon*, 0 svikter fikk *B - Evaluering*, 3 svikter fikk *C - Periodisk overhaling/service*, 0 svikter fikk *D - Periodisk utskifting*, 4 svikter fikk *E - Tilstandskontroll* og 66 svikter fikk *F - Planlagt korrektivt vedlikehold*.

Vedlikeholdsaktivitet



Figur 8.2: Oversikt over hvor mange svikter som fikk de ulike vedlikeholdsaktivitetene i RCM-analysen

Sviktmekanismene og/eller sviktårsakene som forekommer flest ganger i RCM-analysen er listet opp under:

- Slitasje
- Overlast
- Korrosjon
- Mekanisk skade/Eksterne krefter

8.4 Resultat fra suksesskriterier og suksessfaktorer

Resultat med hovedfunn fra suksesskriterier og suksessfaktorer er presentert i Tabell 8.2.

Suksesskriterier/ suksessfaktorer	Hovedfunn
Suksesskriterier	<ul style="list-style-type: none">• Etablere optimalt vedlikeholdsprogram som er mest kvalitets- og kostnadseffektiv• Utfordre og kvalitetssikre vedlikeholdsprogram gitt av ScaleAQ• Personellet som utfører vedlikeholdet sin oppfatning av vedlikeholdsprogrammet
Suksessfaktorer	<ul style="list-style-type: none">• Implementere vedlikeholdsstyringsløyfen• Vedlikeholdsprogram utarbeides av personell med erfaring og kunnskap om vedlikehold• God opplæring i gjennomføring av vedlikeholdet• Forståelse om hvorfor vedlikehold er viktig• Benytte seg av RCM-analyse til å kontinuerlig forbedre vedlikeholdsprogrammet• Vedlikeholdsstyringssystem

Tabell 8.2: Oppsummering av hovedfunn rundt suksesskriterier og suksessfaktorer

9 Diskusjon

I dette kapitlet skal gruppen diskutere omkring oppgaven og resultatmålene. Først diskuteres det rundt vedlikehold knyttet til bærekraft og fiskevelferd, og deretter diskuteres ståstedsanalysen. Etter dette kommer diskusjon rundt evaluering av vedlikeholdsprogram og RCM-analysen. Til slutt diskuteres det rundt suksesskriterier og suksessfaktorer.

9.1 Drift- og vedlikehold knyttet til bærekraft og fiskevelferd

Implementering av drift- og vedlikehold i havbruksnæringen kan potensielt bidra positivt mht. bærekraft og bærekraftig utvikling, samt bidra til bedre fiskevelferd.

9.1.1 Diskusjon rundt vedlikehold og bærekraft

Gjennom riktig vedlikeholdsarbeid er det ønskelig å få utnyttet enhetenes levetid best mulig. På denne måten vil man kunne hindre unødvendig utskifting av enheter i et system. Enheten og utstyret kan få økt brukstid, samtidig som at det ikke tas del i bruk-og-kast samfunnet. Vedlikehold handler om å ta vare på det man allerede har av utstyr og ressurser, og slik vil man også kunne minke bruken av råvarer. Likevel kan det nevnes at for mye vedlikehold kan virke mot sin hensikt, da dette kan føre til unødvendig bruk av utstyr og ressurser.

Ved å ha ansvarlig drift ved anleggene, der man følger standarder, forskrifter og sertifiseringer, vil en kunne skåne og beskytte miljøet mest mulig. Mange av disse retningslinjene er basert på miljø, og trygg, forsvarlig drift av oppdrettsanlegg. For å beskytte miljøet er det svært viktig at man hindrer rømning av fisk. Et godt, implementert vedlikeholdsprogram kan bidra til å hindre dette.

Nedetid på en merd vil skille seg mye fra nedetid på eksempelvis en produksjonsmaskin. Dersom maskinen har nedetid, vil det resultere i tap for bedriften i form av tapte inntekter. Dersom en merd har nedetid, altså er gått i stykker, vil ikke dette kun resultere i tapte inntekter for bedriften, men det vil også få katastrofale konsekvenser for miljøet og omdømme til bedriften og havbruksnæringen. I tillegg vil det ha enorme konsekvenser for økonomien til bedriften. Ved å ha et godt vedlikeholdsprogram kan man hindre at kritiske enheter svikter, og man kan tidligere oppdage om man går mot en situasjon der det er fare for rømning.

9.1.2 Diskusjon rundt vedlikehold og fiskevelferd

Vedlikeholdsarbeid på merder kan også potensielt bidra til økt fiskevelferd. Det kan leses i RCM-analysen gruppen har utført at flere enheter bidrar til utspiling av not. Dersom disse enhetene svikter, vil man få mindre utspiling av nota, noe som gir mindre plass til fisken. Dette kan gå utover flere av velferdsbehovene hos laks som ble listet opp i Kapittel 2.2, deriblant “mulighet for å unngå fare” og “fysiske skader”. Trengsel i merden kan også føre til panikk blant fisken. Det kan derfor være viktig å fokusere på enheter som har med utspiling å gjøre i vedlikeholdsprogrammet.

Dødfisksystemet spiller inn på fiskevelferden ved at den fjerner død fisk. Det kan tenkes at død fisk i merden kan bidra til å spre sykdom, samtidig som det forurenses miljøet i merden. Dersom dødfisksystemet går ut av posisjon, kan det også skade not og notlin. Dette kan føre til rømming av fisk. Derfor vil vedlikehold på dette systemet potensielt spille en stor rolle i forbindelse med fiskevelferd og rømningsfare.

Renhold av nota kan være med å bidra til økt fiskevelferd. Dersom nota er ren bidrar dette til bedre gjennomstrømning av vann. God gjennomstrømning av vann gir fisken et bedre miljø, da urenheter blir med strømmen ut av nota.

9.2 Diskusjon rundt ståstedsanalyse

På oppdrettsanlegget ved Valøyan har de kun fiskemerden Midgard system i drift. Derfor var et besøk hit svært verdifullt, da gruppen fikk se hvordan fiskemerden fungerer i praksis. Ved ScaleAQs avdeling på Frøya produserer selskapet Midgard system. Ved å avlegge et besøk hit fikk gruppen sett produksjon av merden, samt et bedre innblikk i hvilke enheter som inngår i merden.

Ståstedsanalysen er basert på gruppens oppfatning av nå-situasjonen i Mowi og ScaleAQ. Dette kan avvike fra situasjonen slik den faktisk er. Grunner for dette kan være at misforståelser og menneskelig svikt kan ha oppstått under intervju og befaring. Gruppen har prøvd å minimere disse faktorene ved å gjennomføre intervjuene på en ryddig måte, samt å ta opptak av møtene.

9.2.1 Diskusjon rundt kvalitative metoder

Bruk av kvalitative metoder ved innhenting av informasjon var til hjelp for å oppnå dybdekunnskap og helhetlig forståelse av Midgard system og dagens vedlikeholdsprogram. Fra Kapittel 3.1 kan det leses at gruppen tok lydopptak av samtalene under intervju og befaring, i stedet for å for eksempel notere i stikkordsform. Ved å ta lydopptak fikk gruppen en mer helhetlig forståelse av samtalen. Dersom det hadde blitt notert ned stikkord, er det lett å glemme helheten av samtalen, eller i senere tid misforstå egne notat.

Personer gruppen har hatt kontakt med i ScaleAQ innehar titlene VP Products Solutions, avdelingsleder ved not og notservice, og teknisk direktør. I Mowi har gruppen hatt kontakt med driftleder og assisterende driftsleder ved Valøyan, teknisk koordinator, samt operations manager. Dette er en gruppe mennesker som på hver sin måte besitter relevant kompetanse, informasjon og erfaring knyttet til Midgard system. Dette inkluderer både praktisk og teoretisk kompetanse. På grunnlag av dette, øker validitet til informasjonen innhentet i ståstedsanalysen.

Det kan også være negative sider med bruk av kvalitative metoder. Ved bruk av kvalitative metoder brukes gjerne et mindre utvalg mennesker. Dette kan gjøre det vanskeligere å generalisere resultatet. Det har også ført til at det blir lagt mer vekt på synspunkt til et nivå av bedriften, og utelatt synspunkter fra ansatte på andre nivåer i bedriften. Gruppen kunne med fordel gjennomført flere intervju, men prioriterte heller å gjennomføre få, grundige intervju med kompetente intervjuobjekt.

Ved å utføre intervju hos både utvikler av Midgard system og en bedrift som har Midgard system i daglig drift, ble oppgaven styrket. Dette fordi man fikk innblikk fra både selgerens og brukernes perspektiv. Intervjuene som har blitt gjennomført har bestått av flere personer fra samme bedrift. Dette kan gi økt troverdighet på informasjonen som ble innhentet, da det er flere som sier eller mener det samme.

Samtidig som intervju med både selger og bruker av Midgard system kan gi flere perspektiv, kan det også stilles spørsmål med troverdigheten til informasjonen som blir avgitt. ScaleAQ er produsent og leverandør av et produkt, og vil derfor naturligvis snakke positivt om produktet. En bruker av produktet vil kanskje ha en mer realistisk og ærlig mening om produktet. Likevel kan det nevnes at VP Products Solutions hos ScaleAQ under intervjuene påpekte at det finnes forbedringspotensial rundt Midgard system og tilhørende brukerhåndbøker, som det kommer fram i Kapittel 4.9. Det er derfor grunn til å anta at informasjonen gitt under intervjuene er troverdig.

9.2.2 Diskusjon rundt resultatmål i ståtedsanalysen

I Kapittel 4.2 kan det leses at det ikke finnes mye reservedeler på anlegget ved Valøyan, da ScaleAQ har kontor i nærheten. Personell ved Valøyan påpekte at dette var en løsning som fungerte fint for de. Gruppen har ikke kjennskap til reservedelslager ved andre av Mowi sine anlegg, men gruppen vil påpeke at det kan være en fordel for anlegg som ikke ligger i nærheten av leverandøren å ha et gjennomtenkt reservedelslager. Spesielt for enheter som har høy kritikalitet. Dette er fordi at dersom en kritisk enhet svikter, og det tar lang tid å reparere svikten, kan dette medføre stor risiko mht. fiskevelferd og rømningsfare.

Det kommer fram i Kapittel 4.2 at representantene fra Valøyan under intervju uttrykte at de ikke kjenner til mål og strategier knyttet direkte til vedlikeholdet på Midgard system, annet enn å imøtekomme standard *NS 9415* og *NYTEK-forskriften*. Det kan derfor tyde på at eventuelle mål og strategier ikke er godt forankrede. Ved å ha mål og strategier for vedlikeholdet vil man ha noe å jobbe mot. Dersom disse også er godt forankret i bedriften, vil det potensielt kunne øke motivasjonen til personellet når det gjelder vedlikeholdsarbeid. Dette kan igjen bidra til å heve kvaliteten på arbeidet og effektivisere arbeidsprosesser.

Representantene fra Valøyen uttrykte også at de ikke har kjennskap til om vedlikeholdsstyringsløyfen ligger til grunn for vedlikeholdet i Mowi. På den ene siden kan vedlikeholdsstyringsløyfen være et godt hjelpemiddel for et effektivt vedlikehold. Vedlikeholdet er mest mulig effektivt når alle elementene i løyfen er på plass og den er lukket. På den andre siden kan det være vanskelig for Mowi å følge vedlikeholdsstyringsløyfen siden det er ScaleAQ som har utviklet vedlikeholdsprogrammet Mowi bruker. Mowi blir da låst til ScaleAQ sitt vedlikeholdsprogram, og det vil dermed være vanskeligere å sette egne mål og strategier til vedlikeholdsprogrammet. Det vil også være vanskelig for Mowi å bruke analyser og forbedrende tiltak for å endre vedlikeholdsprogrammet siden dette blir gjort av ScaleAQ.

I Kapittel 4.4 presenteres Tabell 4.1. Tabellen viser en kortfattet oversikt over vedlikehold hos Mowi på Midgard system, og er basert på de fire brukerhåndbøkene gruppen har fått tilsendt. Siden gruppen fikk begrenset informasjon og bare hadde brukerhåndbøkene å gå ut ifra, ble informasjonen over vedlikeholdet i tabellen en antagelse basert på det som er beskrevet i brukerhåndbøkene. Tabellen er dermed kanskje ikke så representativ for vedlikeholdet som faktisk blir gjennomført i praksis.

9.2.3 Diskusjon rundt synspunkter på forbedring i ståtedsanalysen

I Kapittel 4.9 nevnes det at ScaleAQ anbefaler utvendig inspeksjon av not og tau. Dette er fordi nota er mer kompleks på utsiden, og dersom inspeksjonen skjer fra innsiden av nota kan det overses potensielle skader på tau og not. På innsiden av nota er det kamera for overvåking av fisk, og man kan bruke disse til å observere nota for skader. Dersom det i tillegg gjennomføres utvendig inspeksjon av not og utstyr vil man få et tydeligere bilde på tilstanden til enhetene på utsiden av nota. Mowi gjennomfører nå visuell inspeksjon av not på innsiden av merden ved hjelp av ROV og dykker. Gruppen antar at det ikke vil medføre større kostnader ved å flytte selve inspeksjonen til utsiden av merden. På en annen side kan det føre til økte kostnader dersom dette får innvirkning på brukerhåndbøkene og de periodiske sjekklisterne. Endringer i brukerhåndbøkene kan føre til behov for ny kompetanse, og dermed opplæring.

Det kan også tenkes at fisken kan bli stresset ved vedlikehold og inspeksjon på innsida av nota ved bruk av ROV og dykker. Det antas at “uvedkommende” i fiskens miljø vil bidra til at fisken kan bli stresset. En konsekvens av dette kan være dårligere fiskevelferd. Dette er også en årsak til at det kan være en fordel å utføre utvendig vedlikehold og inspeksjon dersom det er mulig.

Videre i Kapittel 4.9 kommer det fram at ScaleAQ har inntrykk av at sjekklisterne i brukerhåndbøkene ikke alltid følges. Dette gjelder generelt for alle av ScaleAQ sine kunder. Det kan være at anleggene ikke har hatt mulighet til å gjennomføre sjekklisterne, men likevel kvittert arbeidet som utført. Dette kan føre til at informasjonen i vedlikeholdstyringssystemet blir feilaktig. Dersom dette er tilfellet ved Valøyen, kan dette ha påvirket resultatene av RCM-analysen, og videre utarbeiding av vedlikeholdsprogram. Inntrykket er likevel at ved Valøyen har de gode rutiner for å gjennomføre og dokumentere sjekklisterne.

9.3 Diskusjon rundt evaluering av vedlikeholdsprogram

I Kapittel 5.1 kommer det fram at Mowi benytter seg av et vedlikeholdsprogram som er utviklet av ScaleAQ. Det er utfordrende å evaluere et vedlikeholdsprogram som er laget av en bedrift og som utføres av en annen bedrift. Dette pga. at Mowi ikke har mye eierskap til vedlikeholdet annet enn å utføre det. Vedlikeholdsprogrammet lages av ScaleAQ, og i tillegg må alle endringer og modifiseringer av vedlikeholdsprogrammet bli gjort med godkjenning av ScaleAQ.

I Tabell 5.1 i Kapittel 5.3 har vedlikeholdsprogrammet på Midgard system laget av ScaleAQ blitt evaluert. Fra tabellen kan man se at evalueringskriterie 2, om det er utviklet med bakgrunn i mål og strategier som er godt forankret, har blitt evaluert til delvis oppfylt. Dette er fordi intervjuobjektene fra ScaleAQ ikke hadde kjennskap til vedlikeholdsstyringsløyfen. ScaleAQ følger mål og strategier i form av myndighetskrav og standarder. Det vil si at det er mål og strategier, men det er ikke direkte knyttet opp mot vedlikeholdet. Gruppen vil likevel evaluere dette kravet som oppfylt, og dermed vurdere vedlikeholdsprogrammet som egnet.

9.4 Diskusjon rundt RCM-analyse

I Kapittel 6 kommer det fram at gruppen har laget en brukermanual for RCM-analysen. Tanken bak dette var å gjøre analysen mer brukervennlig og enklere å forstå. Brukermanualen er hovedsakelig tenkt til Mowi, slik at de kan bruke den i kombinasjon med RCM-analysen, som ligger vedlagt i Vedlegg A.1. På denne måten slipper de å gå gjennom hele bacheloroppgaven for å finne begrepsforklaringer, plassering av enheter og hvilke framgangsmåter som er blitt brukt.

9.4.1 Diskusjon rundt ulike gjennomføringsmetodikker

I Tabell 2.2 i Kapittel 2.4.2 ble det presentert ulike gjennomføringsmetodikker for RCM. Framgangsmåten i de ulike gjennomføringsmetodikkene er noe forskjellig, men essensen i metodikkene er like. Standarden *SAE JA1011, The RCM Solution* av Nancy Regan og *Reliability-centered Maintenance II* av John Moubrey har alle forholdsvis lik gjennomføringsmetodikk. Disse tre er alle anerkjente metodikker med gode framgangsmåter.

Metodikken i *Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple* av Neil B. Bloom har en litt annen framgangsmåte. Gruppen mener at denne metodikken har en vanskeligere tilnærming til RCM. Metodikken vil kanskje passe seg bedre for erfarent vedlikeholdspersonell.

Gruppen valgte standard *NEK IEC 60300-3-11* som metode for gjennomføring i denne oppgaven. Denne ble valgt fordi metodikken er enkel å forstå. I tillegg er stegene i RCM-prosessen forklart grundig. Framgangsmåten i denne standarden er beskrevet i Figur 3.1 i Kapittel 3.3. I tillegg til å vise de forskjellige stegene i RCM-prosessen vises også hvilke utdata hvert steg gir. Dette gir et mål for hvert steg i analysen. Oversikt over utdataene gir en mulighet for å stoppe analysen ved ønsket utdata. For eksempel kan Mowi være ute etter FMECA/kritikalitetsvurdering og kan dermed stoppe analysen etter steg to. Det kan være enklere å forholde seg til en slik metodikk for vedlikeholdspersonell med lite erfaring med RCM. I denne standarden kommer det også fram at RCM-prosessen gir ut felldata som skal tilbake igjen i prosessen. Dette betyr at metodikken er en sløyfe som hele tiden skal kontinuerlig forbedres og revideres, på samme måte som vedlikeholdsstyringsløyfen.

9.4.2 Diskusjon rundt grenser og mål for analysen

Ved bestemmelse av konsekvenser til RCM-analysen ble gruppen enig med Mowi om å ta utgangspunkt i *personsikkerhet*, *rømningsfare* og *fiskevelferd*. Dette fordi at dette er faktorene som bærer størst konsekvens dersom en enhet svikter. Verdien som befinner seg inne i nota i form av fisk er svært verdifullt i forhold til utstyret i seg selv. De økonomiske konsekvensene vil derfor gå under rømning av fisk og fiskevelferd. Det er også et myndighetskrav i *NS 9415* å sørge for å hindre rømning av fisk, så dette blir også en viktig faktor for Mowi å legge vekt på i sitt vedlikehold.

I RCM-analysen ble det bestemt at dersom det var mulig/relevant skulle hver svikt deles inn i delvis bortfall av funksjon, total bortfall av funksjon og total bortfall av flere enheter. Delvis bortfall av funksjon gjelder for svikter der enheten fortsatt kan oppfylle sin funksjon men med nedsatt evne. For systemet i helhet er det rimelig å anta at nedsatt funksjon av en enhet ikke vil medføre en kritisk fare, men kan øke sannsynlighet og redusere tiden før svikten inntreffer.

For total bortfall av en funksjon menes at enheten ikke klarer å oppfylle tenkt funksjon. På Midgard system er det ofte at det er flere av samme enhet på systemet. Det vil i flere tilfeller ikke være kritisk dersom én enhet svikter, men dette kan medføre økt belastning på de andre enhetene med samme arbeidsoppgave i systemet. Dette kan igjen føre til en type dominoeffekt på de resterende enhetene der de får økt sviktmønster pga. økt belastning.

Ved totalt bortfall av funksjon hos flere enheter er det ment at flere av den samme enheten mister sin funksjon. Dette kan være vanskelig å definere i RCM-analysen. For eksempel er det 20 bunnringsoppheng på Midgard system. Det er utfordrende å skulle anta hvilken konsekvens det vil medføre om det er tre bunnringsoppheng som svikter eller om det er tolv som svikter. Det vil være rimelig å anta at dersom tolv bunnringsoppheng svikter samtidig, vil dette medføre en større konsekvens enn om tre svikter samtidig. Det kan også antas at plassering på enheter som svikter vil påvirke kritikaliteten. Med dette menes om enhetene som svikter ligger ved siden av hverandre eller om de er plassert med jevne mellomrom på merden. Dette har gruppen ikke tatt hensyn til, da tankegangen var at to eller flere enheter svikter. Det har heller ikke blitt tatt hensyn til plassering av enhetene. Det vil derfor være usikkerhet rundt kritikalitetsvurderingen ved svikter som gjelder for totalt bortfall av funksjon hos flere enheter.

I Kapittel 6.1.1 blir synlig og skjult svikt definert. Synlig svikt blir i denne oppgaven definert som svikt som kan oppdages på daglig sjekk og/eller er åpenbare. Skjult svikt blir definert som en svikt som ikke kan oppdages på daglig sjekk. Dette medfører at skjult svikt omfatter omtrent alle enheter under vannoverflaten. Et unntak på dette er bl.a. dødfisksystemet. Dette er fordi det ved svikt kan oppdages fra overflaten at død fisk ikke blir tatt opp.

Det kan tenkes at enheter som oppdages ved inspeksjoner under vann kan bli definert som synlig. Gruppen valgte å ikke definere disse som synlig da inspeksjon med dykker/ROV er en omfattende operasjon som innebærer store kostnader. Derfor anså gruppen det som urimelig å forvente at Mowi skulle gjennomføre daglige inspeksjoner under vann.

Enkelte enheter som er blitt definert som synlig kan likevel være utfordrende å inspisere. Et eksempel på en slik enhet er *1.3 Stagsystem inkludert bolter og muttere*. Dette systemet er plassert under gangbane og mellom flyterørene. Stagsystemet er synlig, men kun gjennom gitteret i gangbanen. I tillegg kan tang og tare gro på stagsystemet som gjør det mer utfordrende å inspisere enheten. Gruppen har likevel valgt å definere enheten som synlig, da det er mulig å gjennomføre en visuell inspeksjon.

9.4.3 Diskusjon rundt å analysere funksjonssvikt

I Kapittel 6.2.1 står det beskrevet at det ble samlet inn en del data før analysegruppen skulle møtes for å gjennomføre FMECA og dermed første del av RCM-analysen. Dette var data som tegninger, produktsertifikater og avvikshistorikk. Dette var data som var noe mangelfull. Tegningene som ble innhentet var av en merd som ikke var Midgard system. Dette betyr at en del av enhetene som ble analysert ikke var en del av disse tegningene. I tillegg var det lite avvikshistorikk, da gruppen kun fikk oversendt tilgjengelig historikk fra Valøyan. Dette var kun historikk fra når vedlikeholdsstyringssystemet Aquacom ble implementert og fram til i dag. Vedlikeholdsstyringssystemet ble implementert i selskapet rundt 2020. De mangelfulle tegningene førte til at gruppen ikke fikk identifisert alle enhetene som skulle analyseres. Dette ble senere korrigert sammen med analysegruppen før analysen ble gjennomført.

Analysegruppen skulle opprinnelig gjennomføre en FMECA, med dette menes å gjennomføre kolonne 1-9 i RCM-analysen. Gruppen valgte å legge til kolonne 10. *Forutse/oppdage svikt* og 11. *Forebygge svikt* i analysen. Dette var for å få perspektiver fra Mowi og ScaleAQ på hvordan de mente svikt kan oppdages og forebygges. Dette var også til hjelp for å bygge videre på RCM-analysen.

Under gjennomføring av analysen sammen med Mowi og ScaleAQ ble det tatt skjermopptak av analysen, da denne foregikk digitalt. Dette ble gjort slik at gruppen kunne finskrive analysen i etterkant av møtet. Etter at analysen ble finskrevet ble den i tillegg sendt til Mowi og ScaleAQ for å kvalitetssikre arbeidet. Dette førte økt validitet på analysen.

I Kapittel 8.3 presenteres sviktårsaker og/eller sviktmekanismer som forekommer flest ganger i RCM-analysen. Det kommer fram at slitasje er en av sviktårsakene og/eller sviktmekanismene som går igjen flest ganger. Dette er nok trolig fordi Midgard system ligger i sjø, og her er det både strømmer, vind og andre forhold som skaper bevegelser i systemet. Dette vil føre til at enhetene kan skape friksjon mot hverandre og dermed påføre slitasje. Det vil derfor være viktig for Mowi å være bevisst på dette i sitt vedlikehold. Sjø og vind er eksterne krefter som kan påføre skader på systemet. Det kan også oppstå korrosjon på enheter da systemet er i sjø. Det er også viktig å være oppmerksom på overlast i systemet. Dette kan være i form av påkjørsel av båter eller krefter som er større enn systemet er dimensjonert for.

9.4.4 Diskusjon rundt oppgavevalg

I Kapittel 6.3.2 er det beskrevet hvordan gruppen har gått fram for å velge strategi for svikthåndtering. Dette ble gjort ut ifra beslutningstreet i Figur 2.7 fra Kapittel 2.6. Informasjonen som ble brukt for å svare på spørsmålene i beslutningstreet ble hentet fra analysen som ble gjort sammen med Mowi og ScaleAQ. Det er mulig at noen av spørsmålene i beslutningstreet har blitt misforstått under gjennomgangen. Det er også mulig at gruppen har resonnert seg fram til feil svar på et spørsmål i beslutningstreet. Dette kan ha ført til valg av feil vedlikeholdsaktivitet. For å forhindre dette, ble sviktene gått gjennom flere ganger i beslutningstreet. Dette uten mulighet for å se resultatet av forrige gjennomgang. Gruppen ønsket å få et mest mulig objektivt resultat.

Det kommer fram i Kapittel 6.3.3 at intervallet for periodisk test/inspeksjon på enhet 4 *Vinsj* for svikten *brudd i vinsjtau* er hver 18. dag. I Tabell 6.4 i Kapittel 6.3.3 kommer det fram at tid til svikt for *brudd i vinsjtau* er 9 måneder for alle registrerte avvik. Gruppen reagerte på at utregnet intervall for inspeksjon ble hver 18 dag, da MTTF er 9 måneder. Dette kan medføre unødvendig tid, ressurser og kostnader på inspeksjoner, da det tydelig kommer fram i Tabell 6.4 at hver tid til svikt er 9 måneder for alle avvikene. Det kan diskuteres at intervallet hadde vært mer fornuftig dersom tid til svikt hadde variert mer. Med dette menes at dersom avvikene inntreffer på ulike tidspunkt som for eksempel at et vinsjtau ryker etter én måned mens et annet ryker etter 18 måneder vil det bli mer naturlig at inspeksjonen skjer slik som utregnet. Siden det kun var dokumentert seks avvik for *brudd i vinsjtau*, kan det være stor usikkerhet knyttet til resultatet.

Det ble nevnt i avsnittet ovenfor at tid til svikt for alle registrerte avvik er 9 måneder. Det kan derfor være rimelig å anta at sviktintensiteten øker betydelig etter en tid. Et slikt mønster i svikten kan relateres til *sviktmønster B* som vises Figur 2.8 i Kapittel 2.7.4. Forklaringen til dette sviktmønsteret i Tabell 2.5 sier at det vil være økt sannsynlighet for svikt ved slutten av levetiden. Det kan dermed argumenteres for at det ikke trengs å inspisere vinsj like ofte i starten av levetiden, men når det nærmer seg 9 måneder kan inspeksjon utføres i henhold til utregningen. Ekspertvurderinger, i form av kunnskap, erfaring og fornuft, kan derfor spille en stor rolle i bestemmelse av oppgaveintervall.

I Tabell 4.1 i Kapittel 4.4 er det beskrevet at intervallet for inspeksjon av vinsj, i henhold til vedlikeholdsprogram i brukerhåndbøkene, er hver uke. Det vil si at intervallet gruppen har regnet ut er over dobbelt så langt som intervallet for inspeksjon slik det er i dag. Tidligere ble det diskutert at basert på avvik for *brudd i vinsjtau* er utregnet intervall på 18 dager potensielt er for ofte. Det kan derfor være rimelig å anta at ukentlig inspeksjon også blir for ofte. På en annen side har oppgaven bare grunnlag for å diskutere rundt sviktårsaken *brudd i vinsjtau*. Det kan dermed bety at andre sviktårsaker på vinsj, som *el-feil* og *mekanisk svikt i vinsj/motor*, kan medføre andre intervall som må følges da vinsj er definert som én enhet.

Et av Mowi sine ønsker med oppgaven var å utfordre vedlikeholdsprogrammet utviklet av ScaleAQ. Utregningene knyttet til intervall for *brudd i vinsjtau* presentert i denne oppgaven gir Mowi rom for dette. Mowi er pålagt å følge vedlikeholdsprogrammet gitt i brukerhåndbøkene. Dette betyr at dersom Mowi vil ha endringer i vedlikeholdsprogrammet må de videreføre dette til ScaleAQ som dermed må ta avgjørelsen. På en annen side gir kanskje ikke dette ene intervallet grunnlag for å utfordre vedlikeholdsprogrammet. Dersom flere enheter hadde fått tildelt oppgaveintervall hadde dette gitt Mowi et større grunnlag.

I Kapittel 9.4.3 ble det diskutert at gruppen la til to ekstra kolonner i gjennomføring av FMECA. Disse kolonnene omhandlet hvordan Mowi og ScaleAQ ville ha oppdaget eller forebygget sviktene i analysen. Etter at gruppen hadde gjennomført valg av vedlikeholdsaktivitet, ble det oppdaget at det var ulikheter mellom gruppens forslag til vedlikeholdsaktiviteter og aktivitetene som Mowi og ScaleAQ foreslo. Hovedforskjellen på aktivitetene med ulikheter er at gruppen har fått *F - Planlagt korrektivt vedlikehold (kjør til svikt)*, mens Mowi og ScaleAQ foreslo visuell inspeksjon. Dersom man er bevisst på at en enhet har fått vedlikeholdsaktivitet *F - Planlagt korrektivt vedlikehold (kjør til svikt)* vil det uansett være naturlig å inspisere disse enhetene når man er i nærheten og gjør andre inspeksjoner eller arbeid. Dette støttes også av teorien som kommer fram i Tabell 2.4 for vedlikeholdsaktivitet *F - Planlagt korrektivt vedlikehold*. Det kan derfor argumenteres for at ulikheter mellom vedlikeholdsaktivitetene ikke er så store som det kommer fram.

9.4.5 Diskusjon rundt implementering

I Kapittel 6.4.3 ble intervallet for inspeksjon av enhet 4 *Vinsjrasjonalisert* til å være 14 dager. Tankegangen med dette var å enten rasjonalisere, fra 18 dager, opp til 21 dager eller ned til 14 dager. Gruppen mente det ville gi mer sikkerhet for å oppdage svikt ved å rasjonalisere ned til 14 dager. Det kan stilles spørsmål for om det er nødvendig å rasjonalisere dette ene intervallet, men gruppen vil vise hvordan rasjonalisering kan gjennomføres. Rasjonalisering av intervall kan føre til spart tid, kostnader og ressurser ved å gjennomføre flere inspeksjoner samtidig.

9.4.6 Diskusjon rundt fallgruver i RCM-analysen

I Tabell 2.3 i Kapittel 2.4.3 ble det presentert utfordringer knyttet til implementering av RCM. Gruppen mener det er viktig å få oversikt over potensielle fallgruver for å kunne oppnå en god RCM-analyse. I tabellen kommer det bl.a. fram at det er vanlig med representanter fra ingeniørfag, vedlikehold og operasjon i analysegruppen. Under gjennomføringen av FMECA var det ikke med noen fra operasjon, altså som utfører vedlikeholdet. Det kan argumenteres for at det heller ikke var nødvendig da Mowi har begrenset eierskap til vedlikeholdsprogrammet siden det utvikles og oppdateres av ScaleAQ.

Én mulig fallgruve kan være forvirring knyttet til å avgjøre systemfunksjoner. Midgard system ble i starten av oppgaven presentert til gruppens medlemmer av Mowi og ScaleAQ. Selv om gruppen har jobbet med dette systemet i flere måneder gir ikke det forutsetninger for full kontroll på systemets enheter. Under gjennomføringen av RCM-analysen har gruppen måtte stole på informasjon gitt av Mowi og ScaleAQ uten muligheter for å kontrollere at denne informasjonen faktisk stemmer. Det ble utvekslet mye informasjon om enhetene på kort tid når analysegruppen møttes. Det er derfor mulig at noe informasjon om enhetene har blitt oversett og dermed ikke blitt med i analysen. For å hindre denne fallgraven har det blitt gjort tiltak som for eksempel å sende utarbeidede dokument til Mowi og ScaleAQ for kvalitetssikring.

En annen mulig fallgrube er upassende enhetsklassifikasjoner. Det kommer fram i Tabell 2.3 i Kapittel 2.4.3 at kategorisering av enheter som enten kritisk eller ikke-kritisk er for bred. For å gjennomføre RCM-analysen måtte gruppen likevel kategorisere sviktene som kritisk eller ikke-kritisk. Dette måtte kategoriseres for å benytte beslutningstreet for å definere vedlikeholdsaktivitet. Kategoriseringene ble gjort på grunnlag av hvilken kritikalitet en svikt hadde fått, altså lav, middels eller høy. For å sikre at en potensielt kritisk svikt ikke ble definert som ikke-kritisk, valgte gruppen å definere en svikt med høyeste konsekvens 1 som ikke-kritisk, og en enhet med høyeste konsekvens 2 til 4 som kritisk.

9.5 Diskusjon rundt suksesskriterier og suksessfaktorer

I Kapittel 7.1 kommer det fram at gode suksesskriterier bør ha måltall eller KPI'er. Et forslag til måltall blir presentert i eksempelet som omhandler personellets oppfatning av vedlikeholdsprogrammet. Et slikt måltall avhenger av personellets meninger og erfaringer. Slike måltall blir dermed subjektiv, og kan variere mellom individ. Derfor er ikke måltall av denne formen så nøyaktig. Et tiltak for å få mest mulig ærlige meninger kan være å anonymisere en spørreundersøkelse.

10 Konklusjon

I dette kapitlet skal gruppen komme med konklusjoner knyttet til oppgaven og problemstillingen. Problemstillingen gruppen har jobbet mot er “Utføre en RCM-analyse på fiskemerden Midgard system, og ut ifra denne foreslå et vedlikeholdsprogram”.

Under gjennomføringen av resultatmål 1: *Gjennomføre ståstedsanalyse på eksisterende vedlikeholdskonsept*, kom gruppen fram til at Mowi bruker vedlikeholdsprogrammet som er satt av ScaleAQ. Derfor har de ikke fullt eierskap over vedlikeholdsprogrammet. Personellet ved Valøyen har ikke kjennskap til mål og strategier knyttet direkte til vedlikeholdet hos Mowi, annet enn å følge myndighetskrav fra standard *NS 9415* og *NYTEK-forskriften*. De har heller ikke kjennskap til om vedlikeholdsstyringsløyfen er brukt i vedlikeholdet.

I resultatmål 2: *Evaluere vedlikeholdsprogram på fiskemerden Midgard system* skulle gruppen evaluere om dagens vedlikeholdsprogram er egnet. Resultatet og konklusjonen fra dette er at vedlikeholdsprogrammet er egnet.

Resultatmål 3: *RCM-analyse på fiskemerden Midgard system* er det resultatmålet som er direkte knyttet opp mot problemstillingen. I oppgaven ble det diskutert flere gjennomføringsmetodikker, og gruppen valgte å gjennomføre analysen ved hjelp av standard *NEK IEC 60300-3-11*. Basert på RCM-analysen har gruppen kommet fram til et vedlikeholdsprogram, samt kritikalitetsvurdert alle svikter. Vedlikeholdsprogrammet er noe ufullstendig pga. mangel på dokumentasjon. Dette gjelder for oppgaveintervall for vedlikeholdsaktivitetene. Samtidig gir oppgaven Mowi forutsetninger for å sette oppgaveintervall når de får samlet nok dokumentasjon. Dokumentasjonen gjelder avvikshistorikk, levetid på enheter, midlere nedetid (MFDT) og PF-intervall.

Gjennom resultatmål 4: *Suksesskriterier og suksessfaktorer for vellykket implementering av vedlikeholdsprogram* kom gruppen fram til flere suksesskriterier og suksessfaktorer som bør vurderes av Mowi for vellykket implementering av vedlikeholdsprogrammet.

11 Anbefalinger og videre arbeid

I dette kapitlet skal gruppen presentere anbefalinger til Mowi om hva som bør gjøres som videre arbeid mht. RCM-analysen. Det vil også komme en oppsummering av anbefalingene og videre arbeid på slutten av kapitlet.

11.1 Anbefalinger

Det første Mowi anbefales for videre arbeid er å samle inn data for å ferdigstille RCM-analysen. Dette innebærer data for fastsetting av PF-intervall, levetid på enheter, avvikshistorikk og midlere nedetid for enheter. Det anbefales også at Mowi vurderer å utføre noen av sine inspeksjoner på utsiden av merden for å få et tydeligere bilde på tilstanden til enhetene på utsiden.

Mowi anbefales videre å samle inn avvikshistorikk fra alle sine oppdrettsanlegg som har Midgard system i drift. Dette kan føre Mowi et godt steg på veien i å ferdigstille vedlikeholdsprogrammet. Det er viktig med grundig registrering av hendelser. Dersom dette ikke blir registrert er det lett å anta at det ikke har vært noen hendelser. Dette kan ha videre konsekvens for fastsetting av oppgaveintervall. Dersom man ikke har tilstrekkelig avvik kan ekspertvurderinger brukes.

11.2 Oppgaveintervall

I dette kapitlet vil gruppen presentere metoder for framgangsmåte på estimering av vedlikeholdsaktiviteter. Mowi anbefales å bruke disse framgangsmåtene for å estimere oppgaveintervall når de får nok data og dokumentasjon på avvik. For å vise dette vil avvikshistorikken for *brudd i vinsjtau* benyttes. Det er fordi dette er den sviktårsaken med tilstrekkelig data for å kunne vise utregningene med et konkret eksempel. Avvikshistorikken for *brudd i vinsjtau* ble presentert i Kapittel 6.3.3. I utregningene blir det antatt at vedlikeholdsaktiviteten som regnes på er den aktiviteten som gjelder for enhet 4 *Vinsj*.

A - Periodisk test/inspeksjon

Utregning for denne vedlikeholdsaktiviteten ble vist i Kapittel 6.3.3. Det anbefales at Mowi benytter denne framgangsmåten for alle enheter som får vedlikeholdsaktivitet A i RCM-analysen.

C - Periodisk overhaling/service

I teorien, Kapittel 2.7.3, presenteres relevant informasjon for vedlikeholdsaktiviteten. Det finnes fire ulike måter å regne ut intervall for periodisk forebyggende vedlikehold. Disse avhenger av hvilken feilkarakteristikk og kritikalitet enheten har.

For å finne intervallet for *brudd i vinsjtau* må det defineres hvilken feilkarakteristikk enheten har. Teorien skiller mellom to feilkarakteristikker. Gruppen antar at *brudd i vinsjtau* har feilkarakteristikk type 1. Dette er fordi sviktintensiteten antas å øke drastisk etter en viss tid. Dette er en type slitasjesvikt. Dette anses som en fornuftig antagelse fordi i Tabell 6.4, i Kapittel 6.3.3, er tiden til svikt 9 måneder for alle avvik. Her kommer det også fram at $MTTF = 9$ måneder.

Det neste steget er å definere om svikten er kritisk eller ikke. I gjennomføring av RCM, Kapittel 6.3.2, defineres middel og høy som kritisk, mens lav kritikalitet defineres som ikke-kritisk. Fra RCM-analysen har svikten *brudd i vinsjtau* fått medium kritikalitet som tilsvarer at enheten er kritisk.

I denne sammenheng benyttes formel 2.5 fra Kapittel 2.7.3, da enheten har feilkarakteristikk type 1 og er kritisk. Utregning for periodisk forebyggende vedlikehold blir da:

$$\text{Periodisk forebyggende vedlikehold} = 25\% * MTTF = 25\% * 9 = 2.25 \quad (11.1)$$

Intervallet for periodisk forebyggende vedlikehold blir hver 2.25 måneder. Gruppen rasjonaliserer dette intervallet til å være hver 2 måned.

D - Periodisk utskifting Her benyttes samme framgangsmåte som ved vedlikeholdsaktivitet C. Forskjellen er at vedlikeholdet består i dette tilfellet i å bytte ut utstyret eller deler av det i stedet for å gjøre en overhaling eller service. Dette kommer fram i Tabell 2.4 i Kapittel 2.6.

E - Tilstandskontroll For å regne ut intervallet for denne vedlikeholdsaktiviteten må PF-intervallet for svikten defineres. Metoder for å bestemme PF-intervallet står beskrevet i Tabell 2.6 i Kapittel 2.7.5. I Tabell 2.4 i Kapittel 2.6 kommer det fram at intervallet for denne vedlikeholdsaktiviteten er anbefalt å være halvparten av PF-intervallet.

For å vise et eksempel over hvordan det kan gjennomføres, antas det et PF-intervall på to uker. For å regne ut intervallet for vedlikeholdsaktiviteten *E - tilstandskontroll* halverer man PF-intervallet. Intervallet for vedlikeholdsaktiviteten blir dermed én uke.

Angående rasjonalisering av intervall for vedlikeholdsaktiviteter anbefaler gruppen at intervallene rasjonaliseres. Dette gjøres i henhold til Kapittel 6.4.3. Etter hvert som Mowi får utregnet intervallene for enhetene i Midgard system, vil det være nødvendig å rasjonalisere intervallene for å spare på tid, kostnader og ressurser. Det kan lønne seg å se på sviktmønstrene ved rasjonalisering av intervall for å danne seg et bilde av når svikten kan være forventet å inntreffe.

11.3 Kontinuerlig forbedring

Steg 5 i RCM-prosessen omhandler kontinuerlig forbedring av RCM-analysen. I steget inngår; observere effektiviteten av vedlikeholdet, sikkerhetsmessige, operasjonelle og økonomiske mål. Dette steget er en nøkkelfaktor for å kunne holde vedlikeholdsprogrammet optimalisert til enhver tid. For å gjennomføre steg 5 må vedlikeholdsprogrammet ferdigstilles og implementeres. Det er derfor viktig at Mowi prioriterer dette før arbeidet med kontinuerlig forbedring av RCM-analysen starter. Når Mowi har gjennomført dette anbefales følgende tiltak:

- Aktiv bruk av vedlikeholdsstyringsløyfen for å holde programmet ved like
- Måle effektivitet av vedlikeholdsprogrammet over tid
- Måle kostnader knyttet til vedlikeholdsprogrammet over tid
- Bruk av KPI for å sette fokus på ønsket resultat
- Behandle stegene i RCM-prosessen som levende dokument, disse vil kunne revideres

Referanser

- [1] Norsk Standard. *NS-EN 13306:2017 Vedlikehold, Vedlikeholdsterminologi*. 2019. URL: https://studntnu.sharepoint.com/sites/o365_BachelorDV/Shared%5C%20Documents/General/Standarder/NS-EN-13306.pdf?CT=1647345071967&OR=ItemsView (sjekket 15.03.2022).
- [2] SAE International. «SAE JA1012:2011 A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard». I: (2011).
- [3] Nancy Regan. *The RCM Solution*. Industrial Press, Inc., 2012. ISBN: 978-0-8311-3424-2.
- [4] The Norwegian petroleum industry. «NORSOK Z-008:2017 Risk based maintenance and consequence classification». I: (2017).
- [5] Per I. Bye. *Kompendium i drift og vedlikehold*. 2009.
- [6] Mowi. *Mowi - Norges største lakseoppdretter*. 2022. URL: <https://mowi.com/no/> (sjekket 18.05.2022).
- [7] FN-sambandet. *Hva er bærekraftig utvikling?* 2022. URL: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (sjekket 02.05.2022).
- [8] FN-sambandet. *Befolkning, migrasjon og urbanisering*. 2021. URL: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/befolkning> (sjekket 12.03.2022).
- [9] Bernt Bjerkestrand, Terje Bolstad og Svein Johan Hansen. *Akvakultur VG2, Havbruk i Norge*. Forlaget Vett & Viten, 2013. ISBN: 978-82-412-0708-2.
- [10] FN-sambandet. *FNs bærekraftsmål*. 2022. URL: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (sjekket 12.03.2022).
- [11] FN-sambandet. *Utrydde sult*. 2022. URL: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/utrydde-sult> (sjekket 13.03.2022).
- [12] Statistisk sentralbyrå. *Nok et rekordår i oppdrettsnæringen*. 2020. URL: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/nok-et-rekordar-i-oppdrettsnaeringen> (sjekket 25.03.2022).
- [13] FN-sambandet. *Livet i havet*. 2022. URL: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-i-havet> (sjekket 25.03.2022).
- [14] FN-sambandet. *Samarbeid for å nå målene*. 2022. URL: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/samarbeid-for-aa-naa-maalene> (sjekket 25.03.2022).
- [15] NORWAY ROYAL SALMON ASA. *Bærekraft*. URL: <https://norwayroyalsalmon.com/no/Baerekraft> (sjekket 24.03.2022).
- [16] Bjørg Kristine Hundal mfl. *Bærekraftig sjømatproduksjon begynner med fôret*. 2022. URL: <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/mars/berekraftig-sjomatproduksjon-begynner-med-foret> (sjekket 19.04.2022).
- [17] Standard Norge. *Fiskeri og havbruk*. URL: <https://www.standard.no/fagomrader/fiskeri-akvakultur-og-mat/fiskeri-og-akvakultur/> (sjekket 12.03.2022).
- [18] Norsk Standard. «NS 9415:2009 Flytende oppdrettsanlegg — Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift». I: (2021).

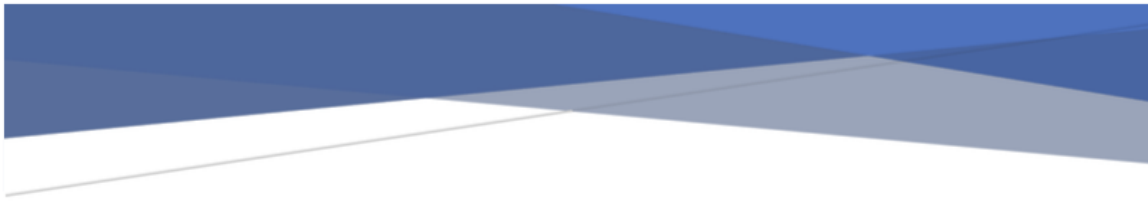
- [19] Nærings- og fiskeridepartementet. *Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg (NYTEK-forskriften)*. 2011. URL: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-08-16-849> (sjekket 23.04.2022).
- [20] Chris Noble mfl. *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd*. Nofima, Havforskningsinstituttet, Veternærinstituttet, NORD universitet og University of Stirling, 2018. ISBN: 978-82-8296-531-6.
- [21] Fiskeridirektoratet og Mattilsynet. *For stor merd eller for mange fisk? Fiskeridirektoratets og mattilsynets anbefalinger*. 2010. URL: https://studntnu.sharepoint.com/sites/o365_BachelorDV/Shared%5C%20Documents/General/Standarder/anbefalinger-utredning-fdir-mattilsynet-for-stor-merd-eller-for-mange-fisk.pdf?CT=1652443512483&OR=ItemsView (sjekket 20.04.2022).
- [22] Maintech. *Vedlikeholdsstyring*. 2022. URL: <https://www.maintech.no/tjenester/vedlikeholdsstyring/> (sjekket 24.03.2022).
- [23] Oljedirektoratet. *Basisstudie vedlikeholdsstyring*. 1998. URL: <https://www.ptil.no/contentassets/9fdd4648b19747aca09c0abd82830c8b/basisvedlikehold.pdf> (sjekket 25.03.2022).
- [24] SAE International. *SAE JA1011:2009 Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes*. 2009. URL: https://studntnu.sharepoint.com/sites/o365_BachelorDV/Shared%5C%20Documents/General/Standarder/SAE%5C%20JA1011.pdf?CT=1647344998491&OR=ItemsView (sjekket 15.03.2022).
- [25] Norsk elektroteknisk komite. «NEK IEC 60300-3-11:2009 Dependability management». I: (2009).
- [26] Neil B. Bloom. *Reliability Centered Maintenance - Implementation made simple*. McGraw-Hill Companies, 2006. ISBN: 0-07-146069-1.
- [27] John Moubray. *Reliability-Centered Maintenance*. Butterworth-Heinemann, 1997. ISBN: 0-7506-3358-1.
- [28] Norsk elektroteknisk komite. «NEK EN IEC 60812:2018 Feil modus og effekt analyse (FMEA og FMECA)». I: (2018).
- [29] James Kovacevic. *What is Criticality Analysis? How Does it Work?* URL: <https://accendoreliability.com/criticality-analysis-work/#comments> (sjekket 26.04.2022).
- [30] Marvin Rausand. «Reliability Centered Maintenance». I: (1998).
- [31] Jørn Vatn. «Veien frem til "World Class Maintenance"». I: (2007).
- [32] Bassam Hussein. *The Road to Success. Narratives and Insights from Real-life Projects*. Fagbokforlaget, 2018. ISBN: 9788245024449.
- [33] Asbjørn Rolstadås. *Suksesskriterium*. URL: <https://snl.no/suksesskriterium> (sjekket 05.04.2022).
- [34] kpi.org. *What is a Key Performance Indicator (KPI)?* 2022. URL: <https://kpi.org/KPI-Basics> (sjekket 25.04.2022).
- [35] Lean Enterprise Institute. *Standardized Work*. URL: <https://www.lean.org/lexicon-terms/standardized-work/> (sjekket 28.04.2022).

- [36] ScaleAQ. *Midgard system*. URL: <https://scaleaq.no/produkt/midgard-system/> (sjekket 30.03.2022).
- [37] ScaleAQ. *Brukerhåndbok FR Flytekraeger*. 2021.
- [38] ScaleAQ. *Brukerhåndbok Bunnringssystem*. 2020.
- [39] ScaleAQ. *Brukerhåndbok Notpose*. 2020.
- [40] Aquacom. *Hva kan Aquacom gjøre for deg?* URL: <https://www.aquacom.no/Home/#produktet> (sjekket 10.03.2022).

A Vedlegg

A.1 RCM-analyse

Vedlegg A.1 ligger vedlagt som et Excel-dokument (xlsx.-fil).



BRUKERMANUAL TIL RCM- ANALYSE AV MIDGARD SYSTEM

Mowi

Sammendrag

Brukermanual til RCM-analysen utarbeidet av bachelorstudenter ved maskiningeniørstudiet ved NTNU våren 2022. RCM-analysen angår fiskemerden Midgard system.

Ida Lise Hoem, Gunnar Husby og Marta Riise

Innholdsfortegnelse

Tabelliste	
Figurliste	
Forklaring av kolonner i RCM-analysen	1
Enheter som inngår i RCM-analysen.....	3
Bilder av enhetene som inngår i analysen.....	4
Eksempel fra analysen	7
Hvordan kritikalitet ble bestemt i analysen.....	8
Bestemmelse av vedlikeholdsaktivitet	10
Bestemmelse av oppgaveintervall.....	11

Tabelliste

Tabell 1 - Oversikt over kolonnene i RCM-analysen.....	3
Tabell 2 - Enheter som inngår i analysen.....	4
Tabell 3 - Konsekvensmatrise	8
Tabell 4 - Kritikalitetsklasser	8
Tabell 5 - Forklaring over vedlikeholdsaktiviteter og formel for utregning av oppgaveintervall	12

Figurliste

Figur 1 - Viser enhetenes plassering, del 1	4
Figur 2 - Viser enhetenes plassering, del 2	5
Figur 3 - Viser enhetenes plassering, del 3	5
Figur 4 - Viser enhetenes plassering, del 4	6
Figur 5 - Viser enhetenes plassering, del 5	6
Figur 6 - Flytskjema over hvordan en svikt er blitt vurdert i analysen	7
Figur 7 - Utklipp fra analysen, del 1	9
Figur 8 - Utklipp fra analysen, del 2	9
Figur 9 - Beslutningstre brukt for å bestemme vedlikeholdsaktivitet	10

Brukermanual til RCM-analysen

Brukermanualen er laget slik at brukerne av analysen lettere kan forstå RCM-analysen. Manualen skal gi en innføring i begrep som er brukt i analysen, hvilke enheter som er inkludert - med bilder av enhetenes plassering, hvordan kritikalitet og vedlikeholdsaktivitet er fastsatt og hvordan man beregner intervall for vedlikeholdsaktiviteter.

Forklaring av kolonner i RCM-analysen

Tabell 1 gir en oversikt over kolonnene i RCM-analysen, og hva disse innebærer. I tabellen framkommer det også ulike definisjoner og forklaring på begrep brukt i analysen.

Kolonne	Forklaring
1. Enhet	I denne kolonnen finner man enhetsnummer og enhetsnavn <ul style="list-style-type: none">• <i>Enhetsnummer</i> ble gitt av gruppen for å systematisere enhetene, og for å lettere kunne henviser til enhetene i analysen• <i>Enhetsnavn</i> er navnet på enheten som analyseres. Under enhetsnavn ble de overordnede enhetene flytekrage, not, bunnring og vinsj uthevet i fet skrift. Dette ble gjort for å understreke at enhetene som blir listet opp under den uthevede enheten tilhører denne
2. Funksjon	Funksjon skal kort beskrive enhetens funksjon. Med enhetens funksjon mener man kravene enheten skal oppfylle i operasjonell tilstand, altså hva er det forventet at enheten skal kunne gjennomføre i drift
3. Funksjonssvikt	Funksjonssvikt skal forklare hvordan enheten kan svikte i å oppfylle sin funksjon
4. Delvis/total bortfall av funksjon/total bortfall av funksjon til flere enheter	I denne kolonnen blir det ført inn i enten delvis bortfall av funksjon, total bortfall av funksjon eller total bortfall av funksjon til flere enheter. Dette gir en forklaring på hvorvidt sviktmodusen i neste kolonne forårsaker delvis eller total bortfall av funksjon. Delvis bortfall av funksjon er definert

	<p>som at enheten utfører sin funksjon, men med redusert evne. Total bortfall av funksjon er definert som at enheten fullstendig mister sin mulighet til å utføre funksjonen</p>
5. Årsak til funksjonssvikt	<p>Årsak til funksjonssvikt er delt inn i tre kolonner. I disse tre kolonnene skal man se på hva som forårsaker denne funksjonssvikten. Dette blir gjort ved å se på henholdsvis sviktmodus, sviktårsak og sviktmekanisme</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sviktmodus</i> er hvordan enheten kan svikte i å oppfylle sin funksjon, og blir gjerne delt inn i totalt bortfall av funksjon og delvis bortfall av funksjon • <i>Sviktårsak</i> er hvorfor enheten svikter, altså årsaken til sviktmoden • <i>Sviktmekanisme</i> er hvorfor sviktårsaken oppstår, hva som fører til at svikten oppstår
6. Effektbeskrivelse	<p>I denne kolonnen skal man beskrive hva som skjer når enheten svikter, altså hva blir konsekvensene av svikt i enheten</p>
7. Skjult/synlig	<p>Dette sier noe om hvorvidt enheten er skjult eller synlig. Skjult svikt er definert som svikt som ikke kan oppdages på daglig sjekk. Synlig svikt er definert som kan oppdages på daglig sjekk, og eller er åpenbare.</p>
8. Konsekvens	<p>Konsekvens er delt inn i tre ulike kategorier. Hver av disse kategoriene får en verdi fra 1-4. Kategoriene er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Personikkerhet</i> • <i>Rømningsfare</i> • <i>Fiskevelferd</i>
9. Kritikalitet	<p>Kritikaliteten blir bestemt ut ifra den høyeste verdien som ble gitt kategoriene i konsekvenskolonnen</p>
10. Forutse/oppdage svikt	<p>Det som kommer fram i denne kolonnen er Mowi og ScaleAQ sine forslag på hva som kan bli gjort for å forutse eller oppdage svikten</p>
11. Forebygge svikt	<p>Det som kommer fram i denne kolonnen er Mowi og ScaleAQ sine forslag på hvilke tiltak som kan bli gjort for å forebygge svikt</p>

12. Vedlikeholdsaktivitet	Her bestemmes vedlikeholdsaktivitet ut ifra beslutningstreet presentert i Figur 9
13. Oppgaveintervall	Her bestemmes intervall for vedlikeholdsaktivitet. Dette blir regnet ut i henhold til Tabell 5
14. Kommentar	Her kan brukerne av skjemaet legge inn kommentarer til enheten/svikten dersom det er noe man må ta hensyn til

Tabell 1 - Oversikt over kolonnene i RCM-analysen

Enheter som inngår i RCM-analysen

Tabell 2 gir en oversikt over hvilke enheter som inngår i RCM-analysen.

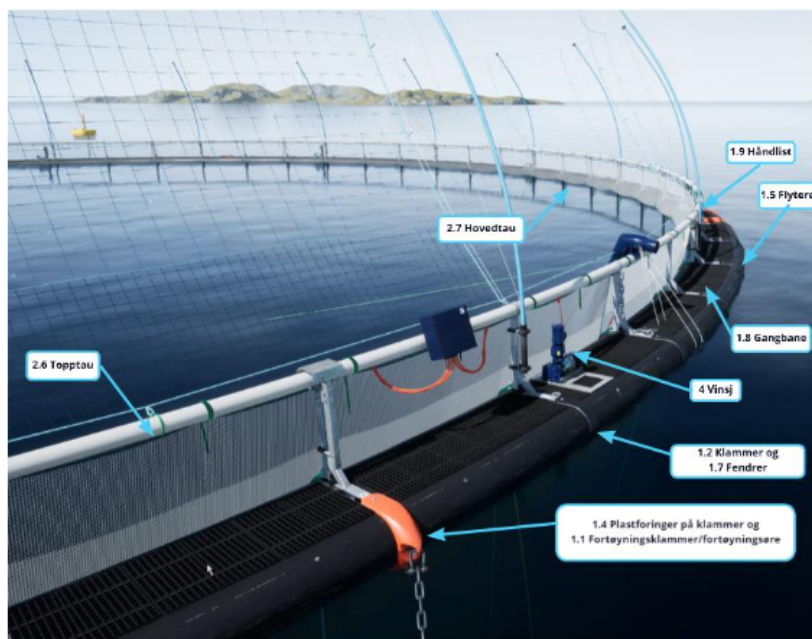
Enhetsnummer	Enhetsnavn
1	Flytekrage
1.1	Fortøyningsklammer/fortøyningsøre
1.2	Klammer
1.3	Stagsystem, inkl. bolter og muttere
1.4	Plastforinger på klammer
1.5	Flyterør
1.6	Bunnringsoppheng
1.7	Fendrer
1.8	Gangbaner
1.9	Håndlist
2	Not
2.1	Notlin
2.2	Midgardspunkt
2.3	Løftetau
2.4	Dødfisksystem (lift up)
2.5	Gyro – senterring i bunn av not
2.6	Topptau
2.7	Hovedtau
2.8	Sidetau
2.9	Midgard magebånd

2.10	Magebånd
2.11	Bunntau
2.12	Krysstau bunn
2.13	Løkker
3	Bunnring
3.1	Bunnringstamp
3.2	Bunnringsrør
3.3	Bunnringsklammer
3.4	Y-stroppeløsning
4	Vinsj

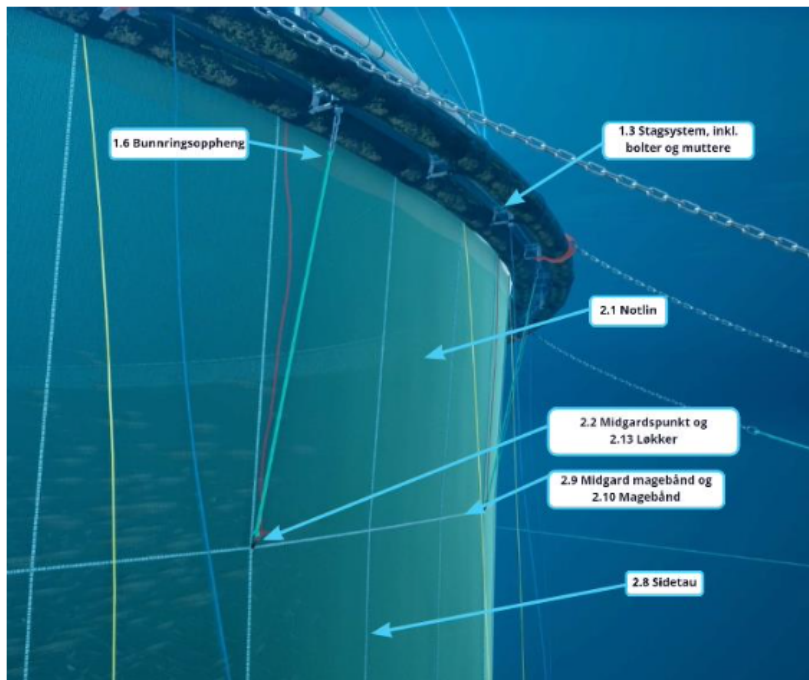
Tabell 2 - Enheter som inngår i analysen

Bilder av enhetene som inngår i analysen

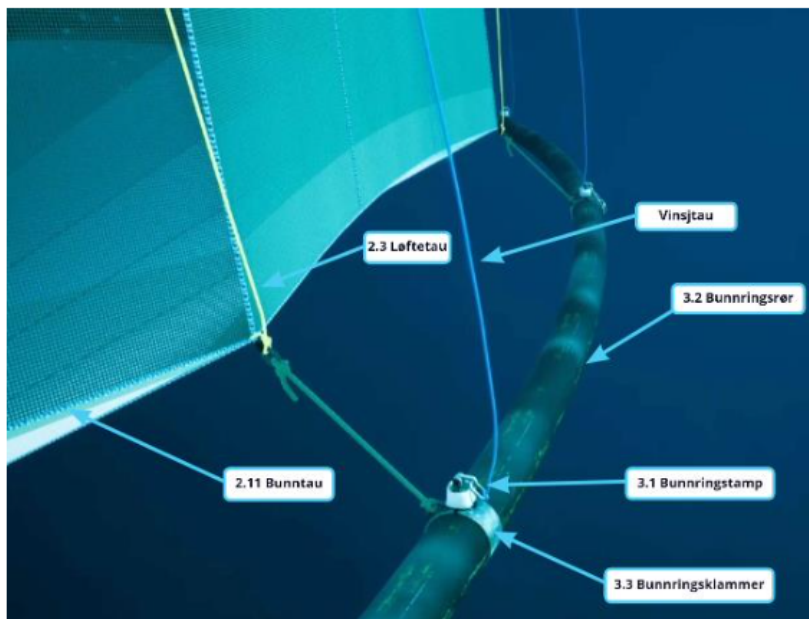
Figurene 1, 2, 3, 4 og 5 viser plassering til enhetene som inngår i analysen. Bildene er hentet fra ScaleWorld.



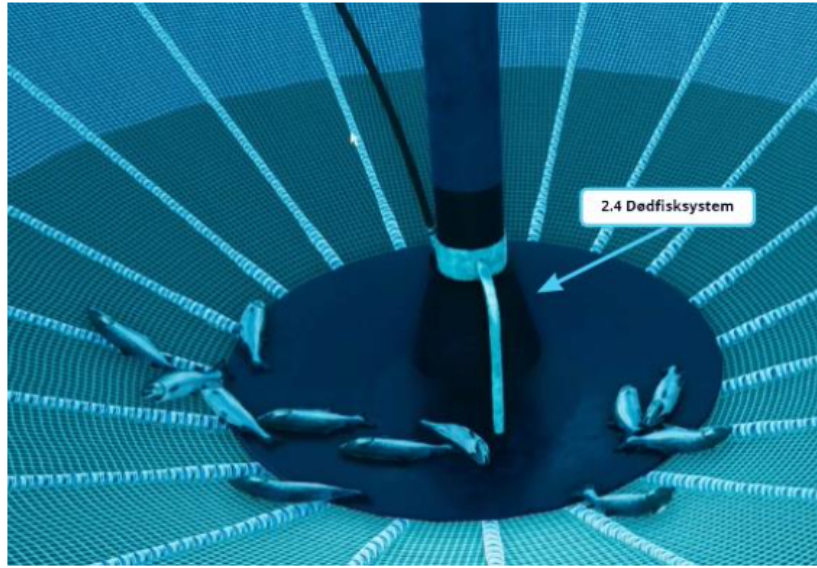
Figur 1 - Viser enhetenes plassering, del 1



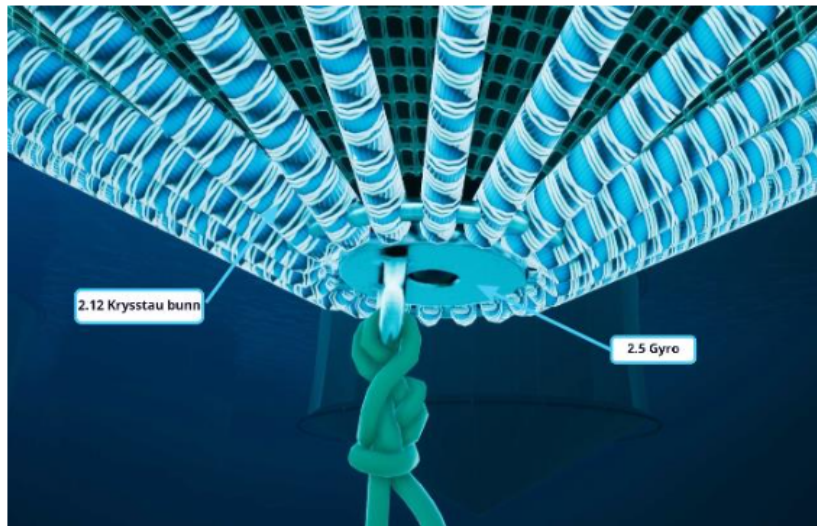
Figur 2 - Viser enhetenes plassering, del 2



Figur 3 - Viser enhetenes plassering, del 3



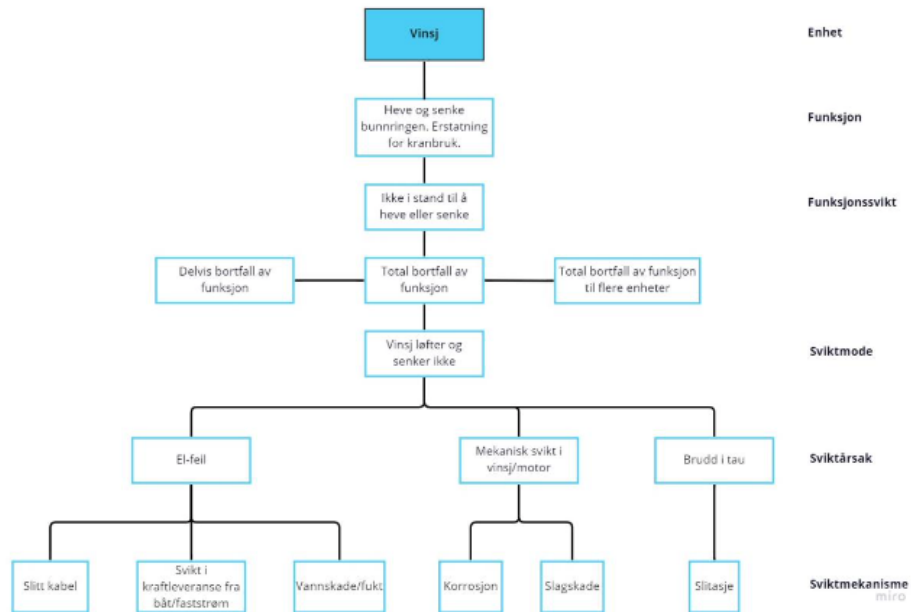
Figur 4 - Viser enhetenes plassering, del 4



Figur 5 - Viser enhetenes plassering, del 5

Eksempel fra analysen

Figur 6 viser et flytskjema over hvordan svikt tilhørende enhet 4 Vinsj er blitt vurdert i analysen. Figuren tar for seg kun total bortfall av funksjon.



Figur 6 - Flytskjema over hvordan en svikt er blitt vurdert i analysen

Hvordan kritikalitet ble bestemt i analysen

Kritikalitet til enhetene i analysen er satt etter Tabell 3 og Tabell 4. Hver svikt for enhetene i analysen har under kategoriene *personssikkerhet*, *rømningsfare* og *fiskevelferd* fått utdelt en konsekvens fra 1-4, der 4 er størst konsekvens. Kritikaliteten er basert på den høyeste konsekvensen som er gitt for enheten.

Der det er relevant å definere kritisk og ikke-kritisk, blir middels og høy kritikalitet definert som kritisk, og lav kritikalitet definert som ikke-kritisk.

Konsekvensmatrise				
	Ubetydelig konsekvens	Moderat konsekvens	Stor konsekvens	Alvorlig konsekvens
	1	2	3	4
Personssikkerhet	Ingen skade	Lettere skader	Store skader	Død
Rømningsfare	Liten rømningsfare	Moderat rømningsfare	Stor rømningsfare	Svært stor rømningsfare
Fiskevelferd	God fiskevelferd	En viss fare for dårlig fiskevelferd	Dårlig fiskevelferd	Svært dårlig fiskevelferd

Tabell 3 - Konsekvensmatrise

Kritikalitetsklasser	
Konsekvens	Kritikalitet
1	LAV
2-3	MIDDELS
4	HØY

Tabell 4 - Kritikalitetsklasser

Eksempel:

Figur 7 og Figur 8 viser at enhet 1.5 *Flyterør* har fått utdelt konsekvens 1-1-1 på delvis bortfall av funksjon, og kritikalitet lav. På total bortfall av funksjon har den samme enheten fått utdelt konsekvens 1-4-4, og kritikalitet høy.

1.5	Flyterør	Oppdrift	Flyterøret sørger ikke for oppdrift	Delvis bortfall av funksjon	Knekk i flyterør
				Total bortfall av funksjon	Punktering

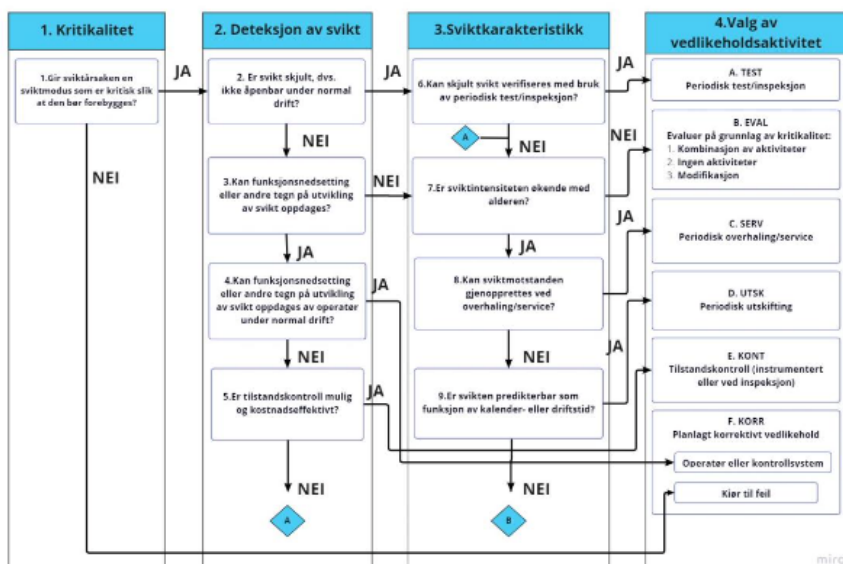
Figur 7 - Utklipp fra analysen, del 1

Påkjørsel av båt	Overlast	Redusert oppdrift	Synlig	1	1	1	Lav
Svikt i sveis	Overlast	Redusert oppdrift	Synlig	1	1	1	Lav
Tap av isopor	Skade	Tap av oppdrift	Skjult	1	4	4	Høy

Figur 8 - Utklipp fra analysen, del 2

Bestemmelse av vedlikeholdsaktivitet

For å bestemme vedlikeholdsaktivitet til hver svikt, ble beslutningstreet som vist i Figur 9 brukt. Resultatet av dette vises i kolonne 12. Vedlikeholdsaktivitet i RCM-analysen.



Figur 9 - Beslutningstre brukt for å bestemme vedlikeholdsaktivitet

Bestemmelse av oppgaveintervall

For å bestemme oppgaveintervall benyttes fremgangsmåte/formlene i høyre kolonne i Tabell 5.

Disse kommer fram i kolonne 13. Oppgaveintervall i RCM-analysen. Oppgaveintervallene man kommer fram til kan med fordel rasjonaliseres.

Vedlikeholdsaktivitet	Forklaring av vedlikeholdsaktivitet	Formel for utregning av oppgaveintervall
A - Periodisk test/inspeksjon	Ved denne vedlikeholdsaktiviteten skal det vurderes hvor ofte man bør teste/inspisere utstyret med skjult svikt for å ha tilstrekkelig sikkerhet for at det virker når det skal virke. En høy kritikalitet og lite driftsikkert utstyr vil naturlig nok medføre et kortere testintervall.	$\text{Intervall} = \frac{(2 * MFDT)}{\lambda}$ $\text{der: } \lambda = \frac{1}{MTTF}$ <p>MTTF (Mean Time To Failure) er tiden mellom en enhet svikter.</p> $MTTF = \frac{\text{Tid operasjonell}}{\text{Antall enheter}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$ <p>MFDT (Mean Fractional DownTime) er tiden det tar fra en svikt oppstår til svikter er reparert og enheten er tilbake i drift.</p>
B - Evaluering	Her bør evaluering skje på grunnlag av kritikaliteten til utstyret. Tiltak som bør vurderes nærmere er f.eks. om det kan være mulig å kombinere ulike vedlikeholdsaktiviteter, foreta nødvendige modifikasjoner, vurdere bruk av redundans eller at det ikke skal innføres noen vedlikeholdsaktivitet.	Ingen formel for utregning av intervall. Her må intervallet evalueres individuelt for hver svikt.
C – Periodisk overhaling/service	Ved denne aktiviteten skal man komme i forkant av en sviktutvikling og gjenopprette utstyrets sviktmotstand. Det må vurderes hvor lag tid det vil ta før utstyret svikter på grunn av svekket tilstand. Denne tiden beregnes som MTTF. Ved stor usikkerhet i MTTF og høy kritikalitet bør intervallet for periodisk overhaling eller service gjøres vesentlig kortere.	<p>Det er fire ulike formler for å regne ut intervall for periodisk forebyggende vedlikehold (PFV). Disse avhenger av om enheten er kritisk eller ikke, og hvilken feilkarakteristikk den har.</p> <p>Feilkarakteristikker:</p> <ol style="list-style-type: none"> Etter en tid vil sviktintensiteten øke drastisk. Dette er en typisk type slitasjesvikt som oppstår når enheten er utslitt. Sviktintensiteten øker etter hvert som tiden går, men det er ikke noe tidspunkt der svikten viser noen drastisk økning i tendensen til å oppstå som følge av slitasje. <p>Feilkarakteristikk type 1 og ikke-kritisk:</p> $PFV = 50\% * MTTF$

		<p>Dette forutsetter å gi 90-95% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.</p> <p>Feilkarakteristikk type 1 og kritisk: $PFV = 25\% * MTF$</p> <p>Dette forutsetter å gi 99% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.</p> <p>Feilkarakteristikk type 2 og ikke-kritisk: $PFV = 25\% * MTF$</p> <p>Dette forutsetter å gi 90-95% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.</p> <p>Feilkarakteristikk type 2 og kritisk: $PFV = 10\% * MTF$</p> <p>Dette forutsetter å gi 99% sikkerhet for at svikten ikke oppstår.</p>
D - Periodisk utskifting	Ved denne aktiviteten skal enheten byttes ut før den forventes å svikte.	Intervall vurderes på samme måte som for C - periodisk overhaling og service. Forskjellen er at her består vedlikeholdet i å bytte ut utstyret eller deler av det og ikke gjøre en overhaling eller service.
E - Tilstandskontroll	For å estimere intervallet for denne typen vedlikeholdsstrategi, må det gjøres en vurdering av hvor lang tid det tar fra en potensiell svikt kan oppdages ved tilstandskontroll, til den vil gi en svikt på enheten. Dette tidsintervallet kalles for PF-intervallet.	Et anbefalt utgangspunkt for å fastsette intervallet for tilstandskontroll er å la dette intervallet være halvparten av PF-intervallet.
F – Planlagt korrektivt vedlikehold	Hvis svikten som oppstår ikke er kritisk, vil man i utgangspunktet velge planlagt korrektivt vedlikehold (kjør til svikt inntreffer). Hvis operatør registrerer at en sviktutvikling er på gang, og sviktmoden er kritisk, vil man kunne overvåke og kontrollere sviktutviklingen.	Ingen intervall – Kjør til svikt.

Tabell 5 - Forklaring over vedlikeholdsaktiviteter og formel for utregning av oppgaveintervall

