

Helle, Nora Baglo
Markussen, Jim Seo

Forbedre eksisterende løsning på nedvask av smoltkar ved generasjonsskifte.

Bacheloroppgave i havbruk
Veileder: Olsen, Rolf Erik
Medveileder: Baer, Andreas
Mai 2023

Helle, Nora Baglo
Markussen, Jim Seo

Forbedre eksisterende løsning på nedvask av smoltkar ved generasjonsskifte.

Bacheloroppgave i havbruk
Veileder: Olsen, Rolf Erik
Medveileder: Baer, Andreas
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for biologi



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Jim Seo Markussen og Nora Baglo Helle

**Forbedre eksisterende løsning på nedvask
av smoltkar ved generasjonsskifte.
Improve current solution for cleaning smolt
tanks between generations.**

Bachelor i ingeniørfag, Havbruk
Veileder: Rolf Erik Olsen
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Faculty of Natural Sciences
Department of Physics

RAPPORT BACHELOROPPGAVEN

Tittel

Forbedre eksisterende løsning på nedvask av smoltkar ved generasjonsskifte.
Improve current solution for cleaning smolt tanks between generations.

Prosjektnr

BIHAV_2020_5

Forfattere

Nora Baglo Helle
Jim Seo Markussen

Oppdragsgiver eksternt

Mowi ASA – Andreas Baer

Veileder internt

Rolf Erik Olsen

Rapporten er ~~ÅPEN~~/LUKKET (stryk ut det som ikke gjelder)

Dato levert 21.05.2023

Kort sammendrag

Rapporten handler om å finne løsninger som vil forbedre eksisterende rutine for nedvask av smoltkar mellom generasjoner av laks. HMS og fiskevelferd samt teknisk spesifisering på vaskeroboter har dannet grunnlaget for løsningsforslag.

Tiltak som automatisering og bruk av robotteknologi er blant annet foreslått.

The thesis looks at possible solutions to improve the cleaning routine of smolttanks between generations of salmon. The commissioners and needs and expectations were taken into account when looking for and presenting possible solutions.

Automating and use of robot technology is suggested as a solution.

Stikkord: Smoltkar, HMS, Fiskevelferd, RAS, ROV, Automatisering, Biofilm, H₂S

Keywords: Smolttank, EHS, Fishwelfare, RAS, ROV, Automation, Biofilm, H₂S

Forord

Oppgaven er skrevet av to studenter ved institutt for biologi, i emnet BMR3900 Bacheloroppgave Havbruksingeniør. Emnet avholdes det avsluttende året ved studieretningen Bachelor i Ingeniørfag, Havbruk, ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Trondheim.

Oppgaven tar for seg eksisterende løsning for nedvask av smoltkar og ser på mulige løsninger for å effektivisere prosessen hos oppdrettsanlegget Mowi ASA avd. Nordheim. Gruppen har brukt kvalitativ metode for innhenting av data og gjennomført en ståstedsanalyse, samt et tidsstudie av den eksisterende prosessen. Ved bruk av disse erfaringene har gruppen identifisert tidsbesparende prosesser og kommet med forslag til nye potensielle løsninger.

Vi ønsker å rette en stor takk til følgende:

Andreas Baer, områdeleder Settefisk Mowi ASA, for gode råd og innspill.

Viggo Gabriel Borg Pedersen for hjelp til å opprette kontakt med oppdragsgiver og formulering av problemstilling.

Mowi ASA avd. Nordheim på Aure og deres ansatte for godt samarbeid og god hjelp.

Rolf Erik Olsen, vår veileder ved NTNU for gode innspill og god veiledning.

Odd Ivar Mork, Eleni Kelasidi, Rune Rørstad, Geir Terje Nevøy og Vidar Melstveit for god hjelp underveis.

Sammendrag

Oppgaven tar for seg eksisterende løsning for nedvask av smoltkar ved generasjonsskifte av laks hos Mowi ASA avd. Nordheim. Dagens løsning som brukes ved anlegget blir presentert. Det blir sett på de ulike alternativene for nedvask som eksisterer i dag og potensielle løsninger blir nevnt.

Landbasert oppdrett står ovenfor store endringer i nær fremtid, som en konsekvens av tilrettelegging for produksjon av postsmolt opp til 1 kg. Dette fører til nye problemstillinger som krever effektive løsninger. I lys av dette ble problemstillingen gruppen fikk presentert, ansett som en god mulighet til å bruke de verktøyene studiet har gitt oss. Disse ferdighetene gjør oss i stand til å finne en løsning som tar hensyn til laksens biologiske premisser sammen med en teknologi som effektivt kan løse problemet.

Dagens settefiskanlegg vokser i størrelse, og trenden går mot større kar. Ved generasjonsskifte av laks er det nødvendig å gjennomføre nedvask av karene. Dette er for å hindre eventuell smitte av sykdom eller spredning av uønskede bakterier fra en generasjon til en annen. Prosessen er i dag utført manuelt og i anlegg hvor man har store kar er dette tidkrevende. Hovedutfordringen er de største overflatene i karet (gulv og vegger). Gruppen synes derfor det var spennende å se om det var mulig å effektivisere denne prosessen. Samtidig som man letter arbeidsbelastningen på de ansatte som gjennomfører nedvask og ivareta fiskens behov.

Det er benyttet kvalitativ undersøkelsesmetode ved hjelp av samtaler, litteraturstudie og bedriftsbesøk for å løse oppgaven. Grunnlaget for dette valget er at de ansatte ved Nordheim kjenner nedvaskprosedyrene godt og har god kunnskap om hvilke utfordringer prosessen har i dag. De har drevet med nedvask i lang tid og

har gitt oss gode, utdypende svar på prosedyren. Det er også gjort en ståstedsanalyse og et tidsstudie av vaskeprosessen, samt at man har kontaktet en rekke leverandører av utstyr og tjenester i næringen.

Etter å ha gjennomført kvalitative undersøkelser og diskutert relevant teori opp mot våre funn, er følgende anbefaling:

Å gå til anskaffelse av vaskeroboter som kan gå kontinuerlig i karene. Dette vil potensielt eliminere biofilm fra de største overflatene i karene. Som igjen vil redusere den fysiske og tidsmessige påkjenningen vasking av kar utgjør idag. Dette vil også være et aktivt tiltak mot produksjon av H_2S .

Abstract

This thesis looks at how the landbased facility Mowi ASA Nordheim cleans their smolt tanks between generations of Salmon. Their current cleaning routine is presented and the group looks at the solutions currently on the market as well as unfinished or ongoing research and products.

The reason the group chose this issue is because the aquaculture industry is investing heavily in salmon land based aquaculture. There has long been done research on seabased aquaculture, and the group found it interesting to look at the land-based side, as this is an area the group is not well versed in.

Today's trend of landbased aquaculture is going towards larger facilities as well as larger smolt tanks. With every new generation of salmon the smolt tanks have to be washed and disinfected. This to prevent spreading of any potential diseases or unwanted bacteria to the next generation. This process is currently being done manually by using a pressure washer. It is a time consuming and heavy task. We therefore wanted to look at possible solutions for making this easier and more effective.

During the thesis, qualitative methodology has been used, by talking with workers at the facility, literature study and visitation at the facility. The reason for this choice is due to the knowledge held by the workers at Nordheim. They have given us deep insight to the washing process. There has also been conducted a time study of the process as well as a point of view analysis (PoV). We have also contacted suppliers in the industry to look at the different options that currently exist.

After having carried out the qualitative studies and discussed relevant theory in regards to our findings we have reached the following recommendation:

Our recommendations as of today is to invest in washing-robots who can run continually in the smolt tanks. this will potentially eliminate the biofilm present on the primary surfaces of the tanks (walls and floor). By doing so, it should reduce/alleviate the physical strain endured by the workers and significantly reduce the time required for the cleaning operations. It will also be an active measure for reducing production of H_2S

Innhold

Forord	i
Sammendrag	i
Contents	viii
Figurer	viii
Tabeller	x
Forkortelser	xii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn og motivasjon	1
1.2 Oppdrett av laks i Norge	1
1.3 Mowi ASA - verdens ledende sjømatselskap	2
1.4 Problembeskrivelse	2

1.5	Avgrensning av oppgaven	3
1.6	Resultatmål	3
1.7	Effektmål	4
1.8	Rapportens struktur	4
2	Teori	5
2.1	Laksen (<i>Salmo salar</i>)	5
2.2	Ferskvannsfasen - i settefiskanlegg på land	7
2.3	Hvilke utfordringer byr RAS på	13
2.4	Nedvask av anlegg - hva er utfordringene	15
2.5	Løsninger for nedvask	16
2.5.1	Maskin som verktøy	16
2.5.2	Kavitasjon som vaskemetode	17
2.5.3	Høytrykksspyling	18
2.5.4	Børstevask	19
2.5.5	Robotarm	19
2.6	Helse, miljø og sikkerhet - HMS	20
3	Metode	23
3.1	Metode	23
3.1.1	Kvalitativ metode	25
3.1.2	Litteraturstudie	25
3.1.3	Dokumentstudier	25
3.1.4	Samtaler med Nordheim og andre bedrifter	26

4	Ståstedsanalyse	27
4.1	Dagens system for gjennomføring av nedvask	27
4.2	Utfordringer med dagens system	28
5	Tidsstudie	35
5.1	Tidsstudie av dagens løsning for nedvask	35
6	Funn	37
6.1	Funn fra ståstedsanalyse	37
6.2	Funn fra tidsstudie	38
6.3	Funn fra kvalitative undersøkelser	39
7	Diskusjon	42
7.1	Diskusjon av funn i ståstedsanalyse	42
7.2	Diskusjon av funn i tidsstudie	45
7.3	Diskusjon av funn fra kvalitative undersøkelser	46
7.4	Diskusjon av funn fra litteraturstudier	51
7.5	Feilkilder - metodens validitet	53
8	Konklusjon	55
8.1	Personlige refleksjoner	58
	Bibliografi	62
	Vedlegg 1 - Taushetsavtale Jim Seo Markussen	63
	Vedlegg 2 - Taushetsavtale Nora Baglo Helle	64

Vedlegg 3 - Standardavtale bachelor	65
Vedlegg 4 - Kontaktlogg	71
Vedlegg 5 - Skjema for kontroll av vask og desinfeksjon	72
Vedlegg 6 - Samlet data vaskeroboter	73
Vedlegg 7 - Produktdata Axuda Mini 2S (Meox)	74
Vedlegg 8 - Brukermanual TankRobot X1 (Troll Systems)	76
Vedlegg 9 - Brukermanual RobotROV x3 (Troll Systems)	89
Vedlegg 10 - Håndbok for vasking og desinfisering av kar fra Mowi ASA	96

Figurer

1	Villaksens livssyklus	6
2	Laksens livssyklus i oppdrett	7
3	RAS vs FTS	9
4	Fisketankmiljø	10
5	RAS-sløyfe	11
6	Tankkonstruksjon startforing	13
7	Laksens velferdsbehov	15
8	Notvask med ROV i Lurøy kommune. Foto: Joar Time/AKVA group (8)	17
9	Bruk av børster på sjø- og landanlegg	19
10	Reach Bravo Mk2, robotarm designet for maritimt miljø (ReachRo- botics, 2023)	20
11	Tunge løft	22
12	Flytting	29
13	Nye anlegg under utbygging	30

14	Høytrykksspyler	31
15	FTC Starføring	32
16	Høytrykksspyler som brukes i nedvask av kar per dags dato.	33
17	Løsning for uttak av høytrykkspyling ved kar	34

Tabeller

1	Fremgangsmåter benyttet i oppgaven	24
2	Dokumenter sendt fra Mowi og leverandører av robotvaskere	26
3	Oversikt over tidsbruk på nedvask i RAS 3 avdeling D	36

Forkortelser

Liste over alle forkortelser i alfabetisk rekkefølge

- **ATP** Adenosine triphosphate
- **AUV** Autonomous Underwater Vehicle
- **FCR** feed conversion ratio
- **FTS** Flow through system - gjennomstrømningsanlegg
- **HMS** Helse, Miljø og Sikkerhet
- **PoV** Point of View analysis
- **PFF** Precision Fish Farming
- **RAS** Recirculating Aquaculture systems
- **ROV** Remotely Operated Vehicle
- **TAN** Total ammonium nitrogen

KAPITTEL 1

Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

Ved starten av vårsemesteret tok gruppen kontakt med ulike aktører innenfor havbruksnæringen. Gruppen ønsket seg en bachelor knyttet opp imot utfordringene som oppstår i den daglige driften av et oppdrettsanlegg. Gjennom dialog med Mowi ASA ble gruppen presentert for oppgavens nåværende problemstilling - utfordringer i settefiskanlegg knyttet til nedvask av smoltkar. Denne prosessen må gjennomføres ved hvert generasjonsbytte av laks, og er per dags dato en tidkrevende prosess som også har utfordringer knyttet til HMS. Gruppen synes denne problemstillingen var interessant og ønsket å se nærmere på hvordan en slik vaskeprosess kunne forbedres.

1.2 Oppdrett av laks i Norge

Næringens begynnelse

Det man regner som verdens første lakseanlegg ble til på Hitra i 1970 da brødrene Ove og Sivert Grøntvedt setter ut 20 000 laksesmolt på Hitra (Sjømat Norge, 2011). Næringen har siden den tid vært i sterk utvikling og vekst, det finnes i dag

flere hundre lakseanlegg langs norskekysten. Målrettede investeringer i forskning og utvikling har bidratt til en kraftig vekst og gjort havbruksnæringen til Norges nest største eksportnæring etter olje og gass (Regjeringen, 2021). Den lange norskekysten har vist seg å gi svært gode forhold for lakseoppdrett med temperaturer og strømmer i havet som gjør oppvekstvilkårene optimale for laks (Sjømat Norge, 2011).

1.3 Mowi ASA - verdens ledende sjømatelskap

Mowi ASA startet beskjedent i 1964 med noen få pionerer som startet med fiskeoppdrett i bakgården. Siden den gang har veksten vært enorm og selskapet er i dag verdensledende sjømatelskap og verdens største produsent av atlantisk laks. Selskapet opererer i hele 25 land og sysselsetter 11 800 personer. (Mowi, 2023)

Mowi ASA avdeling Nordheim er et av disse anleggene. Det ligger i Aure kommune og er et settefiskanlegg som produserer laks til utsett i sjø langs hele kysten av Midt-norge. Nordheims gjeldende konsesjon fra 23.12.2019 er på 20 millioner fisk på inntil 250 gram, med en ramme på 5.000 tonn produsert biomasse (Bjarte Tveranger, 2008). I juni 2020 søkte de om utvidelse for produksjonen av postsmolt (laks som har gått igjennom smoltifisering) fra 250 g opp til 1 kg og en økning i produksjon til 9.000 tonn fisk. I dag har lokaliteten tre resirkuleringsanlegg (RAS) og er i ferd med å utvide anlegget. (Johnsen et al., 2022)

Nordheim er i ferd med å bli Mowis største landbaserte anlegg med produksjonskapasitet opp med 20 millioner smolt. Anlegget på Nordheim har siden 2009 vært driftet på resirkuleringsteknologi og har en resirkuleringsgrad på 99,9%, hvor det kun er behov for ca 0.4 kubikk nytt vann per minutt ved maks utnyttelse av de tre eksisterende RAS-anleggene. (Kyst.no, 2018)

1.4 Problembeskrivelse

Vask av smoltkar anbefales ved hvert generasjonsbytte av laks i alle settefiskanlegg på grunn av fare for smittespredning på tvers av generasjoner. Per i dag er dette en tidkrevende prosess som gjennomføres for hånd med høytrykksspyler. Det er også knyttet risiko til denne prosessen da det brukes kjemikalier til rens av smoltkarene, samt at høytrykksspyleren også representerer en risikofaktor. Den gjentakende naturen til arbeidsprosessen representerer en utfordring knyttet til HMS. Det er tidligere sett på flere alternative løsninger fra tredjepartsbedrifter som ikke har oppfylt kriterier for bruk. Oppgaven tar for seg alternativer for gjennomføring av vask og effektivisere nåværende prosess. Det vil bli gjennomført en ståstedanalyse

for å kartlegge hvordan prosessen gjennomføres i dag og man vil se på eventuelt planlagte forbedringer. Samtidig ønsker gruppen å utføre en tidsstudie av eksisterende prosess og videre identifisere eventuelle tidsbesparende prosesser.

1.5 Avgrensning av oppgaven

Oppgaven tar for seg prosedyre for nedvask av smoltkar ved settefiskanlegget Nordheim. Anlegget består i dag av tre RAS-avdelinger samt et klekkeri. Planlagte utvidelser er under utbygging (RAS 4, 5 og 6) og RAS 7 og 8 er under planlegging. I RAS 2 og 3 finner man anleggets største smoltkar per dags dato (16 meter i diameter), og det er i disse at nedvask tar lengst tid og er mest utfordrene. Tidsberegning av nedvask for klekkeri og RAS 1 er likevel nevnt, da det er relevant for den totale belastningen av nedvask. Når de resterende anleggene som er under bygging/planlegging ferdigstilles, vil disse blant annet ha smoltkar som er 20 meter i diameter. Oppgaven tar derfor for seg nedvask av smoltkar i RAS 2 og RAS 3 fordi disse anleggene per dags dato står for størsteparten av tidsbruken. Eventuelle løsninger for disse anleggene vil også være relevante for de kommende anleggene.

1.6 Resultatmål

Det er satt følgende resultatmål for oppgaven:

- Resultatmål 1: Gjennomføre ståstedsanalyse for å kartlegge dagens prosedyre for gjennomføring av nedvask av smoltkar hos Mowi ASA avd. Nordheim
- Resultatmål 2: Gjennomføre tidsstudie av dagens prosedyre for gjennomføring av nedvask av smoltkar hos Mowi ASA avd. Nordheim, samt identifisere de mest tidkrevende delene av nedvasken. Identifisere eventuelle tidsbesparende prosesser og/eller mulige forbedringer.
- Resultatmål 3: Gjennomføre kvalitative undersøkelser - identifisere Mowi ASA avd. Nordheims behov og ønsker, innhente relevant informasjon om eksisterende løsninger for nedvask fra aktører i næringen.
- Resultatmål 4: Benytte innsamlet informasjon til å anbefale en løsning.

1.7 Effektmål

Gjennom oppgaven ønsker gruppen å være med å bidra med en løsning på problemet som Mowi kan benytte seg av.

1.8 Rapportens struktur

Oppgaven består av 7 hovedkapitler, konklusjon, forord og sammendrag. Oppgavens resultatmål er besvart i følgende kapitler.

Kapittel 1 er oppgavens innledning. Det består av flere underkapitler og tar for seg bakgrunn og motivasjon for oppgaven, samt problembeskrivelse og avgrensning. Oppgavens resultatmål og effektmål er også beskrevet i dette kapitlet. Det gis også en introduksjon til selskapet Mowi ASA og deres rolle i oppgaven.

Kapittel 2 presenterer nødvendig teori rundt de ulike temaene oppgaven tar for seg. Den gir en kort innføring i laksens livssyklus og hvordan man driver fiskeoppdrett. De ulike måtene å drive settefiskanlegg på blir presentert, og det gis en innføring i hvordan resirkuleringsanlegg (RAS) fungerer. I tillegg blir det mikrobielle miljøet i et smoltkar beskrevet og nødvendigheten av god nedvask mellom fiskegenerasjoner forklart. Siste delkapittel gir en innføring i de ulike metodene for nedvask som finnes og mulige utfordringer knyttet til hver enkelt av disse. Nedvask av resirkuleringsavdeling er ikke inkludert i oppgaven.

Kapittel 3 gir en beskrivelse av hvordan gruppen har jobbet for å innhente informasjon i oppgaven.

Kapittel 4 besvarer resultatmål 1 og inneholder ståstedsanalysen og presenterer dagens løsning for nedvask og desinfisering av smoltkar ved anlegget.

Kapittel 5 besvarer svar på resultatmål 2 og inneholder tidsstudiet av dagens løsning for nedvask og desinfisering av smoltkar.

Kapittel 6 er resultatkapitlet og besvarer resultatmål 3, samt presenterer gruppens funn.

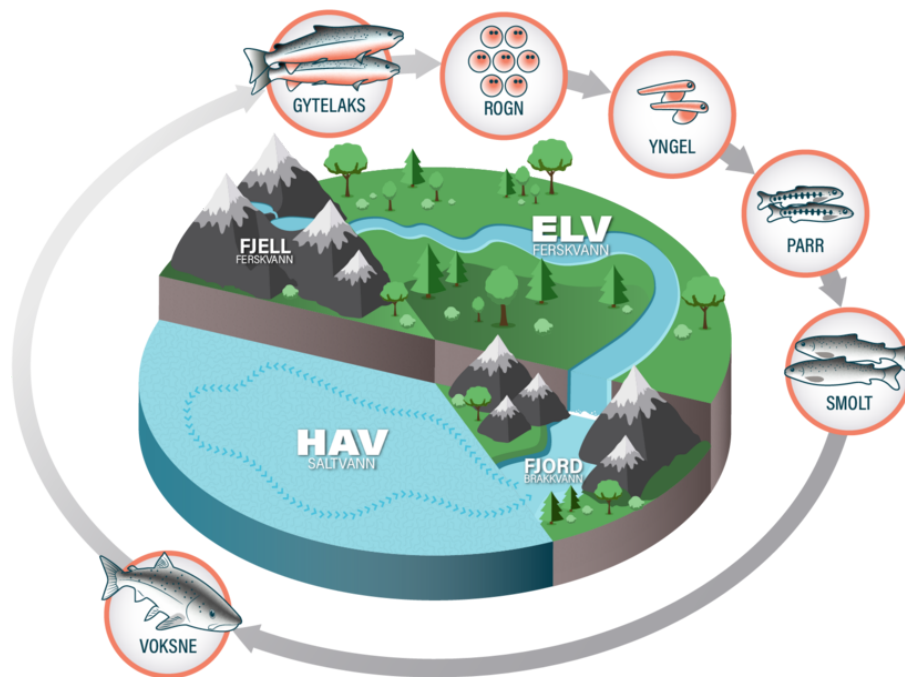
Kapittel 7 inneholder oppgavens diskusjon.

Kapittel 8 presenterer oppgavens konklusjon og inneholder også svar på resultatmål 4.

2.1 Laksen (*Salmo salar*)

Villaksens livssyklus

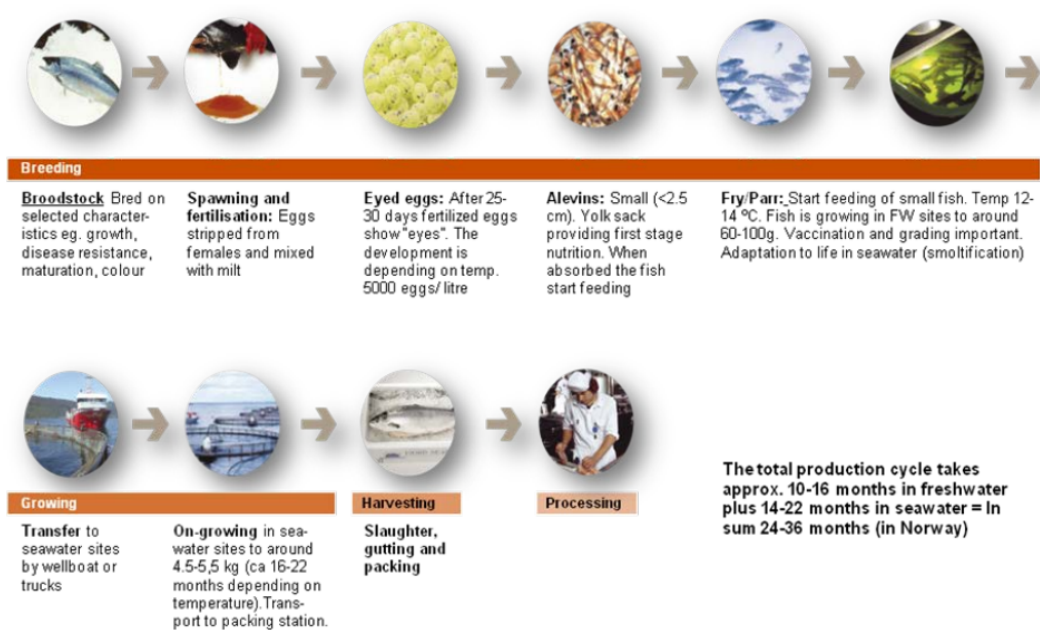
Den atlantiske laksen (*Salmo salar*) klekkes i ferskvann, hovedsakelig i elver og bruker mellom 1-7 år i dette stadiet. I løpet av denne tiden er laksen innom en rekke ulike vekststadier (Figur 1). Når laksen når smoltstadiet går den igjennom en fysiologisk endring som gjør den i stand til å overleve i saltvann. Endringen kalles smoltifisering og signaliserer ofte starten på laksens migrasjon til havet. Laksen blir i sjøen mellom 1-5 år hvor vekstforholdene er bedre enn i ferskvann. Når laksen blir kjønnsmoden, finner den veien tilbake til sin oppvekstelv og gyter der. (Havforskningsinstituttet, 2022)



Figur 1: Villaksen gyter og tilbringer de første delene av livssyklusen i ferskvann, deretter gjør næringsvandring til sjøvann. (Nasjonalt Villakssenter, 2023)

Laksens livssyklus i oppdrett

Oppdrettslaksens livssyklus er naturligvis annerledes enn villaksens (2). I kommersielt oppdrett blir den første fasen, ferskvannsfasen, gjennomført på land i det man kaller settefiskanlegg. Der har man laksen fra rogn til den er klar for utsett i sjø. I løpet av den perioden går fisken igjennom smoltifisering - den fysiologiske endringen som gjør laksen i stand til å overleve i sjøvann. Når fisken når en størrelse mellom 60-100 gram er den klar for utsett i sjø. Der blir den i mellom 12-18 måneder frem til den har nådd en størrelse på 5-6 kg. Varigheten på de ulike fasene varierer fra anlegg til anlegg og mellom ulike selskap, vanntemperatur har også en del å si. På grunn av utfordringer i sjøvannsfasen har oppdretterne begynt å holde laksen i ferskvannsfasen lengre, helt opp mot 1 kg. En høyere utsettsvekt har vist seg å gi en mer robust laks og gi lavere dødelighet i sjø. (Berge, 2014)



Figur 2: Hos Mowi er fiskens livssyklus delt opp i ferskvann og sjøvannsfase. ASA, 2015

2.2 Ferskvannsfasen - i settefiskanlegg på land

Avfall i åpne mot lukkede systemer

Alle organismer som lever i vann er i konstant interaksjon med mediumet de lever i. Det foregår gassutveksling, osmoregulering og ekskresjon av avfallstoffer. De lever også i tettere tilknytning til bakterier enn terrestriske dyr. Konsentrasjonen av mikrober er langt høyere enn i luften, og man har en tettere utveksling mellom tarm-mikroflora og vannet. (Attramadal, 2017a)

I et åpent system, som i sjø, vil vannmassen fortynne avfallsprodukter samtidig som fisken fritt kan svømme unna områder med dårlig vannkvalitet. I et lukket system vil derimot avfallsproduktene fra fisken bli konsentrerte, og de blir værende i vannet som omringer fisken. I fangenskap vil ikke fisken ha mulighet til å forlate områder med sub-optimale forhold. For å legge til rette for god fiskehelse og velferd er det derfor nødvendig å sørge for at vannkvaliteten i systemet gir fisken best mulige forutsetninger for vekst og trivsel. (Attramadal, 2017a)

Settefiskanlegg

I Norge benytter man i hovedsak to ulike måter å drive settefiskanlegg på.

Gjennomstrømningsanlegg - også kalt flow through system (FTS)

I følge Artec Aqua (Artec Aqua, 2023) har gjennomstrømningsanlegg vært den grunnleggende teknologien fra oppdrettsnæringens opprinnelse. Anlegget krever ofte lavere investeringskostnad enn andre anlegg. Fra et biologisk perspektiv er gjennomstrømningsanlegg det nærmeste man kommer naturen. Det er også enkelt å drifte og har stor driftsikkerhet. Til drift benytter anlegget råvann (ferskvann og/eller sjøvann) og vannet renner rett gjennom karene uten noen form for resirkulering eller gjenbruk. Enkelte anlegg behandler inntaksvannet med en kort behandlingsløyfe, mens andre tilsetter kun oksygen før vannet går inn i karet.

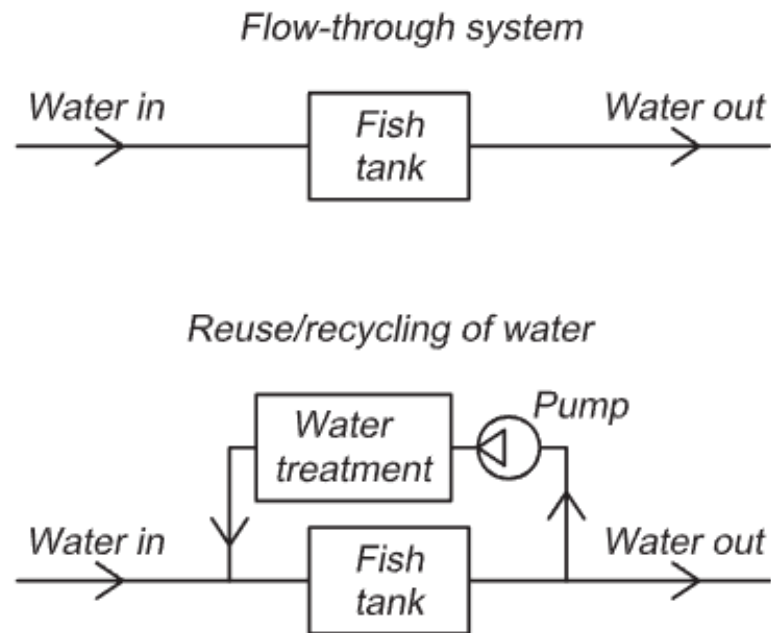
Ulempen med gjennomstrømningsanlegg er at det krever en råvannskilde med tilstrekkelig volum og kvalitet for å drifte anlegget. Det krever også en del energi å holde ønsket vanntemperatur i løpet av vinterhalvåret. (Attramadal, 2017b)

Resirkuleringsanlegg - resirkulerende akvakultursystemer (RAS)

Den andre måten å drive settefiskanlegg på er ved bruk av RAS. Denne metoden har blitt mer og mer populær i senere år og flere lokaliteter har gått over til denne typen anlegg. I et RAS-anlegg (Figur 3) blir vannet i systemet resirkulert og brukt på nytt. Graden av resirkulering varierer fra anlegg til anlegg og er avhengig av de miljøkravene arten i anlegget stiller. (Attramadal, 2017b)

I et RAS-anlegget er volumet av inntaksvann lavere enn i et FTS-anlegg. Et lavere inntaksvolum betyr at man trenger mindre energi for oppvarming, og man er ikke avhengig av en råkilde av høyt volum og kvalitet for å drive. Dermed blir heller ikke lokasjon av anlegget like viktig. Med et lavere inntaksvolum er det også mulig å skape og vedlikeholde sterke hygieniske barrierer. Et RAS-anlegg gir en unik mulighet til å skape stabilitet og kontroll for det systemet man har fisken i. Et lukket system reduserer tap og minsker risiko for helserisiko. Et lukket system gir også mulighet for en høy grad av miljøkontroll med en konstant og regulerbar vannkvalitet. (Attramadal, 2017c)

Til gjengeld krever RAS-anlegg en høy investeringkostnad, samt at de har høye driftskostnader. Det er også nødvendig med høy grad av kunnskap og kompetanse blant de ansatte. For at et slikt anlegg skal fungere optimalt må det drives kontinuerlig og det er mer sårbart for tekniske feil og har redusert reaksjonstid for feil. (Attramadal, 2017c)



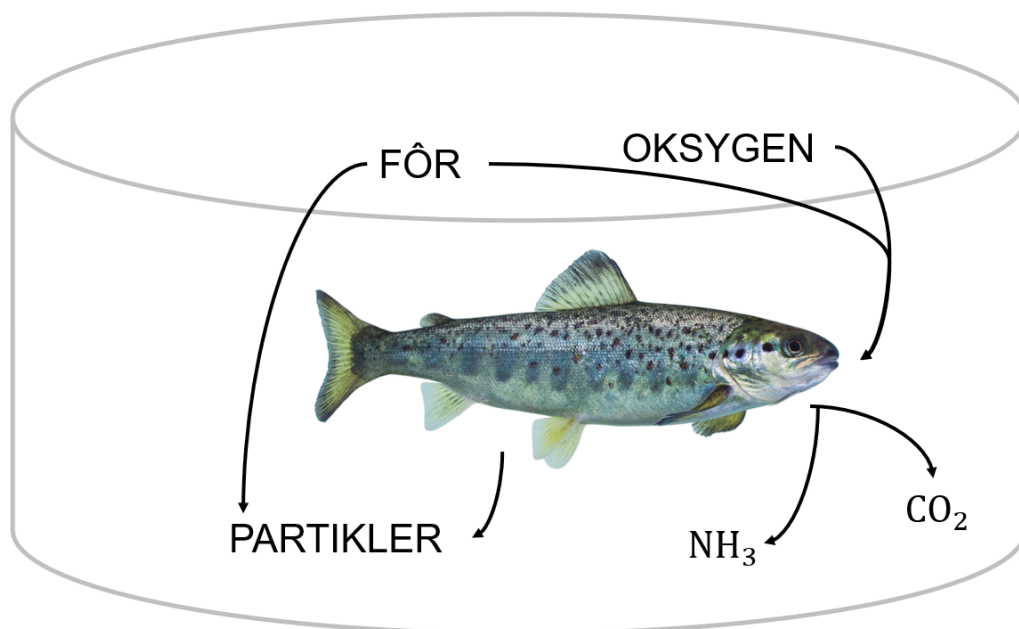
Figur 3: Settefiskanlegg driver hovedsakelig på to ulike måter, gjennomstrømmingsanlegg (flow-through system) og resirkuleringsanlegg (RAS - resirkulerende akvakultursystem). («Recirculation and Water Re-use Systems» 2007)

God vannkvalitet er avgjørende for god drift

Før inntaksvann kan brukes i produksjon må det behandles for å sørge for at man opprettholder de hygieniske barrierene og ikke slipper inn sykdom i anlegget. Inntaksvannet blir som regel behandlet med desinfeksjon for å sørge for dette. (Attramadal, 2017b) Vannkvaliteten i et anlegg påvirker fisken og kan ha noe å si for en rekke ulike faktorer. Fisken er avhengig av blant annet riktig temperatur, god oksygentilførsel, samt et lavt antall partikler i vannet. Det er godt dokumentert at en høy andel partikler i vannet kan ha negativ effekt på fiskens helse og velferd og særlig fiskens ømfintlige gjeller kan ta skade (Krüger Kaldnes, 2020). God eller dårlig vannkvalitet kan påvirke (Mota, 2017):

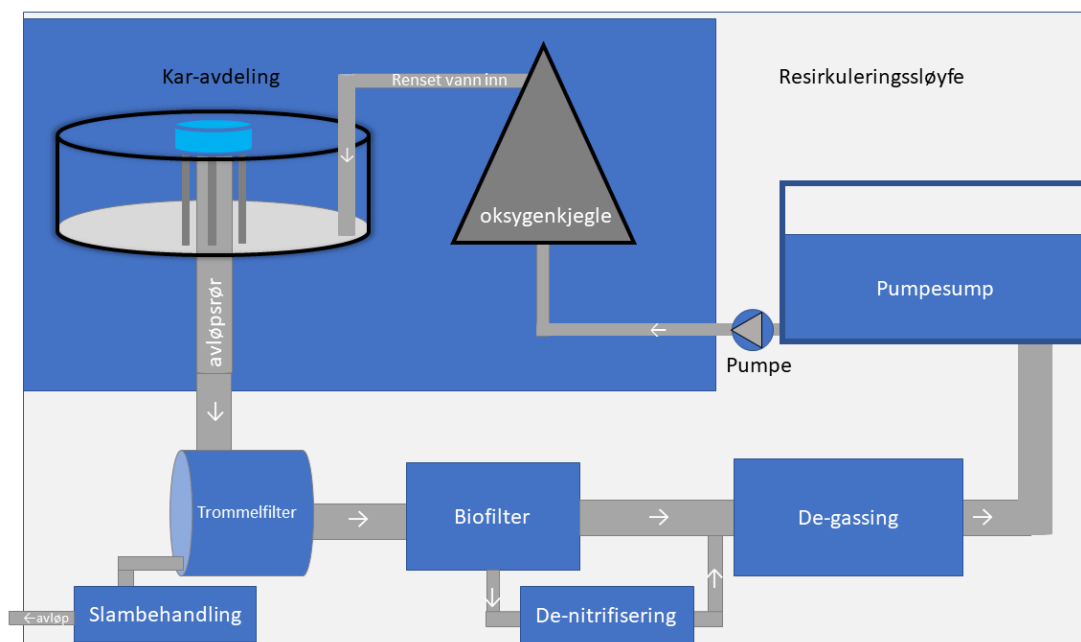
- Overlevelsesrate
- Fiskehelse og velferd
- Hvor godt fisken utnytter føret (feed conversion ratio FCR)
- Genetisk vekstpotensiale
- Kvalitet på filet

Fisken påvirker vannkvaliteten til vannet i smoltkaret (Figur 4). Gjennom drift tilsettes det fôr og oksygen i karene. Fisken bruker oksygen til respirasjon og fôr til å vokse. Fisken frigjør ekskresjonsproduktet karbondioksid CO_2 via respirasjon og samtidig skiller fisken ut nitrogen igjennom nitrogenmetabolisme. Den største andelen av nitroget som skilles ut, skilles ut som TAN (total ammonium nitrogen). TAN forekommer i to former NH_3 og NH_4^+ , hvilken form som dominerer avhenger av pH. Både CO_2 og TAN (særlig NH_3 som vil dominere ved høy pH) er skadelig for fisken ved økte konsentrasjoner. I tillegg vil partikler fra feces og fôrrester bidra til frigjøring av både TAN og CO_2 , samt gi økt risiko for irritasjon på gjellene. I et vannmiljø med lett tilgang på oksygen og organisk materiale vil det også være god grobunn for bakterier. For at vannet skal kunne brukes igjen må det først gjennom en resirkuleringsløyfe hvor partikler fjernes og skadelige gasser stripes vekk. (Fjellheim et al., 2016)



Figur 4: Fisken påvirker vannkvaliteten i karet ved å forbruke fôr og oksygen i sin metabolisme. (Illustrasjon av Baglo 2023)

Vann som har vært i smoltkaret ledes ut gjennom et avløpsrør og videre inn i resirkuleringsavdelingen. Før vannet kan gjenbrukes må det gjennom en rekke steg hvor både både organisk materiale, karbondioksid og TAN fjernes. Enkelte RAS-anlegg gjenbraker opp mot 99,5% av vannet i systemet, som betyr at veldig lite av vannet skiftes ut. Avsnittet under tar for seg oppbyggingen av resirkuleringsavdelingen i RAS 3 ved Nordheim og de viktigste stegene i resirkuleringsløyfen (Figur 5).



Figur 5: RAS-sløyfen består av en rekke steg som behandler vannet før det kan føres tilbake igjen til karet. (Illustrasjon av Baglo 2023)

Steg 1 består av partikkelfjerning via mekaniske filter. Tre trommelfilter fjerner de største partikkelene, som feces og fôrrester fra vannet. Vannet går gjennom en trommel og ut via de laterale veggene som er lagd av netting. En rekke med dyser spyles nettingen for å sørge for kontinuerlig rengjøring. For fisk som krever vann med mindre partikler finnes det også ytterligere filter som kan brukes i dette steget.

Steg 2 består av biofilter. Alle avdelinger på Nordheim har det man kaller fixed bed filters. I biofiltrene foregår nitrifisering. Nitrifisering er prosessen der TAN NH_3 og NH_4^+ omgjøres til nitritt (NO_2) (mellomprodukt) og nitrat (NO_3) (sluttprodukt). Denne nitrifiseringen utføres av nitrifiserende bakterier som er avhengige av oksygen for å fungere. I biofiltret vil det samtidig foregå nedbrytning av organisk materiale som også krever oksygen. God oksygentilførsel er derfor viktig i biofilter. I tillegg til å fjerne nitrogen fra vannet fungerer også fixed bed biofilter som mekaniske filter, fordi partikkelene blir igjen i filteret på grunn av utformingen. Hver avdeling av RAS 3 har 5 biofiltre som fjerner nitrogen og små partikler fra vannet.

Steg 3 På grunn av den høye graden av resirkulering vil det etter hvert skje en opphopning av nitrat i vannet. Dette er ugunstig for både fisken og systemet. Derfor må anlegg med høy grad av resirkulering (som Nordheim) ha filter som også fjerner nitrat fra vannet. Til dette brukes anaerobe biofiltre på en delstrøm av RAS-vannet. Ved å tilsette organisk materiale (eget slam fra anlegget eller metanol) kan man redusere konsentrasjonen av nitrat i vannet. Dette skjer ved hjelp av bakteriearter som bruker nitrat til å oksidere energikilden (organisk materiale) i

fravær av oksygen.

Steg 4 Både fiskens metabolisme og de heterotrofe bakteriene produserer CO_2 . De-gassing eller CO_2 fjerning er derfor et nødvendig steg i resirkuleringen. Dette skjer i et rislefilter hvor oksygen pumpes inn i vannmassene ved bruke av perforerte luftesteiner eller lignende.

Før vannet sendes ut igjen til smoltkarene, samles det i pumpesumpen og pumpes deretter ut i karavdelingen. Der går det igjennom oksygenkjegler og deretter ut i karene.

I enkelte anlegg har de også et steg hvor de desinfiserer vannet. Bakteriekulturen i RAS kan være ømfintlig, og desinfisering kan føre til at enkelte nisjer åpnes for opportunistiske bakterier. Dette er ikke ønskelig da man helst vil ha et stabilt vannmiljø i karet. Sterke desinfeksjonsmiddel som lut, hydrogenperoksid eller metoder som UV-lys eller ozon kan derfor forstyrre bakteriekulturen i et anlegg og føre til oppblomstring av ugunstige bakterier. Plassering av desinfeksjonssteg må derfor være nøye gjennomtenkt. Man ønsker et stabilt bakteriemiljø med K-selekterte bakterier for et godt biotisk miljø. En god bakteriekultur vil kunne gi positive effekter i form av økt helse og velferd for fisken. (Fjellheim et al., 2016)

Utforming av kar

Det finnes en rekke ulike måter å utforme kar på. Karet bør være laget slik at det har god vannstrøm i karet og at det ikke blir dødsoner hvor vannet ikke har like god sirkulasjon og hvor slam kan samle seg. (Attramadal et al., 2019)

Karene på Nordheim er tilnærmet runde med et avløpsrør sentralt i karet (Figur 6). Rundt avløpet står det man kaller en fish tank cleaner (FTC) med rist som hindrer fisk i å forsvinne ut i avløpet. Rør går fra FTC og ned til bunnen av karet hvor slam, dødfisk og annet avfall blir sugd opp av vannstrømmen og forsvinner ut avløpet.



Figur 6: Karene i startføring ved Nordheim er 6 meter i diameter og har en rund utforming. I midten av røret står fish tank cleaneren (i blått) med avløpsrør, rist og rør vil å frakte opp slam og dødfisk fra bunnen av karet. (Foto av Baglo 2023)

2.3 Hvilke utfordringer byr RAS på

Et RAS-anlegg krever en høyere kompetanse for drift blant de ansatte enn ved et vanlig gjennomstrømningsanlegg. Ikke bare skal man kjenne fiskens krav til vannmiljø, man må også kjenne systemets krav. Det er også viktig å forstå hvordan systemet fungerer slik at man gjenkjenner tegnene om det skulle oppstå endringer i vannmiljøet. (Attramadal, 2017b)

Mikrobiell kontroll mellom generasjoner

Det finnes mange bakterier som er gunstige for å etablere et mikrobielt miljø i vannet som bidrar positivt til veksten hos fisken. Et godt mikrobielt miljø kan gi høyere appetitt, tidligere vekst, gi høyere vekt og økt overlevelsesrate for larver og juvenile. (Vadstein et al., 2018) Disse gunstige bakteriene kalles K-selekterte

bakterier og er ofte saktevoksende bakterier som skaper et stabilt miljø hvor antallet bakterier ligger tett opp mot bæreevnen når det kommer til mattilgang per bakterie. (Attramadal, 2015)

Det finnes dog bakterier som man ikke ønsker i anlegget. Disse kalles patogener og kan gi sykdom hos fisken. De er ofte r-selekterte bakterier (opportuniste) som har rask vekst og gir et uforutsigbart miljø i vannet. For å unngå disse bør man ha mange hygieniske barrierer mellom RAS og utsiden, samt sørge for å holde bakterieantallet nede. Dette kan man oppnå ved å ha de ulike resirkulerings-sløyfene fysisk adskilt fra hverandre og å redusere bæreevnen for bakteriene (fjerne organisk materiale så raskt og skånsomt som mulig). Man vet enda lite om mikrobiotaen i kommersielle RAS for settefisk. (Attramadal, 2015)

Ved nedvask er det viktig å kontrollere at man har fått vasket karet ordentlig. På Mowi ASA avd. Nordheim benyttes det en ATP måler for å undersøke om nedvasken er godkjent. En ATP-måler måler hvor mange celler det finnes på et område eller i en væske. ATP står for adenosintrifosfat og er et molekyl man finner i enhver levende celle. (Bakke, 2022)

Biofilm og dannelse av H_2S

I smolttankene er det lett tilgang på oksygen, lys og organisk materiale. I løpet av produksjontiden fisken er i karene vil det derfor være gode forhold for produksjon av biofilm. Biofilmen gir gode vekstvilkår for bakterier. Man må vaske ned og desinfisere smoltkarene mellom hvert generasjonsbytte. Dette er for å hindre ukontrollert bakterievekst og spredning av sykdom (Gaarden, 2020)

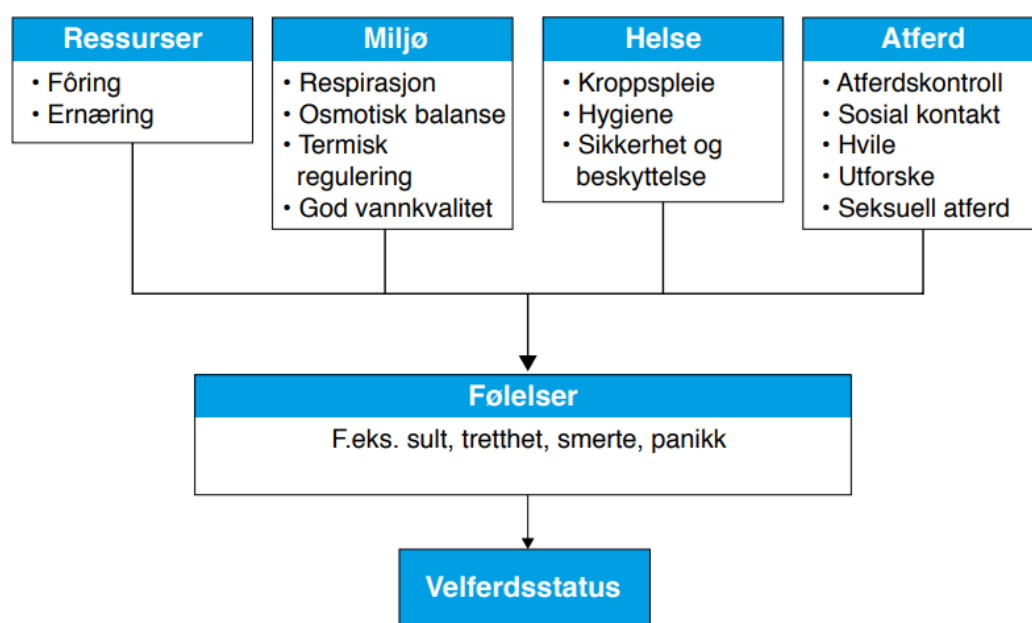
I løpet av prosessen fisken er i karet (ca 3 mnd per avdeling) vil det dannes biofilm på alle overflater som er under vannoverflaten. "*Biofilm er et strukturert samfunn av bakterier som er festet til en overflate og til hverandre. [...] Bakterier foretrekker å vokse i en biofilm, da biofilmen gir bakteriene økt overlevelsesmulighet og mulighet til å bli værende i et spesielt miljø*" (Lönn-Stensrud, 2022). Man finner biofilm overalt, og den kan dannes på enhver overflate eller i skiftet mellom luft og væske. (Lönn-Stensrud, 2022)

Når bakterier får bryte ned slam som får ligge i fred og råtne, dannes det giftig hydrogensulfid (H_2S). Det skal lite slam til for å produsere mengder av gassen som er giftig for fisk. I et studie som undersøkte produksjon av (H_2S) i RAS-anlegg ble det målt bakgrunnsnivåer av H_2S i alle anleggene som ble undersøkt. Det høyest nivået av H_2S ble registrert i bunnen av fiskekarene og dette tyder på at man under normal god drift har en bakgrunnsproduksjon av den giftige gassen i områder med biofilm og ved eventuelle mindre slamansamlinger. Målte bakgrunnsnivå så ut til å øke med tid, fôring, salinitet og biomasse. (Attramadal et al., 2019)

2.4 Nedvask av anlegg - hva er utfordringene

Fiskehelse

Fisken må sanse og samhandle med omgivelsene sine for å få oppfylt sine behov og overleve. Den har gitte velferdsbehov som påvirker dens velferd negativt og positivt, ut ifra hvordan dens behov blir dekket. Velferdsbehovet hos laks kan deles inn i behov knyttet til tilgjengelige ressurser, vannmiljø, helse og grad av atferdsfrihet (Figur 7). (Noble et al., 2018)



Figur 7: Laksens velferdsstatus påvirkes av laksens følelser som igjen påvirkes av en rekke andre faktorer. God velferd er avhengig av at disse faktorene er oppfylt. (Noble et al., 2018)

)

Stress er en respons som oppstår når fisken opplever ting den oppfatter som en 'trussel'. Om stresssystemet trigges leder kroppen energi bort fra langsiktige prosesser (som fordøyelse, vekst, reparasjon) og leder det over på kortsiktige prosesser som øker individets evner til å overleve (høyere respirasjon, glukose forbrennes, økt hjerterytme for å gi mer energi til muskler). (Olsen, 2018)

Om en fisk utsettes for det de oppfatter som en trussel vil det provosere frem en stressrespons. Utsettes fisken for dette over lengre tid, kan det gi ulike utslag. Fisken kan over tid tilpasse seg den nye situasjonen slik at stressresponsen senkes og den ikke ser på situasjonen som en trussel lengre. Det er også mulig at den blir kronisk stresset og dette skjer gjerne når flere stressorer skjer i kombinasjon og

sender fisken i en konstant 'kjemp eller flykt' tilstand. Forstyrrelser i driften som vaksinerings, flytting, sortering og vasking kan dermed fremkalle stressrespons hos fisken. (Olsen, 2018)

2.5 Løsninger for nedvask

Det finnes en rekke ulike metoder for nedvask av kar. Man ser at oppdretterne velger større kar ved bygging av nye anlegg. Denne trenden skaper et behov for løsninger som korter ned og effektiviserer vaskeprosessen, samtidig som krav for HMS blir ivaretatt. Markedet for vaskemaskiner og system er voksende, og det finnes flere ulike metoder i bruk.

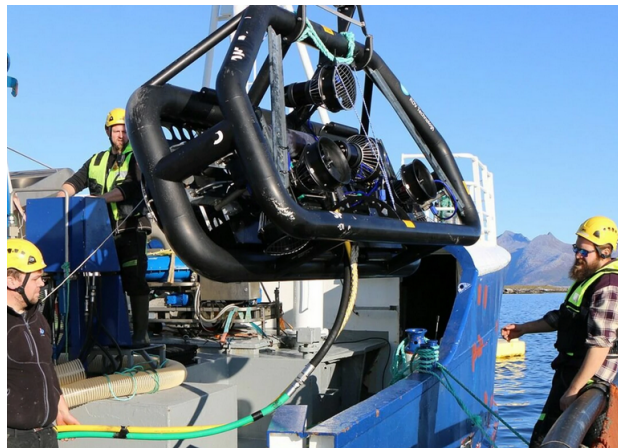
2.5.1 Maskin som verktøy

Teknologi er i dag et mye brukt verktøy for å effektivisere oppgaver, og erstatte mennesker i situasjoner som kan være svært krevende fysisk og psykisk. For havbruk og andre næringer som er avhengig av undervannsteknikk, har dette betydning en overgang fra bruk av dykkere til å fjernstyre en del av prosessene ved hjelp undervannsroboter. (Kelasidi, u.å)

Lokaliteter på sjø bruker i dag fjernstyringsteknologi for å rengjøre nøter på merder, til inspeksjon av merder og andre kritiske deler under vann. Denne teknologien er nå aktivt i ferd med å bli tatt i bruk på landbaserte anlegg også. (Mainstay, 2023)

Remotely Operated Vehicle - ROV

Fjernstyrte undervannsfartøy (ROV) er farkoster som brukes til en rekke ulike formål under vann. De er vanlige i petroleumsindustrien i forbindelse med oljebrønner, men er også stadig i bruk ved oppdrettsanlegg landet over (Frimand, 2022). Tidligere har de i hovedsak blitt brukt til å overvåke anlegg og kontrollere fiskevelferd, netttilstand og lignende, men det har kommet flere ROVer på markedet med vaskefunksjoner (Figur 8), både for sjø- og landanlegg. (Meox, 2023)



Figur 8: Notvask med ROV i Lurøy kommune. Foto: Joar Time/AKVA group (8)

Autonomous Underwater Vehicle (AUV)

Man ser i dag en økende bruk av AUV'er i akvakultur i takt med at det nødvendige teknologien blir mer avansert og forbedret. Samtidig ser man at kostnadene senkes. Der en ROV blir styrt manuelt, vil en AUV kunne bruke sensorer for å navigere seg etter en forprogrammet kurs. For at en AUV skal kunne utføre oppgaver som inspeksjon på sjøanlegg, så er nøyaktige navigasjons- og posisjoneringsegenskaper svært viktig. Kvaliteten på funksjonen er utfordrende på grunn av at elektromagnetiske bølger svekkes i vann og at undervannsmiljøet er ustrukturert. (Bao et al., 2019)

2.5.2 Kavitasjon som vaskemetode

Mange forbinder kavitasjon med den negative effekten den kan ha på propeller eller turbiner, men fenomenet kan også brukes til å vaske. Kavitasjon oppstår når det dannes gassbobler i en væske. Dette skjer gjerne når en væske strømmer hurtig forbi et objekt og kan som tidligere nevnt i enkelte tilfeller føre til mekaniske skader på objektet. Når trykket i en væske synker til under damptrykket vil væsken lokalt gå igjennom en faseforandring fra væske til damp og man får dannet gassbobler. (Helseth, 2021)

Vask med kavitasjon utnytter dette fenomenet. Ved å lage en innsnevring i røret som væskestrømmen går igjennom, vil væsken strømme med større hastighet gjennom innsnevringen. I et område der hastigheten øker vil samtidig trykket avta, i henhold til Bernoulliligningen. Er trykkfallet stort nok vil væsken koke og det vil oppstå bobler fylt med gass. Plasserer man et område med et større tverrsnittsareal etter dette trinnet vil hastigheten avta og trykket vil igjen stige. Dette vil føre til at gassboblene kondenseres på en sjokkartet måte kalt implosjon og lokale

heftige trykkøkninger skapes. (Helseth, 2021)

Kavitasjonen gjør det mulig og effektivt fjerne biofilm på karveggen samtidig som at den er skånsom mot underlaget. Metoden bruker mindre vann, som igjen krever mindre vaskepumper. Den kan vaske med både lavt og høyt trykk med minimal slitasje og det lave vannforbruket gir også et lavere drivstoff forbruk. På sjøanlegg gir kavitasjonsvask lavere slitasje på not og stavtau enn tradisjonelle vaskemetoder. I dag brukes det også på sjøanlegg for notvask, vask av flåter og andre stålkonstruksjoner (oljerigger etc) og til vask av lektere, ferjer og båter. (Mork, 2023)

2.5.3 Høytrykksspyling

I dag er den vanligste teknologien som brukes innenfor vask på settefiskanlegg høytrykksvasker, også kalt høytrykksspyler. Slike maskiner kan være elektriske eller drevet av forbrenningsmotor. Når det vaskes brukes vann med et trykk på 100-150 bar som løsner skitt og biofilm. (Nordbø, 2020)

Høytrykksspylingen kan gjennomføres med både varmt og kaldt vann, avhengig av hva man har bruk for. Det finnes flere typer vaskere på markedet som kan brukes til ulike oppgaver. Det eksisterer både mobile høytrykksspylere (enten varme eller kalde) man kan flytte rundt på ut i fra behov og stasjonære høytrykksspylere. (Kärcher, u.å)

I enkelte yrker er vasking med høytrykksspyler blitt identifisert som den høyeste kilden til eksponering av aerosol-komponenter. Studier viser at eksponering ved høytrykksspyling i miljøer som jordbruk eller graffiti fjerning har vist en høy eksponering for aerosol-komponenter og endotoksiner. Dette kan gi akutte helseplager, og inhalering av aerosol-partikler kan være skadelig for lungene. (Madsen og Mattiesen, 2013) Man kan anta at dette også gjelder for nedvask i settefiskanlegg der høytrykksspyler brukes jevnlig til nedvask av smoltkar og annet utstyr.

En artikkel fra helsebiblioteket tar for seg skader ved trykkinjeksjon. Trykkinjeksjon er injisering av materiale i vevet, omfanget av skaden vil blant annet påvirkes av:

- **Trykk** - 7 bar er nok til å penetrere hud, høytrykksutstyr til rengjøring kan variere fra 200 til 800 bar
- **Kjemisk irritasjon** - Tyntflytende løsemidler, oljemaling og drivstoff førte til større skader enn de med høyere viskositet. For eksempel hydraulikkolje og baseolje i fiskevaksiner

Skaden er aktuell ved bruk av høytrykksutstyr til sprøyting av for eksempel maling,

løsemidler, luft, vann og vaksinerings av fisk eller andre dyr. (Helsebiblioteket, u.å)

2.5.4 Børstevask

En annen metode som brukes ved nedvask i oppdrettsnæringen i dag er børster. Mange selskap bruker ROV'er eller AUV'er med børster for å fjerne biofilm fra blant annet merder. Det ble gjennomført et studie, som tok for seg effektiviteten til børster ved fjerning av biofilm. 7 forskjellige børstedesign ble testet og forskjellene inkluderer børster av forskjellige hardheter og lengder på børstene. Flatene som testene ble utført på, bestod av rustfritt stål, aluminium og generelle harde flater. Testen viser positive resultater til bruk av børster for fjerning av biofilm fra harde flater. Det ble dog poengtert at roterende børster muligens kan bidra til kontaminering grunnet spruting av vask. (Langøyli Giske et al., 2020)

Det produseres roboter som allerede bruker børster ved vask av sjønot (Figur 9a) og kar (Figur 9b).



(a) Den hvite roterende børsten på riggen til HALO systemet (AquaRobotics, 2023)



(b) En av to roterende børster er markert på bildet, de er montert foran og bak partikkeloppsamlingen (Mainstay, 2022)

Figur 9: Bruk av børster på sjø- og landanlegg

2.5.5 Robotarm

Robotarm, også kjent som manipulator er ansett som et passende verktøy for oppgaver under vann. Robotarmene er sammensatt av en rekke stive deler som har ledd koblet mellom hver del og med et passende verktøy på enden (Figur 10). Den er ofte montert på undervannsfartøy, der den utfører oppdrag innen olje og gass, marin industri så vel som marin forskning. Den typiske oppgaven for en

undervannsrobot på et forskningsoppdrag virker å være av lik natur som daglige oppgaver i en smolt tank (Nissen, 2021)



Figur 10: Reach Bravo Mk2, robotarm designet for maritimt miljø (ReachRobotics, 2023)

2.6 Helse, miljø og sikkerhet - HMS

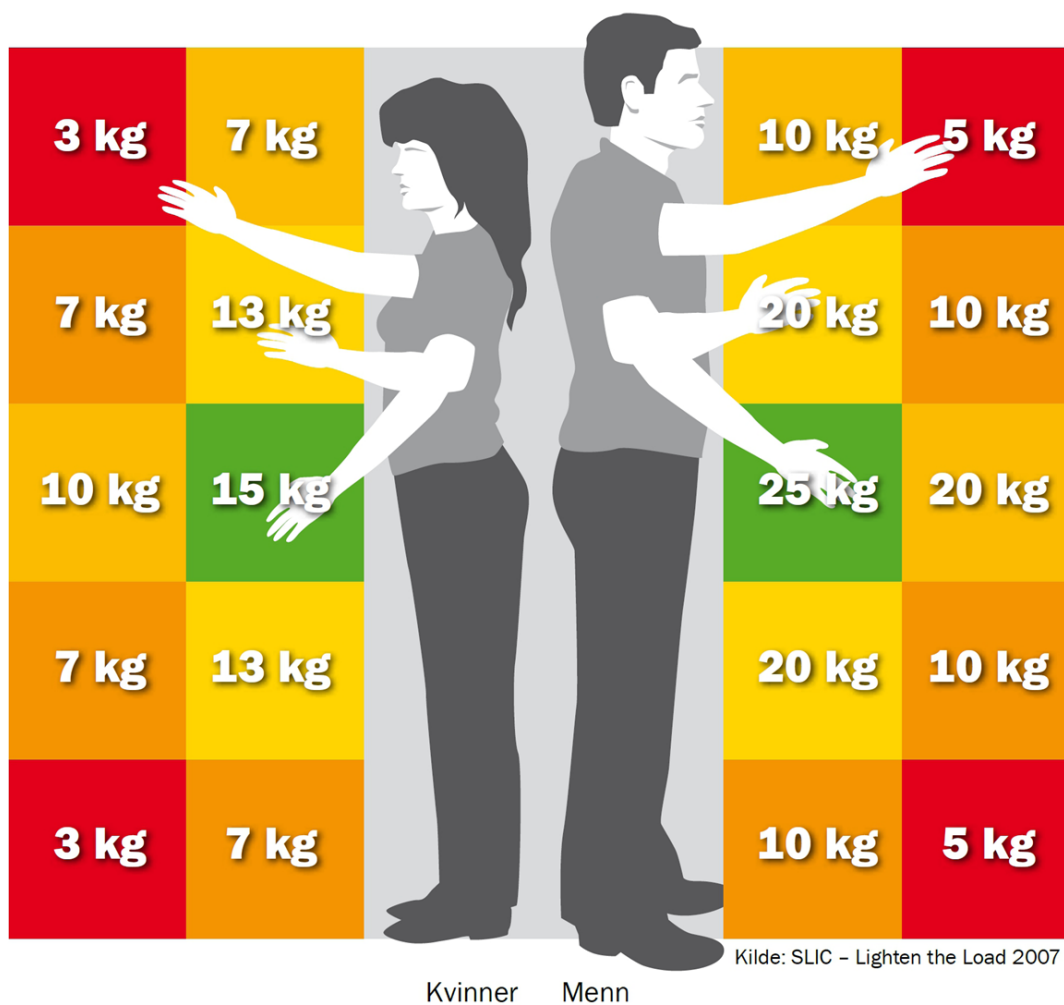
HMS er tiltak som i arbeidssammenheng skal redusere risiko for farer og ulykker, samt aktivt rette søkelyset mot de positive og helsefremmende arbeidsfaktorene i arbeidsmiljøet. (Arbeidstilsynet, u.å) De tre delene av HMS innebærer ulike aspekter:

- Helse, eller arbeidshelse, innebærer det fysiske og psykiske arbeidsmiljøet. Herunder finner man også skader, slitasje og sykdom.
- Miljø handler om de ytre miljøforholdene på jobb og om eventuelle utslipp og avfall.
- Sikkerhet omhandler beskyttelse av mennesket, materiell/maskineri og informasjon.

HMS-arbeid er lovpålagt, og det stilles høye krav til godt arbeid. Kravene varierer ut i fra hvilken bransje man operer i. Den verste konsekvensen av dårlig HMS-arbeid er alltid dødsfall, skader på person, natur eller materiell. Det kan også ha andre konsekvenser som høyere sykefravær, dårlig arbeidsmiljø og høyere gjennomtrekk av ansatte. I tillegg kan brudd på reglement føre til pålegg, frister, dagsbøter eller stans av drift. I enkelte tilfeller kan det også lede til fengsel for den ansvarlige parten. (Grønn jobb, 2023)

Fordelen med godt HMS-arbeid er mange. Gode rutiner for HMS vil føre til færre produksjonsstopp på grunn av skader, utslipp eller ulykker. Regelmessige, funksjonelle og godt innarbeide rutiner for HMS forenkler prosesser og forbedrer arbeidsmiljøet, samt at det øker effektiviteten jevnt over. (Grønn jobb, 2023)

Det finnes også regler for utføring og belastning av tungt arbeid i arbeidslivet. Man definerer tungt arbeid som *"en eller flere arbeidsoperasjoner som enkeltvis eller samlet kan overbelaste muskel- og skjelettsystemet hos arbeidstakeren"* (Arbeidstilsynet, 2023b). For arbeidstaker kan tungt manuelt arbeid gi helseutfordringer over tid, spesielt i rygg, hofter og knær. I tillegg kan det gi akutte plager og føre til ulykker. Det er viktig å se på totalbelastningen når det er snakk om tungt arbeid. Enkeltoperasjoner som hver for seg ikke er tunge kan over tid føre til høy belastning. Manuelt arbeid representerer en risiko for helseplager om arbeidet blir for tungt, er for ensformig, foregår i uheldige arbeidsstillinger eller varer for lenge. Arbeidstilsynet har laget en vurderingsmodell for anbefalt vektgrense i stående stilling med tanke på tunge løft ved en arbeidsplass. Når tungt utstyr skal løftes, er det viktig med gode rutiner for hvordan dette skal gjennomføres. (Figur 11). (Arbeidstilsynet, 2023b)



Figur 11: Arbeidstilsynet har laget en anbefaling for vektgrense på ulike typer løft i stående stilling. (Arbeidstilsynet, 2023b)

3.1 Metode

Metode er en måte man løser problemer på, samt søker seg frem til ny kunnskap. Alle måter dette gjøres på, blir ansett som en metode (Hellevik, 2002). Dette kapittelet vil omhandle begrunnelse av metodevalg og hvordan den benyttes i denne oppgaven (Tabell 1).

Gruppen har sett på metoder som er brukt i forskning med lignende problemstilling. Metodene ble vurdert opp mot de ønskede resultatmålene og valget falt på en kvalitativ metode. Dette er på grunn av at mye av informasjonen som skal behandles enten er hos enkeltpersoner, hos oppdragsgiver, hos forskjellige leverandører eller produsenter gruppen har ansett som spesialister på området for innhenting av data.

Fremgangsmåter som ble anvendt under studiet finnes i Tabell 1

Tabell 1: Fremgangsmåter benyttet i oppgaven

Metode:	Kommentar:
Veiledning fra ekstern og intern veileder	Ekstern og intern veileder er gode støtte-spillere som tilbyr informasjon og innspill underveis.
Litteraturstudium	Bøker og digitale medier blir benyttet. Dette gir godt grunnlag for teori og data-innsamling.
Dokumentstudier	Dokumenter fra oppdragsgiver vil styrke underlaget gruppen får for forståelse av problemstillingen.
Samtaler med Nordheim og andre bedrifter	Samtaler med ansvarlige for vaskeprosedyre og forskjellige spesialister og leverandører vil danne et godt grunnlag for besvarelse av problemstilling med hensyn til dagens prosess og vanskeligheter

3.1.1 Kvalitativ metode

En kvalitativ metode går i dybden og vektlegger betydning, mens kvantitative metode vektlegger bredde og antall. Ved en kvantitativ tilnærming arbeides det hovedsaklig med talldata, mens ved bruk av en kvalitativ tilnærming sees det på tekster. Der kvalitative resultater presenteres med tekst, kan resultater fra kvalitative metoder suppleres med tall i tillegg til teksten. (Thagaard, 2009)

3.1.2 Litteraturstudie

Litteratursøk ble gjort hovedsaklig på nett og med direkte kontakt med spesialister og leverandører. Det opplevdes i flere tilfeller at engasjerte forskere og leverandører ettersendte litteratur rundt forskning som kunne være av relevans for oppgaven. En utfordring som ble oppdaget tidlig i søkeprosessen var viktigheten av riktige nøkkelord og finne ut hvilke studier og teorier som kunne samsvare med vår egen oppgave.

3.1.3 Dokumentstudier

Dokumenter står ofte sentralt som datamateriale i forskning. De blir ofte brukt som tilleggsdata til observasjoner og intervjuer. Når man bruker dokumenter som kilde, bør man sette dem i kontekst. Forfatter, utgivelsesdato og sted er viktig informasjon rundt kilder, da dokumenter i hovedsak gir oss informasjon som er nedskrevet på et spesielt tidspunkt og sted og er ofte tiltenkt spesifikke lesere. Å velge de riktige dokumentene krever nøye gjennomtenking og begrunnelse. (Tjora, 2017)

Dokument fra Mowi ASA vedrørende vaskerutiner på kar ble brukt som utgangspunkt til samtale med ansatt på Nordheim. Da dette var en samtale for å hente inn data til ståstedsanalyse og tidsstudie, ble det ikke laget intervjuguide. Videre ble data fra leverandører og informasjon fra spesialister grunnlaget for spørsmål som ble stilt ved samtaler med næringen og produsenter.

Alle dokumentene var av stor viktighet for å kunne danne et godt grunnlag for resultatene til studiet.

Tabell 2: Dokumenter sendt fra Mowi og leverandører av robotvaskere

Dokument:	Forklaring	Viktighetsgrad Lav/Middels/Høy
Rutine vask og desinfisering Mowi ASA	Håndbok med rutine for nedvask og desinfisering av forskjellige karstørrelser hos Mowi ASA, dette brukes på Nordheim. (Vedlegg 8.1)	H
Flyer - Axuda Mini 2S	Flyer med spesifikasjoner på en vaskerobot fra Meox (Vedlegg 8.1)	H
Brukerhåndbok - TankRobot X1	Brukerhåndbok med spesifikasjoner og forklaring til bruk av vaskerobot fra Troll Systems (Vedlegg 8.1)	H
Brukerhåndbok - RobotROV X3	Brukerhåndbok med spesifikasjoner og forklaring til bruk av vaskerobot fra Troll Systems (Vedlegg 8.1)	H

3.1.4 Samtaler med Nordheim og andre bedrifter

Gruppen valgte å bruke semistrukturert intervju som en metode. Denne typen intervju kan beskrives som en samtale mellom forsker og en respondent, der forskeren styrer retningen av samtalen. (Andersen, 2020) Denne metoden passet gruppen godt da informasjon som ble tilegnet gjennom samtaler ofte ga grunn for nye spørsmål i etterkant.

Samtalene med bedrifter og eksperter omhandlet stort sett muligheter rundt forskjellige teknologi og spesifikasjoner på produkter samt tjenester for nedvask av kar.

KAPITTEL 4

Ståstedsanalyse

Dette kapitlet er en besvarelse på:

Resultatmål 1: Gjennomføre ståstedsanalyse for å kartlegge dagens prosedyre for gjennomføring av nedvask av smoltkar hos Mowi ASA avd. Nordheim

Hensikten med ståstedsanalysen er å gi en oversikt over dagens eksisterende løsning for gjennomføring av nedvask av smoltkar på Nordheim. Informasjon brukt i analysen er hentet fra følgende kilder:

- Samtale med ansatte på Nordheim med ansvar for nedvask og desinfeksjon
- Håndbok med prosedyre for vask og desinfisering av kar (Vedlegg 8.1)

4.1 Dagens system for gjennomføring av nedvask

I dag gjennomføres nedvask av smoltkar manuelt av ansatte ved Nordheim. Full nedvask av avdelinger ved anlegget gjennomføres ved hvert generasjonsskifte av laks. Dette skjer med et tidsintervall på omtrent 3 måneder. Nedvask av karavdelingen blir gjennomført med følgende steg:

- Nedtapping av avdeling. Alle kar blir tømt for vann.
- ATP-måling. Det blir gjennomført ATP-måling av fire tilfeldige kar i avdelingen for å måle mengder bakterier og for å gi et sammenligningsgrunnlag til etter nedvask.
- Høytrykkspyling med varmt vann (60 grader celsius) av gangbane, førings-system og alle deler på oversiden av karet spyles fritt for biofilm, slam og skitt.
- Høytrykkspyler med varmt vann (60 grader celsius) av kar. Vegger, kargulv, FTC og avløpsrør spyles ned og all biofilm, slam og skitt fjernes.
- Desinfisering med skumdyse på høytrykksspyleren blir desinfeksjonsmiddelet Aqua Foam påført alle overflater. Middelet virker i 15-20 minutter.
- Skylling av overflatene blir spylt med høytrykksspyler for å fjerne desinfeksjonsmiddelet.
- Etter nedvask tas det ATP-målinger av fire tilfeldige kar. Basert på gjennomsnittet av disse fire karene tas det en vurdering på om det er vasket godt nok eller om det må vaskes på nytt.
- Etter nedvask står karene tomme for å tørke ut mest mulig av eventuelle resterende bakteriene frem til overflytting av ny generasjon.
- Når nedvask og kontroll er gjennomført logges dette i et papirskjema som oppbevares i kontrollrommet tilhørende gjeldene RAS-avdeling (Vedlegg 8.1).

Tidsbruk for gjennomføring av nedvask varierer fra avdeling til avdeling, men prosedyren er lik for alle RAS-avdelinger på Nordheim. Ulik belastning kommer av karstørrelse. I RAS 1, som består av startføring (A) og påvekstavdeling (B), er karene henholdsvis 6 og 10 meter i diameter. Nedvask av disse tar mellom 1 og 2 timer. I RAS 2 og 3 er karene henholdsvis 16 og 16,5 meter i diameter. Vask av disse karene tar en arbeidsdag per kar.

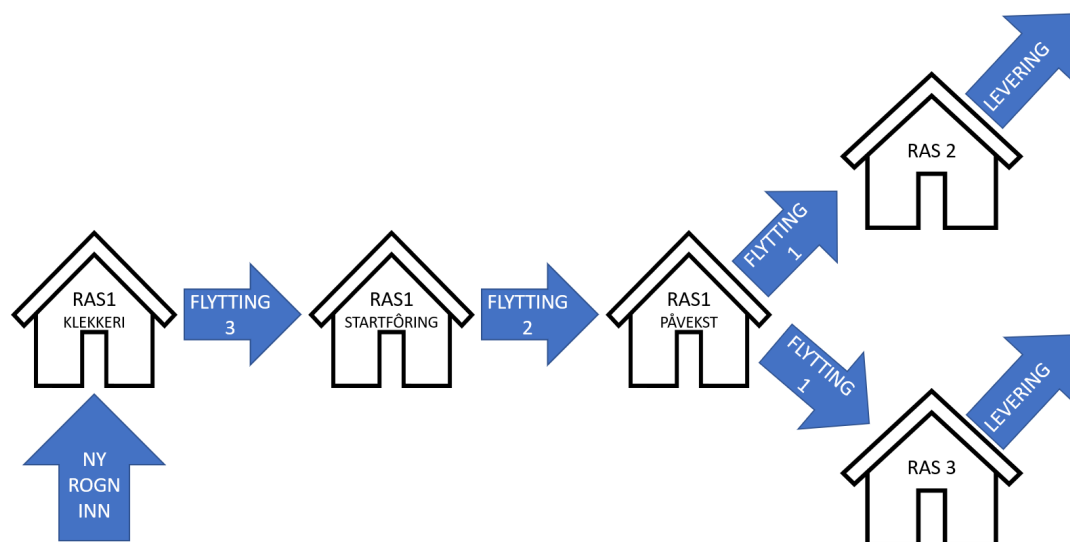
4.2 Utfordringer med dagens system

Økt belastning etter utbygging

Etter ferdigstillingen av RAS 3 har mengden vaskejobb økt. Tidligere var belastningen av nedvask betydelig lavere, da det var færre avdelinger ved anlegget og at størrelsen på karene var mindre. Før utbyggingen av RAS 2 var de største karene

på anlegget 4 15-metringer som ble drevet på gjennomstrømming. I dag har anlegget fått totalt 16 kar fordelt på RAS 2 (4 stk) og RAS 3 (12 kar i to avdelinger) med en diameter på 16 meter.

Et økt antall kar med større volum og flere resirkuleringsavdelinger har ført til at omfanget av nedvask tar lenger tid. Fisken bruker rundt 3 måneder per avdeling. Det vil si at så snart fisken leveres (til sjøanlegg) fra RAS 2 eller RAS 3 vil det begynne en ny syklus med nedvask. Da vil fisken fra RAS 1 (påvekstavdeling) flyttes videre til et tomt RAS 2 eller 3, slik at fisken i startfôring deretter kan flyttes inn til Påvekstavdeling. Fisken i klekkeriet kan flyttes opp til startfôring (Figur 12). Dette betyr at det per i dag nesten kontinuerlig foregår nedvask på en eller annen del av anlegget. Personalet som gjennomfører nedvask har derfor en ganske konstant og lik belastning gjennom arbeidsuken.



Figur 12: Levering av en avdeling vil føre til en kjedereaksjon av flytting fra de øvrige avdelingene. (Illustrasjon av Baglo 2023)

I følge Arbeidstilsynet, 2023a har ensformig arbeid økt risiko for helseskade.

"Ved de fleste typer ensformig arbeid blir hovedsakelig musklene i hånd og arm påvirket. Men også skuldre og nakke kan bli belastet, særlig hvis en arbeider med foroverbøyd nakke. Det er godt dokumentert at manuelt arbeid som innebærer mange repetisjoner kombinert med kraftbruk, øker risiko for plager i armer og hender. Monoton og ensformig arbeid kan også se ut til å øke risiko for ryggsmertesmerter" (Arbeidstilsynet, 2023a).

Per i dag består anlegget av ett klekkeri med kapasitet på 4,2 millioner rogn per innlegg og 3 RAS-anlegg med totalt 6 ulike avdelinger (samt tre utendørs

15-metringer med gjennomstrømning). I tillegg er tre nye RAS anlegg under planlegging og bygging. Når disse står ferdig vil Nordheim ha mulighet til å produsere opp mot 20 millioner smolt i året. Dette vil også føre til en betydelig økning i areal som må vaskes, som igjen vil øke belastningen på personellet som er ansvarlig for nedvask (Figur 13). Når de nye avdelingene (RAS 4, 5 og 6) står ferdig, vil arealet som må vaskes ned øke betraktelig. Ingen av de nye karene vil være mindre enn 13.6 meter i diameter.

Produksjon	Avdeling		Antall kar	Diameter (m)	Vannhøyde (m)	Volum/kar (m ³)	Vol. i avd. (m ³)	Volum i RAS (m ³)	
Klekkeri		Klekk.	20 skap	1,75x1,6	0,8	1,3	13	2 250	
Startføring	RAS 1	A	10	6	2,0	50	500		
		B	10	10	2,5	175	1 750		
Påvekst	RAS 4	4	8	13,6	3,75	580	4 640	9 280	
	RAS 5	5	8	13,6	3,75	580	4 640		
Smolt / postsmolt	RAS 2	C	4	16	4,5	900	3 600	13 200	
	RAS 3	D	6	16	5,5	1 100	6 600		
		E	6	16	5,5	1 100	6 600		
	RAS 6	6	4	4	21,5	5,75	2 250	9 000	11 600
			2	2	16,5	5,75	1 300	2 600	
	RAS 7	7	4	4	21,5	5,75	2 250	9 000	11 600
			2	2	16,5	5,75	1 300	2 600	
	RAS 8	8	4	4	21,5	5,75	2 250	9 000	11 600
2			2	16,5	5,75	1 300	2 600		

Figur 13: Når utbyggingen står ferdig vil Nordheim få økt kapasitet. (Johnsen et al., 2022)

Arbeidsstilling og arbeidslokasjon

I dag gjennomfører de ansatte nedvask av smoltkar ved hjelp av håndholdt høytrykksspyler.

På grunn av smoltkarenes høyde blir de ansatte over lengre perioder stående i ugunstige stillinger som kan være belastende for skuldre, nakke og rygg. Dette gjelder særlig for de høyeste punktene på karene (Figur 14).



Figur 14: Ved nedvask brukes en lang høytrykksspylerlanse for å nå alle deler av karet (Foto av Baglo 2023)

Størrelsen på karene gjør det nødvendig for de ansatte å ta seg ned/inn i karene for å gjennomføre vask av karbunn og de lavere delene av karveggen. Biofilmen som dannes i løpet av produksjonssyklusen når karet er fullt av vann, kan være glatt og gi en betydelig økt risiko for fall.

Det er også nødvendig å klatre ned i FTC i midten av karet for å få vasket rør og rist i denne. Dette gjennomføres med nødvendig sikringsutstyr slik at arbeideren er sikret mot fall. Figur 15 viser bilde av en FTC i Nordheim RAS 1 A. FTC er konstruert på en slik måte at det er vanskelig å komme til på alle flater med en automatisert løsning. Både området mellom rørene på undersiden av FTC (Figur 15) og innsiden av FTC er vanskelig å komme til.



Figur 15: FTC (blå) i RAS 1 startförling i tømt kar (før nedvask). På bildet kan man se avløpsrøret i midten av FTC med rist rundt som hindrer at fisken kommer seg ut. Under FTC kan man se rørene som går ned til bunnen av karet, som suger opp slam og skitt. (Foto av Baglo 2023)

Risiko ved bruk av desinfeksjon

Biofilm er ofte utfordrene å få av og det kan være utfordringer med å få karveggen tilstrekkelig ren. For å sikre at det ikke finnes lommer med høy bakterievekst i karet er det nødvendig å desinfisere karet etter at biofilm og annen skitt er fjernet. Desinfeksjonsmiddel kan utgjøre en helserisiko om de har høy pH som kan føre til skade ved kontakt med hud. Under vask brukes det vann som holder minst 60 grader celsius, og det kan også føre til en risiko for innånding av skadelige gasser når de fordamper.

Rigging som tidstyv

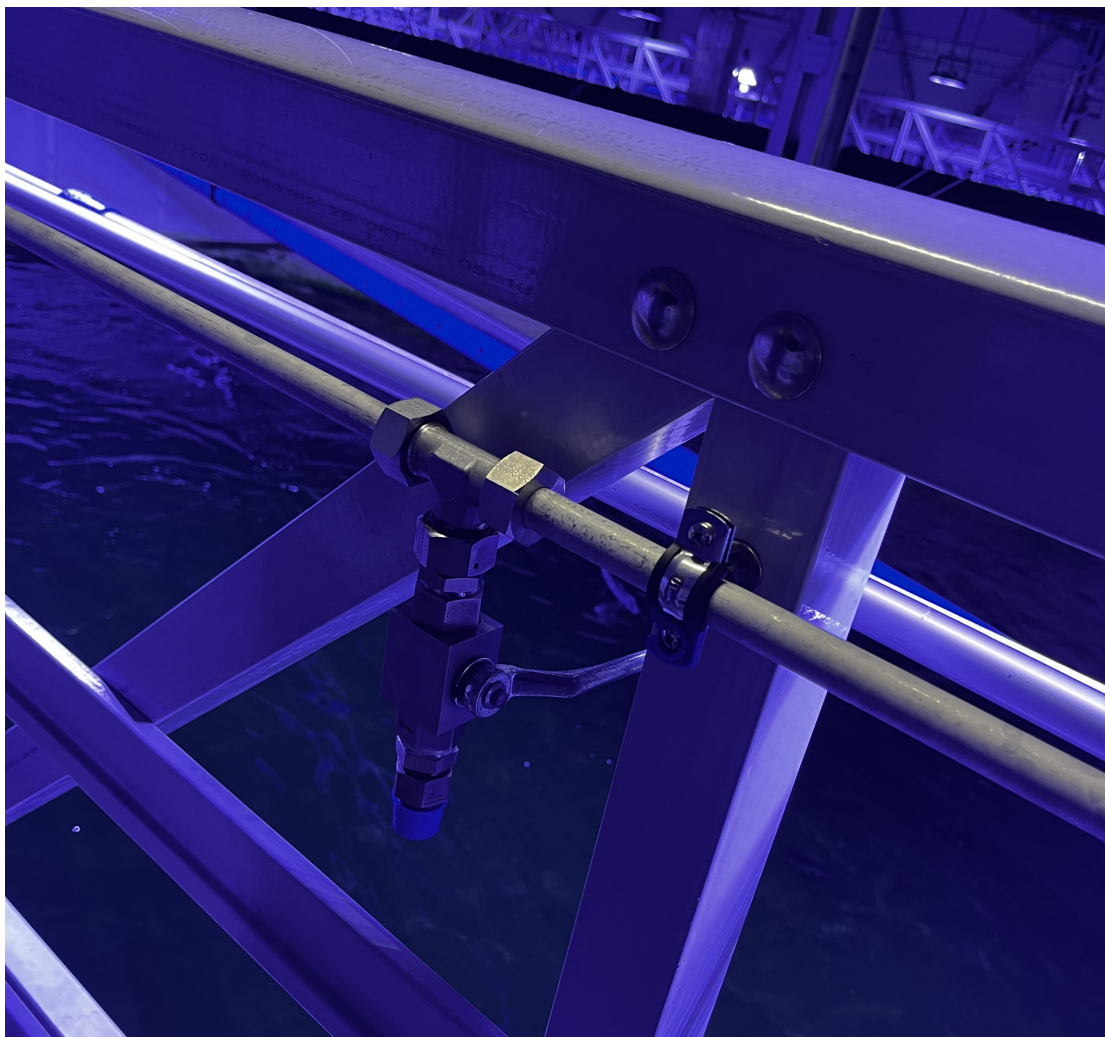
I RAS 2 og 3 finnes det per i dag ikke permanent løsning for nedvask. Det benyttes en mobil høytrykksspyler som kan flyttes rundt i anlegget (Figur 16). Denne høytrykksspyleren drives av en forbrenningsmotor og må derfor plasseres på et godt ventilert sted. Denne står på utsiden av porten inn til anlegget (i friluft) når den er i bruk. Før nedvask av en avdeling må derfor utstyret rigges klart til vask. Etter vask må utstyret rigges ned igjen.

Nordheim er i ferd med å implementere et system med en rekke høytrykksspyleruttak på strategiske plasseringer i anlegget (Figur 17). Dette er per i dag ikke tatt i bruk.

I RAS 3 finnes det i dag ingen trapp fra gangbane og plataet på oversiden av karene og ned til gulvet i karavdelingen. Man er derfor avhengig av å løfte opp utstyr til vask med tau som knyttes rundt utstyret.



Figur 16: Denne typen høytrykksvasker av merket Kärcher brukes til nedvask ved anlegget i dag. (Foto av Baglo 2023)



Figur 17: Nordheim er i ferd med å installere en løsning for lett tilkobling av høytrykks-spyler, men dette systemet var enda ikke tatt i bruk da man besøkte anlegget (Foto av Baglo 2023).

Risiko ved bruk av høytrykkspyler

Høytrykkspyler utgjør i seg selv en risiko da det brukes vann som holder høy temperatur, og trykket fra spyleren kan gi skade om den kommer i kontakt med bar hud eller deler av kroppen som ikke er tilstrekkelig beskyttet.

KAPITTEL 5

Tidsstudie

Dette kapitlet er en besvarelse på:

Resultatmål 2: Gjennomføre tidsstudie av dagens prosedyre for gjennomføring av nedvask av smoltkar hos Mowi ASA avd. Nordheim, samt identifisere de mest tidkrevende delene av nedvasken.

5.1 Tidsstudie av dagens løsning for nedvask

Tidsstudien tar for seg nedvask i RAS 3 avdeling D. Studien omfatter kun nedvask av karavdelingen som består av 6 kar. Sammen med RAS 3 avdeling E (identiske avdelinger) er dette Nordheims største avdeling.

I dag bruker ansatte en full arbeidsdag for nedvask av et kar (16 meter i diameter). Det inkluderer spyling av gangbane og utstyr på oversiden av kar, spyling av kargulv, vegger, fish tank cleaner (FTC), fôringsanlegg og rør/rister i karet (Tabell 3). RAS 2 består av 4 kar, mens RAS 3 består av to avdelinger (A og B) med 6 kar i hver, altså 12 kar totalt.

Hva	Tid per kar	Tid RAS 3
Rigg av utstyr. Vask av gangbane, fôringsanlegg, fish tank cleaner og annet utstyr over karet	1-2 timer	4-8 timer
Vask av karvegg og kargulv	8 timer (1 full arbeidsdag)	48 timer (6 arbeidsdager)
Desinfisering av kar og virketid for desinfeksjonsmiddel		8-16 timer (1-2 arbeidsdager) Gjøres samtidig for alle kar
Nedrigg	1 time	1 time
Total tid	10-11 timer	60-72 timer (8-9 dager)

Tabell 3: Oversikt over tidsbruk på nedvask i RAS 3 avdeling D

Kommentar om nedvask av øvrige avdelinger og resirkuleringsløyfer ved Nordheim

For å gi et godt bilde av den totale arbeidsbelastningen som nedvask representerer, er det også nødvendig å snakke kort om de andre avdelingene og deres tilhørende resirkuleringsløyfer ved Nordheim.

Nedvask av resirkuleringsløyferne i RAS 3 (avdeling D og E) tar en uke per avdeling.

Nedvask av karavdeling i RAS 2 (avdeling C) vil ta kortere tid enn i RAS 3. Avdelingen har 4 kar, men vil likevel ta mellom 6-7 dager. Nedvask av resirkuleringsløyferne i RAS 2 (avdeling C) tar en uke.

Nedvask av RAS 1 (avdeling B) tar rundt 3-4 dager (et kar tar ca 2 timer). Resirkuleringsløyferne tar omtrent en uke.

Nedvask av RAS 1 (avdeling A) gjøres på rundt 2-3 arbeidsdager (et kar tar ca 1 time). Nedvask av resirkuleringsløyferne tar rundt en uke.

Klekkeri må også vaskes ved hvert generasjonsskifte, og dette tar rundt en arbeidsuke.

6.1 Funn fra ståstedsanalyse

Etter å ha gjennomført ståstedsanalyse er det identifisert følgende 5 funn:

1) Deler av karet må vaskes for hånd

Enkelte deler av karet lar seg ikke vaske på andre måter enn ved håndholdt høytrykkspyler. FTC, gangbane og fôringssystem må vaskes med denne metoden.

2) Det er behov for automatisering av vask

For å få frigjort arbeidskraft som kan benyttes til andre gjøremål og samtidig bedre HMS til hver enkelt ansatt som driver med nedvask, er det behov for en annen løsning. Når de nye avdelingene (RAS 4, 5 og 6) står ferdig vil arealet som må vaskes ned øke betraktelig. Ingen av de nye karene vil være mindre enn 13.6 meter i diameter.

3) Anlegget har per i dag ikke teknologi som gjør automatisert nedvask mulig

Det mangler løsninger på anlegget som gjør at nedvask kan skje automatisk. Det er installert en løsning for lett tilkobling av høytrykkspyler, men dette er ikke tatt i bruk.

4) Nedvask av smoltkar med diameter større enn 10 meter er en HMS-utfordring

Kar med større diameter har større areal og er derfor en utfordring i form av tidsbruk, ensformig arbeid og ugunstig arbeidsstillinger.

5) Målet med automatisering er å frigjøre arbeidskraft

Det er ikke et mål å implementere automatisering for å erstatte dagens arbeidskraft, men som et supplement og for å lette og frigjøre belastning på eksisterende ansatte.

6.2 Funn fra tidsstudie

Etter å ha gjennomført tidsstudie er det identifisert følgende 3 funn:

1) De største flatene er de mest tidkrevende

Karvegg og kargulv er de flatene i karet som tar lengst tid å rengjøre, dette er på grunn av det høye arealet.

2) De største flatene har størst potensiale for tidsbesparing

På grunn av høy tidsbruk på de største flatene, er det også her størst potensiale for effektivisering.

3) Det er mulig å spare tid på ned- og opprigg

Det kan gjøres enkle installasjoner som sparer tid på opprigg og nedrigg. En stasjonært høytrykksspyler-løsning kan spare tid. Trapp mellom gulv i karavdeling og platå over kar kan også spare tid.

6.3 Funn fra kvalitative undersøkelser

Dette delkapittelet er en besvarelse på

Resultatmål 3: Gjennomføre kvalitative undersøkelser - identifisere Mo-wi ASA avd. Nordheims behov og ønsker, innhente relevant informasjon om eksisterende løsninger for nedvask fra aktører i næringen.

Delkapittelet tar for seg informasjon gruppen har fått etter litteratursøk og samtaler med eksperter fra leverandører. Etter å ha gjennomført kvalitative undersøkelser er det identifisert følgende 6 funn:

1) Det eksisterer løsninger for våtvask av kar

Det finnes bedrifter som produserer roboter og tjenester for nedvask av kar med vann i (Vedlegg 8.1). Egenskapene til de forskjellige robotene varierer, eksempelvis:

- Vekt
- Manuell/autonom styring
- Rengjøringsmetode
- Vaskefart
- Håndtering av løse avfall fra vask
- Energiforbruk

2) Det finnes ingen tilgjengelige løsninger på markedet som kan utføre tørrvask på kar

En startup i Bergen er i ferd med å utvikle en robot som kan klatre på tørre vegger og fjerne biofilm ved automatisk eller manuell styring (EasyX, 2023). Gruppen mislyktes å komme i kontakt med bedriften og kan derfor bare støtte seg på informasjon fra artikler og hjemmesiden til bedriften (Berge, 2023).

3) Leverandørene kan ha flere tjenester i tillegg til produkt

Det ble avdekket tre metoder for bruk og drift av robotene (Meox (personlig kommunikasjon, 11. Mai 2023), Mainstay (personlig kommunikasjon, 9. Mai 2023) og Troll Systems (Troll Systems, 2023)):

- Kunde kjøper vaskerobot som et produkt, får opplæring i bruk og drift, men står da for dette selv.
- Kunde kjøper en vasketjeneste, da blir hele jobben satt eksternt til en bedrift som kommer og tar seg av vaskejobben.
- Kunde kjøper eller leaser produktene samt en tjeneste der styringen av vaskeroboten gjøres fjernt av en operatør i samarbeid med ansatte hos kunden. Kunden tar seg av de fysiske oppgavene rundt flytting, tilrettelegging og vedlikehold på utstyret.

4) Utformingen av kar på Nordheim kan kreve tilpasning

Karene på Nordheim ikke er helt runde, men er satt sammen av betongplater. Dette gjør at karet har flere skjøter med en liten vinkel som kan utfordre kjøringen til en potensiell robot. (A. Baer, (personlig kommunikasjon, 20.april 2023))

5) Fremtidens løsninger

Autosmolt 2025 SINTEF er i ferd med å publisere en forskningsrapport der de ser på potensialet til å automatisere så mange prosesser som mulig på settefiskanlegg. Rensing av kar til fisken er også en del av satsningsområdene til denne rapporten. (SINTEF, 2019)

Robotarm Det har blitt utført forskning og simulering rundt mulighetene til å bruke en robotarm til å utføre nedvask av kar. Rapporten kunne ikke gi et konkluderende svar, men var optimistisk til at resultatene var et godt utgangspunkt for videre utprøving.

Robotarmer som brukes idag har ofte flere ledd. Dette gjør de bevegelige og tilpasningsdyktige til forskjellige arbeidsoppgaver. Det har blitt utviklet robotarmer for maritime miljø som kan være aktuelle for bruk til nedvask av kar. Rekkevidde på armen varierer. (Haugaløkken et al., 2021)

Lignende teknologi har og er under utvikling for rensing av sjønot. Aqua Robotics har utviklet HALO rengjøringsystem. Dette er børster som går langs noten, fastmontert i en ring som den følger rundt noten mens den rengjør (AquaRobotics, u.å). Probotics holder på å utvikle autonome roboter for inspeksjon og rensing av sjønot (Probotics, 2023). Gruppen har gjort et forsøk på å opprette dialog med bedriftene uten å lykkes.

6) Hydrogensulfid - H_2S

Når bakteriene i biofilmen bryter ned slam som får ligge i fred, dannes det (H_2S). H_2S er giftig for fisken i små mengder. Produksjonen ble målt til å være sterkest i bunnen av karene, og det så ut til å øke med tid, fôring, salinitet og biomasse. (Attramadal et al., 2019)

7.1 Diskusjon av funn i ståstedsanalyse

1) Deler av karene må vaskes for hånd

På enkelte deler av et kar er det vanskelig å lage automatiske system som kan vaske. FTC, gangbane og fôringssystem er slike deler. Dette er på grunn av utformingen som gjør områdene utfordrene for dagens teknologi å rengjøre. Gangbanen ligger over deler av karet, og det er enkelt å komme til for å vaske. Her er det derfor mest praktisk å bruke manuelt arbeid. FTC er konstruert slik at det vil være vanskelig å komme til godt nok med et automatisk system, dette gjelder også fôringssystemet (Figur 15). Gruppen har ikke funnet noen automatiske løsninger som er egnet til vask av disse områdene av karet.

Det er også viktig å unngå at det finnes steder i karet hvor biofilm får ligge uforstyrret slik at det er en mulighet for at H_2S kan dannes. For å sikre dette bør delene av karet nevnt ovenfor vaskes manuelt da særlig FTC som er nedsenket i karet. Det er snakk om et lite areal sammenlignet med det totale arealet som skal vaskes ned, og man vil derfor ikke spare mye tid ved å automatisere dette steget. Siden H_2S er svært giftig for fisken, kan det potensielt føre til massedød hvis man ikke sørger for at alle overflater er nøye rengjort (Attramadal et al., 2019).

2) Det er behov for automatisering av vask

Av tidsstudien (5.1) ser man at det er behov for å effektivisere nedvasken, da dette er tidkrevende. Man ønsker å få frigjort arbeidskraft og samtidig bedre HMS-situasjonen ved dagens prosedyre.

En høy totalbelastning på personell som utfører nedvask er en av grunnene til at det er behov for automatisering. Har man få personer som utfører nedvask, vil dette gi en svært høy belastning på de enkelte, som vist i tidsstudien (5.1). I følge (Arbeidstilsynet, 2023b) kan tungt manuelt arbeid føre til slitasjeskader, spesielt i rygg, hofter og knær, samt at det kan føre til ulykker og akutte plager. Både tungt og ensformig arbeid kan representere en risiko.

Om automatisering ikke er mulig, kan man spre totalbelastningen ved å fordele arbeidsoppgaver blant de øvrige ansatte. Man kan da unngå høy totalbelastning på enkeltpersoner. Dette vil på en annen side binde opp andre ansatte og krever mer planlegging når det kommer til gjennomføring og fordeling av øvrige oppgaver. Da ønsket fra Mowi er å få frigjort arbeidskraft, er nok ikke dette en god løsning.

Finner man en god løsning på automatisering vil dette kunne frigjøre arbeidskraft som kan brukes andre steder i produksjonen. Automatisering kan også lette arbeidsbelastningen og kan gi en mer variert arbeidshverdag. Dette kan i følge Arbeidstilsynet føre til bedre HMS og økt effektivitet på arbeidsplassen (Arbeidstilsynet, 2023a). Utvidelsen av anlegget vil føre til mer nedvask. Arealet som må vaskes ned vil øke kraftig når de nye avdelingene står klare (Figur 13). Dette vil igjen øke totalbelastningen.

3) Anlegget har per i dag ikke teknologi som gjør automatisert nedvask mulig

Det mangler løsninger på anlegget som gjør at nedvask kan skje automatisk.

For avdelinger som er under konstruksjon kan man implementere løsninger som gjør det mulig å drive med automatisk nedvask. For å realisere dette er det nødvendig med løsninger som forenkler flytting av vaskerobot fra et kar til et annet og/eller integrerte vaskesystem - som for eksempel Aqua Robotics sitt HALO system (Delkapittel 6.3). Arbeidstilsynet anbefaler ikke løft som er over 15 kg for kvinner og 25 kg for menn (Arbeidstilsynet, 2023b). Hvis man skal ha en vaskerobot som må flyttes mellom kar er det derfor nødvendig med løftesystem som sikrer god rutine for flyttingen om den er over 15 kg.

Det kan være utfordrende å installere nye løsninger i et anlegg som allerede er i

drift. Det er mye utstyr som er koblet opp til et kar som kan gjøre det utfordrene å implementere nye installasjoner. Det kan være fordelaktig å planlegge dette for nye deler av anlegget så tidlig som mulig i bygge/planleggingsfasen. Det er også muligheter for å forbedre dagens vaskeprosedyre ved å tilrettelegge for opp og nedrigg av utstyr ved for eksempel å ferdigstille en integrert løsning for høytrykksspyling (Figur 17). Denne løsningen var ikke tatt i bruk da gruppen var på bedriftsbesøk (4. april 2023).

Ser man på hele vaskeprosessen utgjør ikke denne riggingen mye av total brukt tid i løpet av en nedvask. Om man ikke ønsker å implementere en automatisk løsning for nedvask er det her man kan spare mest tid. På grunn av hyppigheten av vaskingen kan man likevel spare tid på å slippe å koble opp høytrykksspyler og rigge slanger og flytte utstyr mellom hvert kar.

Tilrettelegging og effektivisering av eksisterende løsninger for nedvask kan gjøres ved tiltak i planleggingsfasen av nye bygg. Disse tiltakene kan inkludere løsninger for effektiv oppstart og nedrigg av vask, som stasjonær høytrykksvasker med strategisk plasserte uttak i anlegget, slik som man har sett i RAS 3 (Figur 17). Løftesystem for automatiserte løsninger kan også med fordel inkluderes i planleggingen.

4) Nedvask av smoltkar med diameter større enn 10 meter er en HMS-utfordring

Kar som har mindre eller lik diameter som 10 meter er ikke en utfordring å vaske ned på grunn av et mindre areal som må vaskes (Kapittel 5.1). Kar med større diameter har også større areal og er derfor en utfordring i form av ensformig arbeid (Arbeidstilsynet, 2023a) og tungt manuelt arbeid (Arbeidstilsynet, 2023b). Trenden i oppdrett går mot større kar og en del av karene som er under utbygging på Nordheim vil også være store i størrelsen (Figur 13). På grunn av høye karvegger vil mye av arbeidsstillingene være belastende for skuldre, nakke og rygg. Vasking kan være ensformig arbeid som gir lite variasjon. En måte å sikre dette på er ved å legge til rette for pauser i arbeidet. Om det ikke er mulig å organisere arbeidet slik at arbeidstaker får varierte arbeidsoppgaver er det viktig at det er lagt til rette for hvile og restitusjon. Det kan bety at arbeidsoppgaver som er ensformige også tar lengre tid, da det er større behov for hvile enn om man opplever variasjon i oppgavene. Klarer man å skape et arbeidsmiljø hvor de ansatte føler at de får tilfredsstilt sitt behov for psykisk og fysisk variasjon vil det kunne føre til mer engasjement, økt trivsel og effektivitet.

På grunn av FTC-utforming er det også en høy risiko for at det vil sprute vann og desinfeksjonsmiddel når man spylers på den. Det kan også være en fare for at

skittent vann, desinfeksjonsmiddel eller partikler som spyles løs kan falle ned og treffe den som vasker. Dette skal dog ikke utgjøre særlig risiko, da den ansatte skal ha på seg riktig værneutstyr når vask gjennomføres.

Plasseringen av FTC i karet gjør det også nødvendig å stå i en ugunstig arbeidsstilling når den vaskes ned. Siden både sider og underside av FTC skal vaskes er det nødvendig å stå lent bakover med armer over skulderhøyde i lengre perioder. Dette kan føre til slitasje på skuldre, nakke og rygg.

Biofilmen i karet gjør gulvet glatt og det er en risiko for fall når beveger seg inn i karet. Dette gjelder for alle av Nordheims kar. En løsning som fjerner biofilm på vegger og gulv før ansatte går inn i karet kan være med på å minske denne risikoen.

5) Målet med automatisering er å frigjøre arbeidskraft

Fra bedriftens side er det ikke mål om å implementere automatisering for å erstatte eksisterende ansatte. Ønsket med automatisering er et supplement som kan lette belastning på dagens ansatte og frigjøre arbeidskraft til andre oppgaver. (A. Baer, (personlig kommunikasjon, 20.april 2023))

Frigjøring av arbeidskraft kan føre til en mer variert arbeidshverdag for de ansatte. Dette kan igjen øke trivsel på jobb og senke risiko for belastningsskader og sykefravær (Arbeidstilsynet, 2023a).

7.2 Diskusjon av funn i tidsstudie

1) De største flatene er de mest tidkrevende

På grunn av store areal er karvegg og kargulv de flatene i karet som tar lengst tid å rengjøre (Kapittel 5). Det er også her potensialet for automatisering er størst, da de store flatene egner seg godt for ROV'er eller AUV'er. Det er også her mulighetene for innsparing av tid er størst. Får man frigjort arbeidskraft i denne delen av vaskeprosessen kan den ansatte utføre andre arbeidsoppgaver mens vaskingen går. Det vil også lette belastningen på den ansatte som utfører vask og gjøre arbeidet mindre ensformig.

Utfordringen med automatisering av vask på de største flatene er spørsmålet om når man skal gjennomføre denne vasken. Ved vask når det fortsatt er fisk i karet vil det være en fare for at fisken får en stressrespons på roboten. Dette kan i

lengden ha negativ effekt på fisken (Olsen, 2018). Da oppgaven ikke tar for seg fiskevelferdsaspektet av nedvask, trengs det flere undersøkelser på dette området før man kan gi en konklusjon på effekten av vasking av kar med fisk i.

Man må også teste hvor tett opp mot levering det er nødvendig å vaske, da et for langt tidsintervall vil gi mulighet for ny produksjon av biofilm. Dette gjør at man må vaske på nytt igjen etter at karet er tømt for fisk. Den optimale løsningen kan derfor være å finne et vaskeintervall som sørger for at karet er fritt for biofilm når det tømmes, slik at man slipper spyling av vegger og gulv.

2) De største flatene har størst potensiale for tidsbesparing

Karvegg og kargulv representerer det største arealene som må vaskes ned. Da det er her mesteparten av tiden til nedvask blir brukt (Tidsstudie 5.1), er det også her potensialet for besparing av tid er størst.

Det er også her man har funnet flest løsninger for automatisert eller effektivisert nedvask gjennom kvalitative undersøkelser (Delkapittel 6.3).

3) Det er mulig å spare tid på ned- og opprigg

Det kan gjøres enkle installasjoner som sparer tid på opprigg og nedrigg. Som diskutert i delkapittel 7.1 kan enkle løsninger være med på å spare tid.

Det er også mulig å installere en stasjonær høytrykksspyler-løsning i hver avdeling. Har man stasjonære uttak kan man installere disse på en eller flere gunstige plasser rundt omkring på avdelingen, slik at man ikke trenger å ha slanger liggende på gulvet under vasking.

7.3 Diskusjon av funn fra kvalitative undersøkelser

1) Det eksisterer løsninger for våtvask av kar

Det finnes bedrifter som produserer roboter og tjenester for nedvask av kar med vann (Vedlegg 8.1). Egenskapene til de forskjellige robotene varierer og påvirker mulige bruksområde.

Vekt på robot kan være med å påvirke flere faktorer. For det første vil vekten være

med å bestemme om det kreves flere personer eller hjelpemidler som kran/lift (Arbeidstilsynet, 2023b). En tyngre robot vil også bli mindre påvirket av strømmene i karet, da særlig i større kar med større fisk og høyere vann-flow. Samtidig vil tyngre vekt kreve kraftigere impellere som igjen vil fører til økt energiforbruk. (Meox - Odd I. Mork (personlig kommunikasjon, 11. mai 2023))

Styring av robotene varierer mellom manuell og automatisk. De manuelle løsningsopererene opereres/styres/driftes ved hjelp av en operatør på plass eller fra et kontroll-senter. De automatiske robotene virker å jobbe ved hjelp av styringsalgoritmer som gjør at den jobber seg systematisk over hele flaten. Dette ble bekreftet av en leverandør (Meox - Odd I. Mork (personlig kommunikasjon, 11. mai 2023)). Fullstendig autonome løsninger var ikke å finne tilgjengelig for markedet per dags dato (Avsnitt 2.5.1).

Rengjøringsmetode kommer i tre alternativer: spyling, børste og vasketrekk (Vedlegg 8.1). Det som virker å skille disse tre metodene er kraften bak selve rensesprosessen. Meox tilbyr vaskeroboter med spyling og har en patent på kavitasjonsteknologi. Denne spyleteknikken har gode resultater på fjerning av biofilm, selv på biofilm som har tørket over en periode (Meox - Odd I. Mork (personlig kommunikasjon, 11. mai 2023)).

Vasking ved bruk av roterende og faste børster er tilgjengelig (Vedlegg 8.1). Børstene fjerner biofilm og groe under vann, men man har ikke funnet informasjon om hvordan den vil håndtere inntørket biofilm. Produsent til robot som bruker vasketrekk anbefaler at det er en løsning for kontinuerlig vask, da den ikke vil klare å ta veldig skitne vegger (Vedlegg 8.1). Så gruppen har valgt å sette børste og vasketrekk som gunstig for kontinuerlig rengjøring som et forebyggende tiltak, da begge løsningene gjerne kan kreve mindre forbruk av strøm og man slipper vanntilførsel til spyling. Kavitasjonsspyling blir nok mer aktuelt ved periodisk rengjøring av kar, eksempelvis jevnlig utført vask eller rett før/etter tømning av tank for generasjonsbytte.

Stressrespons fra fisk på disse ulike typene rengjøringsmetoder er ikke undersøkt og oppgaven kan derfor ikke si noe om hvordan eller hvor mye fisken vil reagere på vaskingen. For å si noe om dette må det undersøkes nærmere.

Vaskefart påvirker hvor lang tid selve vaskeprosessen bruker per enhet/kar. Det vil være mer avgjørende for roboter som må styres manuelt eller krever konstant oppsyn, siden operatøren da blir låst til oppgaven under selve vaskingen. I en slik situasjon vil vaskefarten direkte påvirke antall kar som kan rengjøres i løpet av en vanlig arbeidsdag. En løsning som benytter seg av automatisk vasking med et lavere behov for oppsyn, vil ha en større margin for hva som er akseptabelt av fart. I et slikt tilfelle vil driftssikkerheten og robotens evne til å løse arbeidsoppgaven selv være av større relevans. Potensialet her er at operatør står fritt til å utføre

andre oppgaver under vaskingen. For roboter som drives av batteri, så vil det nok være fordelsmessig om roboten får gjort ferdig et kar uten å måtte lade eller bytte batteri.

Vaskefarten kan bidra til forskjellig grad av stressrespons hos fisken, men som tidligere nevnt så er ikke denne responsen undersøkt i denne oppgaven.

Håndtering av løse partikler fra vask vil kunne påvirke vannkvaliteten til karet (Avsnitt 2.2). Mengden partikler som blir produsert av de forskjellige vaske-metodene har ikke blitt undersøkt av gruppen. Grensen for akseptabelt partikkelnivå vil variere fra anlegg til anlegg. Det finnes flere løsninger for oppsamling av partikler. Vaskerobotene som er undersøkt har forskjellige løsninger. De samler partiklene i et filter, suger det direkte ut ved hjelp av en slange eller samler det på et vasketrekket (Vedlegg 8.1).

Energiforbruk vil påvirke driftskostnader, og viktigheten vil nok øke med antall vaskeroboter som er tenkt å ta i bruk. Nå har ikke gruppen satt seg inn i struktureringen av el-nettverket til Nordheim, men gitt et scenario der man kjører 4 vaskeroboter samtidig i en hall, så bør det forsikres om at kretsen som driver robotene håndterer maksbelastningen.

2 Det finnes ingen tilgjengelige løsninger på markedet som kan utføre tørrvask på kar

En startup i Bergen er i ferd med å utvikle en robot som kan klatre på tørre vegger og fjerne biofilm ved automatisk eller manuell styring (EasyX, 2023). Gruppen mislyktes å komme i kontakt med bedriften og kan derfor bare støtte seg på informasjon fra artikler og hjemmesiden til bedriften (Berge, 2023).

Desverre har gruppen ikke nok informasjon til å kunne si så mye om funksjonalitetene til denne roboten. Hjemmesiden til produsenten har gitt oss informasjon som at den klatrer på tørre vegger og ut fra video så bruker den spyling som rengjøringsmetode. Det gruppen savner av informasjon er strømforbruk, vekt, vaskemetode og hvilke sikkerhetstiltak som må gjøres for å ha et maskineri klatrende på vegger. Hvis roboten veier 60 kg, er det ganske mye vekt som skal henge 5-6meter opp på en vegg. Det kan tenkes at ytterligere sikring av robot må innføres ved tørrvasking.

I tillegg kan vask av tørre kar med inntørket biofilm gi utfordringer med aerosoler. Enkelte studier har identifisert høytrykksspyling som den høyeste kilden til eksponering av aerosol-komponenter i yrker som jordbruk eller grafittifjerning (Madsen og Matthiesen, 2013). Det kan være en mulighet for at dette også er et problem ved nedvask av kar, men det finnes lite forskning på dette området.

3 Leverandørene kan ha flere tjenester i tillegg til produkt

Det ble avdekket tre metoder for bruk og drift av robotene (Meox (personlig kommunikasjon, 11. Mai 2023), Mainstay (personlig kommunikasjon, 9. Mai 2023) og Troll Systems, 2023):

Løsning 1 - Kunde kjøper vaskerobot som et produkt, får opplæring i bruk og vedlikehold, men står da for dette selv.

Dette er en løsning der anlegget tar eierskap over vaskeutstyret samt vaskejobben. Det fordelaktige er at man slipper kostnader i form av eksterne tjenester, Denne løsningen vil og kunne frigjøre mye av det fysiske arbeidet til den som utfører vask per dags dato, og gi personen mulighet til å ta mer teknisk ansvar over driften og vedlikeholdet til vaskeroboten(e). Viktigheten bak gode vedlikeholds rutiner blir fulgt er stor når anleggene selv tar ansvar for dette.

Løsning 2 - Kunde kjøper en vasketjeneste, og da blir hele jobben satt til en ekstern bedrift som kommer og tar seg av vaskejobben.

Ved å sette vekk hele vaskejobben så blir man kvitt den fysiske belastningen og en annen bedrift står til ansvar for utstyr og arbeidskraft. Man anser dette som den letteste løsningen på problemet, men lett betyr ofte dyrt når man skal kjøpe tjenester. Gruppen har ikke hentet inn pris på tjenester og dette kan være en avgjørende faktor. Videre så vil nok kommunikasjon mellom anlegg og potensiell serviceyter være av stor viktighet. Flexibilitet rundt forsinkelser og andre årsaker kan gi større konsekvenser for drift, fordi man gjerne lager en vaskeplan eller avtaler i god tid på forhånd opp mot bedriften som skal ta vaskejobben. En ulempe som kan oppstå, er at man lar en annen bedrift komme inn og ta seg av en ganske sentral rolle ved generasjonsskifte. Dette kan bidra til at de ansatte kan miste eierskap til den helhetlige prosessen, samt forståelse av viktigheten bak arbeidet med rengjøringen.

Løsning 3 - Kunde kjøper eller leaser produktene samt en tjeneste der styringen av vaskeroboten gjøres fjernt av en operatør. Kunden tar seg av de fysiske oppgavene rundt flytting, tilrettelegging og vedlikehold på utstyret. Det skal også kommuniseres mellom anlegg og operatør ved bruk av vaskerobot.

Her har du en tjeneste som benytter seg av manuelt styrte roboter for vasking, men operatørene styrer dette fjernt fra kontorene til oppdragstaker. Her vil anlegget og bedriften samarbeide om vaskejobben, der det antas at personalet på anlegget blir fristilt mens selve vaskingen pågår (Vedlegg 8.1).

4) Utformingen av kar på Nordheim kan kreve tilpasning

Karene på Nordheim ikke er helt runde, men satt sammen av betongplater. Dette gjør at karene har flere skjøter med en liten vinkel som kan utfordre kjøringen til en potensiell robot. (A. Baer, (personlig kommunikasjon, 20.april 2023))

Gruppen har vært i kontakt med en bedrift som allerede har prøvekjørt og tilpasset sin robot for å håndtere kjøring over skjøtene (Meox - Odd I. Mork (personlig kommunikasjon, 11. mai 2023)). Geir T. Nevøy (Mainstay AS) kan også bekrefte at Mainstay sin robot skal klare å kjøre over skjøter dersom vinklene ikke er for store (G.T, Nevøy (personlig kommunikasjon, 9. Mai 2023)). Det virker ikke til at dette trenger å være et uoverkommelig problem, men det kan fort bli avgjørende om en robot får til å kjøre over skjøtene selv eller om det ville kreve manuell styring. Dette vil kunne påvirke mulighetene for automatisk vasking eller ikke.

5) - Fremtidens løsninger

Autosmolt 2025 SINTEF er i ferd med å publisere en forskningsrapport der de ser på mulighetene til å automatisere så mange prosesser som mulig på settefisk-anlegg. (SINTEF, 2019)

Forskningen ser på muligheten for å effektivisere produksjon og lette manuelle oppgavene som utføres idag. Rensing av kar til fisken er også en del av satsningsområdene til denne rapporten og resultat fra denne kan være relevant for problemstillingen denne oppgaven ser på. Resultatene kan også ha påvirkning for hvilken retning næringen tar videre.

Robotarm Det har blitt utført forskning og simulering av mulighetene til å bruke en robotarm til å utføre nedvask av kar. Rapportene kunne ikke gi et konkluderende svar, men var optimistisk til at resultatene var et godt utgangspunkt for videre forsøk. (Haugaløkken et al., 2021)

Fordelen med denne løsningen er at roboten kan ta over jobben direkte for den ansatte. Den kan programmeres til å kjøre et visst mønster. Om denne utvikles til en mer autonom løsning med sensorer og maskinlæring kan dette være et aktuelt valg for fremtiden. Dette er en løsning krever mer forskning. (Haugaløkken et al., 2021)

En av utfordringene er at armen kan ta en del plass. Samtidig må det utvikles et system som kan flytte den fra kar til kar. Det finnes ulike rekkevidder på armene, men kostnad øker med lengde på armen.

Lignende teknologi har og er under utvikling for rensing av sjønot. Eksempelvis har Aqua Robotics utviklet HALO rengjøringsystem som er børster som går langs noten, fastmontert i en ring som den følger rundt noten mens den rengjør (AquaRobotics, u.å). Probotics holder på å utvikle autonome roboter for inspeksjon og rensing av sjønot (Probotic, 2023). Gruppen har gjort et forsøk på å opprette dialog med bedriftene uten å lykkes.

Det er dermed vanskelig å si om det er muligheter for å tilpasse systemene for rensing av smoltkar.

7.4 Diskusjon av funn fra litteraturstudier

Hydrogensulfid - H_2S

Når bakteriene i biofilmen bryter ned slam som får ligge i fred uten tilgang på oksygen, dannes det hydrogensulfid (H_2S) som er giftig for fisken ved små mengder. Produksjonen ble målt til å være sterkest i bunnen av karene og det så ut til å øke med tid, fôring, salinitet og biomasse. (Avsnitt 2.3)

Å se på løsninger som innebærer jevnlig eller kontinuerlig rensing av biofilm vil naturligvis prioriteres på bakgrunn av informasjon rundt H_2S og dens dannelse under normal drift av landbasert oppdrett.

Rensemeter

Begge metodene nevnt under tar utgangspunkt i roboter som kan utføre selve vaskeprosessen av seg selv uten kontinuerlig tilsyn. Det er mulig å utføre jobben manuelt, men det vil kreve en person til å styre hver robot under vasking. Det er mulig å inngå samarbeid eller gi bort vaskeoppgaven eksternt. Oppgaven tar for seg effektivisering av vaskeprosessen, så det ikke blitt innhentet informasjon rundt priser på slike tjenester.

1 - Kontinuerlig

En løsning som innebærer kontinuerlig vask vil innebære roboter som kan jobbe over lengre perioder uten å være avhengig av støtte fra menneskelig interaksjon. I et perfekt scenario vil roboten utføre vaskingen sin til gitte tidspunkt for så å utføre en form for selvens og parkering for å lade seg selv opp igjen. Dette er løsninger

som allerede er kommersielt tilgjengelig til husholding i form av robotstøvsugere og -gressklippere.

Fordeler:

- Biofilm fjernes kontinuerlig, som kan begrense produksjon av H_2S
- Fysisk påkjenning reduseres kraftig grunnet mindre overflate må spyles ved generasjonsskifte
- Muligheter for å frigjøre ansvarlige for vasking til å utføre andre oppgaver, effektivisere rollen
- Kan være overførbar løsning til flere karstørrelser for videre utvikling
- Potensielt gi mindre stress da børste eller vasketrekk er mest brukt for slike løsninger

Ulemper:

- Vil kreve en enhet per tank, dette kan føre til store kostnader ved innkjøp, potensielt vedlikehold og eventuell sette vekk oppgaven.
- Vil kreve opplæring og potensielt egen stilling for å utføre drift og vedlikehold på enhetene dersom de skal driftes internt av Nordheim.
- Kan gi økt stress over tid, dersom fisken ikke klarer å tilpasse seg.

Dette er en løsning som kan ta for seg de største utfordringene ved nedvask. Dette inkluderer å senke den fysiske og tidsmessige påkjenningen manuell vask gir per idag. Det er nok en av de mer kostbare løsningene, men gruppen mener dette kan være en investering for fremtiden. Ved å utvikle og utføre vaskeprosessen internt vil man kunne skreddersy en løsning sammen med leverandør. Ved å tilegne seg kunnskapen internt vil potensialet for å videreføre teknologien til flere anlegg være stor.

2 - Jevnlig

Ved å lage en rutine for periodisk vask på karene, vil man kunne utføre arbeidet ved hjelp av en mindre flåte av roboter. Dette vil kreve menneskelig interaksjon ved overføring av roboter mellom karene i tillegg til de andre drift og vedlikeholds relaterte oppgavene rundt robotene.

Fordeler:

- Fjerne oppbygging av biofilm jevnlig, som kan senke produksjonen av H_2S
- Fysisk påkjenning reduseres kraftig grunnet mindre overflate som må spyles ved generasjonsskifte
- Muligheter for å frigjøre ansvarlige for vasking til å utføre andre oppgaver, effektivisere rollen
- Kan være overførbar løsning til flere karstørrelser for videre utvikling.
- Vil potensielt påføre mindre stress over tid siden den ikke går kontinuerlig

Ulemper:

- Krever mer fysisk interaksjon ved flytting av roboter mellom kar
- Roboten må desinfiseres mellom hver vask
- Vil mest sannsynligvis kreve en form for løftehjelp da vekten på robotene fort kan overstige 15kg
- Må muligens bruke spyleteknologi hvis biofilmen er vanskelig å fjerne, vil kunne føre til mer støy og driftskostnad
- Kan føre til økt stress da fisken ikke har vendt seg til fremmedobjektet

Hovedforskjellen mellom den jevnlige og kontinuerlige vasken er i hovedsak vaskefrekvens og valg av utstyr. I et tilfelle der vasking utføres periodevis, vil produksjonen av H_2S mest sannsynligvis avta etter utført vask, men effekten av frekvens for fjerning av biofilm er ukjent og burde undersøkes. Dersom periodisk vasking ikke vil føre til nedgang av H_2S produksjon, bør det revurderes om rutinen bør settes til nedvask rett før tømming av kar. Dette kan man ikke si noe om da det er data som gruppen ikke har funnet eller innhentet.

Begge metodene vil redusere den fysiske og tidsmessige påkjenningen som dagens manuelle vaskeprosess gir. I tillegg vil en forbedring av eksisterende løsning for høytrykksvasking kunne gi en tidsbesvarende gevinst, da enkelte deler av karet fortsatt må vaskes for hånd.

7.5 Feilkilder - metodens validitet

En svakhet med datainnsamlingen er at vi ikke har fått kontakt med alle bedriftene vi ønsket å komme i kontakt med. Det finnes mange ulike produsenter og

tjenesteytere både nasjonalt og globalt som det kunne vært aktuelt å kontakte. Det kan ha ført til at vi ikke har fått dannet et bredt nok grunnlag for teknologiene vi har undersøkt.

Påliteligheten til våre data og funn for det teoretiske kapittelet anser vi som sterkt. Gruppen har støttet seg på forskning og informasjon fra produsenter. Data hentet fra Mowi og Nordheim vurderes pålitelig da det er de som ønsker forslag til forbedring. Da mye data ble hentet direkte fra produsenter og leverandører, så ble det naturlig at man fikk mer informasjon fra de man hadde mest kontakt med. Det kan være en faktor som påvirker objektivitet.

Konklusjon

Denne oppgaven er skrevet som avsluttende arbeid ved linjen Bachelor i ingeniørfag, Havbruk på NTNU (Trondheim). Bacheloroppgaven er skrevet med Mowi ASA som oppdragsgiver og omhandler den eksisterende løsningen for nedvask av smoltkar og ser på mulige forbedringer av denne. Oppgavens problemstilling har vært som følger:

Forbedre eksisterende løsning på nedvask av smoltkar ved generasjonsskifte.

Det vil videre bli presentert konklusjon for de tilknyttet de forskjellige resultatmålene samt den løsningen man mener er mest gunstig for formålet per dags dato.

Konklusjon resultatmål 1

Resultatmål 1: Ståstedsanalyse for å kartlegge dagens prosedyre for gjennomføring av nedvask og desinfisering av smoltkar hos Mowi ASA avd. Nordheim

Som en konklusjon på dette resultatmålet har man valgt å trekke frem det man anser som de viktigste observasjonene som kom frem i ståstedsanalysen.

- Det er behov for automatisering av nedvask for å få frigjort arbeidskraft,

samt at den totale mengden vasking vil i fremtiden øke på grunn av pågående utbygging.

- Nedvask av kar større enn 10 meter i diameter er tidkrevende og binder opp arbeidskraft
- Kar over 10 meter i diameter er en HMS-utfordring på grunn av ensformig arbeid og ugunstig arbeidsstilling.
- Enkelte deler av karet må vaskes med håndholdt høytrykkspyler på grunn av vanskelig tilkomst.

Konklusjon resultatmål 2

Resultatmål 2: Tidsstudie av dagens prosedyre ståstedsanalyse for å karlegge dagens prosedyre for gjennomføring av nedvask av smoltkar hos Mowi ASA avd. Nordheim.

Som en konklusjon på dette resultatmålet har man valgt å trekke frem det man anser som de viktigste funnene i tidsstudien.

- De største flatene av karet (gulv og vegger) er mest tidkrevende
- En permanent løsning for utstyr til nedvask (stasjonær høytrykksspyler, tilkoblingspunkter for slanger og dyser langs gangbane) kan spare tid og fjerne behov for rigging.
- Nedvask av de største flatene (gulv og vegger) innehar størst potensiale for tidsbesparing og automatisering.

Konklusjon resultatmål 3

Resultatmål 3: Gjennomføre kvalitative undersøkelser - identifisere Mowi ASA avd. Nordheims behov og ønsker, innhente relevant informasjon om eksisterende løsninger for nedvask fra aktører i næringen.

De viktigste behovet/ønsket fra Nordheims side ble vurdert til følgende:

- Bedre HMS i forbindelse med nedvask av smoltkar

- Automatisere nedvask og spare tid der mulig
- Løsning for nedvask av tørt kar

Relevant informasjon om eksisterende løsninger er blitt presentert i kapittel 6 og videre diskutert i kapittel 7. De viktigste behovene for Nordheim og informasjonen hentet fra leverandører ble deretter brukt til å bygge opp under besvarelsen til resultatmål 4.

Konklusjon resultatmål 4

Dette delkapittelet er en besvarelse på:

Resultatmål 4: Benytte innsamlet informasjon til å anbefale en løsning.

Som en konklusjon på dette resultatmålet presenteres gruppens anbefaling av valg for nedvask av smoltkar.

- Kontinuerlig vask av automatisert robot med børster, eller jevnlig vaskerutine med automatisk styrt spylrobot (eksempelvis N2S (Vedlegg 8.1))
- Nordheim kjøper inn utstyr og tar drift og vedlikehold selv
- Opprette et team med ansvar for drift og vedlikehold av robotene og arbeidsoppgavene knyttet til dette
- på sikt ser etter automatiske løsninger til de mindre karene (eksempelvis x1 (8.1))

Ønsket fra Nordheim var en løsning for nedvask av smoltkar som kunne gå uten vann i karet. Gruppen mener dog at den beste løsningen for nedvask av smoltkar per dags dato er en løsning der det foregår kontinuerlig eller jevnlig vask av gulv og karvegger underveis i produksjonen. Grunnen er at teknologien ikke er kommet langt nok og at det er knyttet en rekke utfordringer til nedvask på tørt kar. Disse inkluderer blant annet aerosoler og HMS-vurderinger knyttet til tungt utstyr i tomt kar, samt at biofilmen er vanskeligere å fjerne.

En automatisert løsning slik som gruppen har foreslått vil redusere den fysiske og tidsmessige påkjenningen som dagens manuelle vaskeprosess fører til, samt gi en bedre HMS i arbeidshverdagen. Det vil også gi en gevinst i form av mindre produksjon av H_2S og senke mengden organisk materiale tilgjengelig for bakterier, samt gi et bedre karmiljø for fisken.

8.1 Personlige refleksjoner

Gruppen føler at vi har besvart resultatmål og effektmål godt ut i fra oppgavens størrelse og avgrensning. En mer grundig besvarelse ville krevd en større oppgave som en mastergrad eller doktorgrad.

Innhenting av pris på de ulike tjenestene og maskinene kunne ha løftet oppgaven og gitt oppdragsgiver et bedre grunnlag for et eventuelt valg om løsning. Dette ble ansett som en for stor jobb med tanke på oppgavens egenart.

En mer detaljert oversikt over antatt vasketid på de forskjellige robotene og karstørrelsene kunne gitt et bedre bilde over hvor mye tid man teoretisk sett kan fristille. Om det går opp med antall kar og ansvarlige etter endt utbygging kunne og blitt presentert.

Besøk ved flere anlegg og intervju med flere ansatte som jobber med nedvask kunne også ha vært med å styrket oppgaven. Det finnes settefiskanlegg som bruker vaskeroboter og det kunne vært nyttig å kommet i kontakt med de for å innhente erfaringer. Her er det igjen oppgavens størrelse som begrenser.

Det er mulig av enkelte av kildene vi har bruk ikke har vært helt objektive. De er innhentet fra hjemmesider og kommunikasjon med personer i bransjen. Som aktør i en næring ønsker man å selge sitt eget produkt, og den informasjonen som ligger ute offentlig vil derfor reflektere dette. Man er avhengig av at det utføres forskning av en uavhengig part for å få objektive resultater. Det finnes dessverre lite av dette per i dag. Det er håp om at dette vil endre seg når SINTEF, 2019 publiserer resultatene fra sin forskning.

Bibliografi

- Andersen, G. (2020). *Kvalitative intervjuundersøkelser*. URL: http://www.aquacase.org/other_information/docs/2015-salmon-industry-handbook.pdf (sjekket 20.05.2023).
- AquaRobotics (2023). *Slik fungerer HALO*. URL: <https://aquarobotics.no/halo/> (sjekket 19.05.2023).
- AquaRobotics (u.å). *Slik fungerer HALO*. URL: <https://aquarobotics.no/halo/> (sjekket 11.05.2023).
- Arbeidstilsynet (2023a). *Ensformig arbeid*. URL: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/ergonomi/manuelt-arbeid/ensformig-arbeid/>.
- Arbeidstilsynet (2023b). *Tungt arbeid*. URL: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/ergonomi/manuelt-arbeid/tungt-arbeid/>.
- Arbeidstilsynet (u.å). *HMS*. URL: <https://arbeidstilsynet.no/hms> (sjekket 04.05.2023).
- Artec Aqua (2023). *Webside for bedrift*. URL: <https://www.artec-aqua.no/> (sjekket 06.05.2023).
- ASA, M. (2015). *Salmon Farming Industry Handbook 2015*. URL: http://www.aquacase.org/other_information/docs/2015-salmon-industry-handbook.pdf (sjekket 20.05.2023).
- Attramadal, K. (15. feb. 2015). *BAKTERIOLOGISK BALANSE OG KONTROLL I RAS*. URL: <http://tekset.no/wp-content/uploads/2017/02/5-Attramadal.pdf> (sjekket 03.04.2023).
- Attramadal, K. (nov. 2017a). *Forelesningsnotat i BT3210 - Environmental requirements of fish*.
- Attramadal, K. (nov. 2017b). *Forelesningsnotat i BT3210 - RAS in Norway*.
- Attramadal, K. (nov. 2017c). *Forelesningsnotat i BT3210 - Water quality*.

- Attramadal, K., Åtland, Å., Langeteig, S. og Olsen, R. E. (2019). *Nå vet vi mer om HS i landbaserte anlegg*. URL: <https://www.kyst.no/hydrogensulfid/navet-vi-mer-om-hs-i-landbaserte-anlegg/158847> (sjekket 15.05.2023).
- Bakke, M. (2022). «A Comprehensive Analysis of ATP Tests: Practical Use and Recent Progress in the Total Adenylate Test for the Effective Monitoring of Hygiene». I: *Journal of Food Protection* 85.7, s. 1079–1095. ISSN: 0362-028X. DOI: <https://doi.org/10.4315/JFP-21-384>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22067102>.
- Bao, J., Li, D., Qiao, X. og Rauschenbach, T. (2019). *Integrated navigation for autonomous underwater vehicles in aquaculture: A review*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221431731930071X> (sjekket 19.05.2023).
- Berge, A. (6. feb. 2023). *Robotselskap får 12millioner kroner i ny egenkapital*. URL: <https://meox.no/vasking/> (sjekket 11.05.2023).
- Berge, A. (27. okt. 2014). *Redusert svinn med postsmolt*. URL: <https://ilaks.no/reduert-svinn-med-postsmolt/> (sjekket 03.04.2023).
- Bjarte Tveranger, G. H. J. (26. nov. 2008). *Dokumentasjonsvedlegg til søknad om utvidelse ved Marine Harvest Norway AS avd. Nordheim (reg. nr. M/T 0005)*. URL: <https://www.radgivende-biologer.no/wp-content/uploads/2019/06/1157.pdf> (sjekket 02.05.2023).
- EasyX (5. mai 2023). *Homepage*. URL: <https://www.easyx.no/> (sjekket 05.05.2023).
- Fjellheim, A. J., Hess-Erga, O.-K., Attramadal, K. og Vadstein, O. (2016). *Resirkulering av vann i settefiskproduksjon*. Trondheim: NTNU.
- Frimand, M. (2022). *Ubegrensede muligheter med elektrisk dypvanns-ROV*. URL: https://www.xn--nringslivnorge-0ib.no/fremtidens_havrom/ubegrensede-muligheter-med-elektrisk-dypvanns-rov/ (sjekket 04.05.2023).
- Grønn jobb (2023). *HMS, helse, miljø og sikkerhet*. URL: <https://www.gronnjobb.no/hms-helse-milj%C3%B8-og-sikkerhet>.
- Gaarden, S. I. (2020). «Characterising temporal dynamics in microbial communities from biofilm and water during commercial production of Atlantic salmon smolts in RAS». I: URL: <https://hdl.handle.net/11250/2671131>.
- Haugaløkken, B. O. A., Nissen, O., Amundsen, H. B., Føre, M. og Kelasidi, E. (2021). «Modelling and control of a 6 DOF robot manipulator for underwater applications - aquaculture related case studies». I: *OCEANS 2021: San Diego - Porto*, s. 1–10. DOI: 10.23919/OCEANS44145.2021.9706100.
- Havforskningsinstituttet (19. des. 2022). *Tema: Laks*. URL: <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/laks> (sjekket 13.05.2023).
- Hellevik, O. (2002). *A Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*.
- Helsebiblioteket (u.å). *Feilinjeeksjoner (feiladministrering) - behandlingsanbefaling ved forgiftning*. URL: <https://www.helsebiblioteket.no/forgiftninger/antidoter-og-eliminering/feilinjeeksjoner-feiladministrering-behandlingsanbefaling-ved-forgiftning-copy> (sjekket 19.05.2023).
- Helseth, L. E. (2021). *Kavitasjon*. URL: <https://snl.no/kavitasjon>.

- Johnsen, G. H., Klem, S. T. og Tveranger, B. (7. jul. 2022). *Dokumentasjonsvedlegg til søknad om utvidelse ved MOWI ASA avd. Nordheim (reg. nr. MT0005), Med enkel konsekvensutredning*. URL: <https://www.radgivende-biologer.no/wp-content/uploads/2022/09/3698.pdf> (sjekket 02.05.2023).
- Kelasidi, E. (u.å). *Robotikk og autonomisering i havbruksnæringen*. URL: <https://www.sintef.no/fagomrader/robotikk-og-autonomi/robotikk-og-autonomisering-i-havbruk/> (sjekket 03.05.2023).
- Krüger Kaldnes, E. S. og (2020). *Grumsete vann i RAS-produksjon av fisk*. URL: <https://www.intrafish.no/kommentarer/grumsete-vann-i-ras-produksjon-av-fisk/2-1-835728> (sjekket 20.05.2023).
- Kyst.no (17. mar. 2018). *Marine Harvest: -Blir best på storsmolt*. URL: <https://www.kyst.no/marine-harvest-ras-orjan-tveten/marine-harvest-blir-best-pa-storsmolt/256100> (sjekket 28.04.2023).
- Kärcher (u.å). URL: <https://www.kaercher.com/no/professional-rengjoeringloesninger/profesjonelle-bransjeloesninger.html> (sjekket 19.05.2023).
- Langøyli Giske, L. A., Lindstad, L. H., Løvdal, T. og Mork, O. J. (2020). «Design of fish processing equipment: exploring cleaning brush performance and material properties to minimize biofilm deposits». I: *Procedia CIRP* 91. Enhancing design through the 4th Industrial Revolution Thinking, s. 140–145. ISSN: 2212-8271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.159>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120307976>.
- Lönn-Stensrud, J. (2022). *Biofilm*. URL: <https://sml.snl.no/biofilm>.
- Madsen, A. M. og Matthiesen, C. B. (2013). «Exposure to aerosols during high-pressure cleaning and relationship with health effects». I: *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 20.3, s. 420–425. ISSN: 1232-1966. URL: <https://www.aaem.pl/Exposure-to-aerosols-during-high-pressure-cleaning-and-relationship-with-health-effects,71953,0,2.html>.
- Mainstay (2022). *Mainstay Weda*. URL: <https://vimeo.com/759124857> (sjekket 19.05.2023).
- Mainstay (2023). *Mainstay*. URL: <https://mainstay.no/products/mainstay-weda/> (sjekket 02.05.2023).
- Meox (2023). *Meox*. URL: <https://meox.no/vasking/> (sjekket 10.05.2023).
- Mork, O. I. (mai 2023). *Presentasjon fra Meox 11.mai*.
- Mota, V. (nov. 2017). *Forelesningsnotat i BT3210 - RAS for smolt and postsmolt, biological and technological considerations*.
- Mowi (2023). *Mowi - Om oss*. URL: <https://mowi.com/no/om-oss/> (sjekket 10.05.2023).
- Nasjonalt Villakssenter (2023). *Livssyklus villaks*. URL: <https://www.villakssenter.no/laksens-livssyklus> (sjekket 16.05.2023).
- Nissen, O. (2021). *Automating Tank Operations in Smolt Production - Control of an Underwater Manipulator*. URL: <https://hdl.handle.net/11250/2832652> (sjekket 13.05.2023).
- Noble, C., Nilsson, J., Lars H. Stien, M. H. I., Kolarevic, J. og Gismervik, K. (2018). *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere*

- fiskevelferd*. URL: <https://nofima.no/wp-content/uploads/2016/06/Velferdsindikatorer-for-oppdrettslaks-2018.pdf>.
- Nordbø, B. (2020). *Høytrykksspyler*. URL: <https://snl.no/h%C3%B8ytrykksspyler>.
- Olsen, R. E. (mar. 2018). *Forelesningsnotat i BI2064 - Stress in fish*.
- Probotic (11. mai 2023). *About*. URL: <https://www.probotic.no/about> (sjekket 11.05.2023).
- ReachRobotics (2023). *Introducing REACH BRAVO Mk2*. URL: <https://reachrobotics.com/products/manipulators/> (sjekket 19.05.2023).
- «Recirculation and Water Re-use Systems» (2007). I: *Aquaculture Engineering*. John Wiley Sons, Ltd. Kap. 10, s. 133–143. ISBN: 9780470995945. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470995945.ch10>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780470995945.ch10>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470995945.ch10>.
- Regjeringen (11. okt. 2021). *Norsk havbruksnæring*. URL: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/> (sjekket 13.04.2023).
- SINTEF (16. sep. 2019). *Autosmolt 2025*. URL: <https://www.sintef.no/prosjekter/2019/autosmolt2025/> (sjekket 11.05.2023).
- Sjømat Norge (22. aug. 2011). *Norsk havbruk*. URL: https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2014/04/eff_fhl_komplett_lowres.pdf (sjekket 13.04.2023).
- Thagaard, T. (2009). *Systematikk og innlevelse : en innføring i kvalitativ metode*. nob. Bergen.
- Tjora, A. (jan. 2017). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis. 3. utgave*. ISBN: 9788205500969.
- Troll Systems (mai 2023). *Hjemmeside Troll Systems*. URL: <https://www.trollsystems.no/> (sjekket 15.05.2023).
- Vadstein, O., Attramadal, K. J. K., Bakke, I. og Olsen, Y. (2018). «K-Selection as Microbial Community Management Strategy: A Method for Improved Viability of Larvae in Aquaculture». I: *Frontiers in Microbiology* 9. ISSN: 1664-302X. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02730. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.02730>.

Vedlegg 1 - Taushetsavtale Jim Seo Markussen



Taushetserklæring

Undertegnede: Jim Seo Markussen studerer ved xx og skal i perioden xx skrive bacheloroppgave for Mowi ASA. NTNU 15/2-23 til 20/5-23

Ved signering på denne erklæring er undertegnede forpliktet til å iaktta fullstendig taushet når det gjelder forhold jeg gjennom min tilknytning til Mowi får kjennskap til, og som vedrører interne forhold i firmaet, informasjon jeg mottar om Mowi sine kunder, samt øvrig informasjon jeg får tilgang til.

Intervjuer skal klareres med Mowi i forkant. Mowi skal lese gjennom oppgaven før innlevering.

Taushetsplikten gjelder til enhver tid og på ethvert sted, så vel innen firmaet som utenfor, også etter at oppgaven hos Mowi er fullført.

Taushetsplikten gjelder ikke i de tilfeller det foreligger en lovbestemt plikt til å gi opplysninger.

Jeg er innforstått med at brudd på taushetsplikten kan medføre erstatningsansvar.

Trondheim 15/02-2023

Sted/dato

Underskrift

Revidert [01.01.2020] [MN]



Vedlegg 2 - Taushetsavtale Nora Baglo Helle



Taushetserklæring

Undertegnede: Nora B. Helle studerer ved xx og skal i perioden xx skrive bacheloroppgave for Mowi ASA.

Ved signering på denne erklæring er undertegnede forpliktet til å iaktta fullstendig taushet når det gjelder forhold jeg gjennom min tilknytning til Mowi får kjennskap til, og som vedrører interne forhold i firmaet, informasjon jeg mottar om Mowi sine kunder, samt øvrig informasjon jeg får tilgang til.

Intervjuer skal klareres med Mowi i forkant. Mowi skal lese gjennom oppgaven før innlevering.

Taushetsplikten gjelder til enhver tid og på ethvert sted, så vel innen firmaet som utenfor, også etter at oppgaven hos Mowi er fullført.

Taushetsplikten gjelder ikke i de tilfeller det foreligger en lovbestemt plikt til å gi opplysninger.

Jeg er innforstått med at brudd på taushetsplikten kan medføre erstatningsansvar.

Trondheim 15.02.23

.....
Sted/dato

.....
Underskrift

Revidert [01.01.2020] [MN]



Vedlegg 3 - Standardavtale bachelor



Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fastsatt av prorektor for utdanning 10.12.2020

STANDARDAVTALE

om utføring av studentoppgave i samarbeid med ekstern virksomhet

Avtalen er ufravikelig for studentoppgaver (heretter oppgave) ved NTNU som utføres i samarbeid med ekstern virksomhet.

Forklaring av begrep

Opphavsrett

Er den rett som den som skaper et åndsverk har til å fremstille eksemplarer av åndsverket og gjøre det tilgjengelig for allmennheten. Et åndsverk kan være et litterært, vitenskapelig eller kunstnerisk verk. En studentoppgave vil være et åndsverk.

Eiendomsrett til resultater

Betyr at den som eier resultatene bestemmer over disse. Utgangspunktet er at studenten eier resultatene fra sitt studentarbeid. Studenten kan også overføre eiendomsretten til den eksterne virksomheten.

Bruksrett til resultater

Den som eier resultatene kan gi andre en rett til å bruke resultatene, f.eks. at studenten gir NTNU og den eksterne virksomheten rett til å bruke resultatene fra studentoppgaven i deres virksomhet.

Prosjektbakgrunn

Det partene i avtalen har med seg inn i prosjektet, dvs. som vedkommende eier eller har rettigheter til fra før og som brukes i det videre arbeidet med studentoppgaven. Dette kan også være materiale som tredjepersoner (som ikke er part i avtalen) har rettigheter til.

Utsatt offentliggjøring

Betyr at oppgaven ikke blir tilgjengelig for allmennheten før etter en viss tid, f.eks. før etter tre år. Da vil det kun være veileder ved NTNU, sensorene og den eksterne virksomheten som har tilgang til studentarbeidet de tre første årene etter at studentarbeidet er innlevert.



Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fastsatt av prorektor for utdanning 10.12.2020

STANDARDAVTALE

om utføring av studentoppgave i samarbeid med ekstern virksomhet

Avtalen er ufravikelig for studentoppgaver (heretter oppgave) ved NTNU som utføres i samarbeid med ekstern virksomhet.

Forklaring av begrep

Opphavsrett

Er den rett som den som skaper et åndsverk har til å fremstille eksemplarer av åndsverket og gjøre det tilgjengelig for allmennheten. Et åndsverk kan være et litterært, vitenskapelig eller kunstnerisk verk. En studentoppgave vil være et åndsverk.

Eiendomsrett til resultater

Betyr at den som eier resultatene bestemmer over disse. Utgangspunktet er at studenten eier resultatene fra sitt studentarbeid. Studenten kan også overføre eiendomsretten til den eksterne virksomheten.

Bruksrett til resultater

Den som eier resultatene kan gi andre en rett til å bruke resultatene, f.eks. at studenten gir NTNU og den eksterne virksomheten rett til å bruke resultatene fra studentoppgaven i deres virksomhet.

Prosjektbakgrunn

Det partene i avtalen har med seg inn i prosjektet, dvs. som vedkommende eier eller har rettigheter til fra før og som brukes i det videre arbeidet med studentoppgaven. Dette kan også være materiale som tredjepersoner (som ikke er part i avtalen) har rettigheter til.

Utsatt offentliggjøring

Betyr at oppgaven ikke blir tilgjengelig for allmennheten før etter en viss tid, f.eks. før etter tre år. Da vil det kun være veileder ved NTNU, sensorene og den eksterne virksomheten som har tilgang til studentarbeidet de tre første årene etter at studentarbeidet er innlevert.

Ansvarlig veileder ved NTNU har det overordnede faglige ansvaret for utforming og godkjenning av prosjektbeskrivelse og studentens læring.

3. Ekstern virksomhet sine plikter

Ekstern virksomhet skal stille med en kontaktperson som har nødvendig faglig kompetanse til å gi studenten tilstrekkelig veiledning i samarbeid med veileder ved NTNU. Ekstern kontaktperson fremgår i punkt 1.

Formålet med oppgaven er studentarbeid. Oppgaven utføres som ledd i studiet. Studenten skal ikke motta lønn eller lignende godtgjørelse fra den eksterne for studentarbeidet. Utgifter knyttet til gjennomføring av oppgaven skal dekkes av den eksterne. Aktuelle utgifter kan for eksempel være reiser, materialer for bygging av prototyp, innkjøp av prøver, tester på lab, kjemikalier. Studenten skal klarere dekning av utgifter med ekstern virksomhet på forhånd.

Ekstern virksomhet skal dekke følgende utgifter til utførelse av oppgaven:
Mowi dekker reisekostnader for 2 reiser (Trondheim-Nordheim) settefisk anlegget.
Ved behov kan overnatting tilbys ved anlegget. Andre kostnader dekkes ikke.

Dekning av utgifter til annet enn det som er oppført her avgjøres av den eksterne underveis i arbeidet.

4. Studentens rettigheter

Studenten har opphavsrett til oppgaven². Alle resultater av oppgaven, skapt av studenten alene gjennom arbeidet med oppgaven, eies av studenten med de begrensninger som følger av punkt 5, 6 og 7 nedenfor. Eiendomsretten til resultatene overføres til ekstern virksomhet hvis punkt 5 b er avkrysset eller for tilfelle som i punkt 6 (overføring ved patenterbare oppfinnelser).

I henhold til lov om opphavsrett til åndsverk beholder alltid studenten de ideelle rettigheter til eget åndsverk, dvs. retten til navngivelse og vern mot krenkende bruk.

Studenten har rett til å inngå egen avtale med NTNU om publisering av sin oppgave i NTNUs institusjonelle arkiv på Internett (NTNU Open). Studenten har også rett til å publisere oppgaven eller deler av den i andre sammenhenger dersom det ikke i denne avtalen er avtalt begrensninger i adgangen til å publisere, jf. punkt 8.

5. Den eksterne virksomheten sine rettigheter

Der oppgaven bygger på, eller videreutvikler materiale og/eller metoder (prosjektbakgrunn) som eies av den eksterne, eies prosjektbakgrunnen fortsatt av den eksterne. Hvis studenten

² Jf. Lov om opphavsrett til åndsverk mv. av 15.06.2018 § 1

skal utnytte resultater som inkluderer den eksterne sin prosjektbakgrunn, forutsetter dette at det er inngått egen avtale om dette mellom studenten og den eksterne virksomheten.

Alternativ a) (sett kryss) Hovedregel

<input checked="" type="checkbox"/>	Ekstern virksomhet skal ha bruksrett til resultatene av oppgaven
-------------------------------------	--

Dette innebærer at ekstern virksomhet skal ha rett til å benytte resultatene av oppgaven i egen virksomhet. Retten er ikke-eksklusiv.

Alternativ b) (sett kryss) Unntak

<input type="checkbox"/>	Ekstern virksomhet skal ha eiendomsretten til resultatene av oppgaven og studentens bidrag i ekstern virksomhet sitt prosjekt
--------------------------	---

Begrunnelse for at ekstern virksomhet har behov for å få overført eiendomsrett til resultatene:

6. Godtgjøring ved patenterbare oppfinnelser

Dersom studenten i forbindelse med utførelsen av oppgaven har nådd frem til en patenterbar oppfinnelse, enten alene eller sammen med andre, kan den eksterne kreve retten til oppfinnelsen overført til seg. Dette forutsetter at utnyttelsen av oppfinnelsen faller inn under den eksterne sitt virksomhetsområde. I så fall har studenten krav på rimelig godtgjøring. Godtgjøringen skal fastsettes i samsvar med arbeidstakeroppfinnelsesloven § 7. Fristbestemmelsene i § 7 gis tilsvarende anvendelse.

7. NTNU sine rettigheter

De innleverte filer av oppgaven med vedlegg, som er nødvendig for sensur og arkivering ved NTNU, tilhører NTNU. NTNU får en vederlagsfri bruksrett til resultatene av oppgaven, inkludert vedlegg til denne, og kan benytte dette til undervisnings- og forskningsformål med de eventuelle begrensninger som fremgår i punkt 8.

8. Utsatt offentliggjøring

Hovedregelen er at studentoppgaver skal være offentlige.

Sett kryss

<input checked="" type="checkbox"/>	Oppgaven skal være offentlig
-------------------------------------	------------------------------

I særlige tilfeller kan partene bli enige om at hele eller deler av oppgaven skal være undergitt utsatt offentliggjøring i maksimalt tre år. Hvis oppgaven unntas fra offentliggjøring, vil den kun være tilgjengelig for student, ekstern virksomhet og veileder i denne perioden. Sensurkomiteen vil ha tilgang til oppgaven i forbindelse med sensur. Student, veileder og sensorer har taushetsplikt om innhold som er unntatt offentliggjøring.

Oppgaven skal være underlagt utsatt offentliggjøring i (sett kryss hvis dette er aktuelt):

Sett kryss	Sett dato
<input type="checkbox"/>	ett år
<input type="checkbox"/>	to år
<input type="checkbox"/>	tre år

Behovet for utsatt offentliggjøring er begrunnet ut fra følgende:

Dersom partene, etter at oppgaven er ferdig, blir enig om at det ikke er behov for utsatt offentliggjøring, kan dette endres. I så fall skal dette avtales skriftlig.

Vedlegg til oppgaven kan unntas ut over tre år etter forespørsel fra ekstern virksomhet. NTNU (ved instituttet) og student skal godta dette hvis den eksterne har saklig grunn for å be om at et eller flere vedlegg unntas. Ekstern virksomhet må sende forespørsel før oppgaven leveres.

De delene av oppgaven som ikke er undergitt utsatt offentliggjøring, kan publiseres i NTNUs institusjonelle arkiv, jf. punkt 4, siste avsnitt. Selv om oppgaven er undergitt utsatt offentliggjøring, skal ekstern virksomhet legge til rette for at studenten kan benytte hele eller deler av oppgaven i forbindelse med jobbsøknader samt videreføring i et master- eller doktorgradsarbeid.

9. Generelt




Denne avtalen skal ha gyldighet foran andre avtaler som er eller blir opprettet mellom to av partene som er nevnt ovenfor. Dersom student og ekstern virksomhet skal inngå avtale om konfidensialitet om det som studenten får kjennskap til i eller gjennom den eksterne virksomheten, kan NTNUs standardmal for konfidensialitetsavtale benyttes.

Den eksterne sin egen konfidensialitetsavtale, eventuell konfidensialitetsavtale den eksterne har inngått i samarbeidprosjekter, kan også brukes forutsatt at den ikke inneholder punkter i motstrid med denne avtalen (om rettigheter, offentliggjøring mm). Dersom det likevel viser seg at det er motstrid, skal NTNUs standardavtale om utføring av studentoppgave gå foran. Eventuell avtale om konfidensialitet skal vedlegges denne avtalen.

Eventuell uenighet som følge av denne avtalen skal søkes løst ved forhandlinger. Hvis dette ikke fører frem, er partene enige om at tvisten avgjøres ved voldgift i henhold til norsk lov. Tvisten avgjøres av sorenskriveren ved Sør-Trøndelag tingrett eller den han/hun oppnevner.

Denne avtale er signert i fire eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt eksemplar. Avtalen er gyldig når den er underskrevet av NTNU v/instituttleder.

Signaturer:

Instituttleder: Dato:	
Veileder ved NTNU: Dato:	
Ekstern virksomhet: Dato: 15.2.2023	Andreas Baer, <i>Andreas Baer</i>
Student: Nora Baglo Helle Dato: 14.02.2023	
Ev. flere studenter Jim Seo Markussen 14.02.2023	

Vedlegg 4 - Kontaktlogg

Navn	Bransje/stilling	Kontaktinfo (mailadresse, tlf. annet)	Hvorfor er denne kontakten aktuell for vårt problem/konsept?	Stikkord fra samtale og sentrale funn for oppgaven	Ansvarlig fra studergruppen	Dato
Mari Røstvik	Akvakultur/regionsleder	tlf: 48120005	Kan sette oss i kontakt med avdelinger som kan være relevante for bachelor	Spørsmål om interesse av samarbeid rundt en bachelor. Fikk ikke svar.	Jim S. Markussen	3. jan. 2023
Viggo Gabriel Borg Pedersen	NTNU	viggo.g.pedersen@ntnu.no	Spørsmål til hjelp om oppgave	Undersøke om han hadde tips til oppgave. Tips om en D&V oppgave, se videre på løsninger mer mot biologi	Jim S. Markussen	25. jan. 2023
Andreas Baer	Akvakultur/regionsleder Mowi midt	Andreas.Baer@mowi.com	Han er regionsleder i MOWI midtorge, kan godkjenne igangsetting av prosjektet og sette oss i kontakt med de avdelingene vi trenger.	Spørsmål om interesse av samarbeid rundt en bachelor. Avtalt møte.	Jim S. Markussen	3. feb. 2023
Amit Tromvold	Mowi Sjø	amit.tromvold@mowi.com	Spørsmål om oppgave	Spørsmål om mulig oppgave, sendt videre på grunn av feil avdeling	Jim S. Markussen	3. feb. 2023
Nils Ole Klevjer	Akvakultur/daglig leder	Nils.Ole.Klevjer@mowico.com	Driftsleder på Mowi Nordheim, avtale besøk og informasjon om hva bedriften har behov for.	Avtale besøk på Nordheim	Nora Helle	mar. 2023
Akvariatet i Bergen	Akvariatet i Bergen	post@akvariatet.no	Driver med akvakultur	Fikk ikke svar	Jim S. Markussen	12. apr. 2023
Hans Vanhauwaert Bjeland	Sintef	hans.bjeland@sintef.no	Forsket på vaskerobot relevant for oppgaven	Ønske om informasjon om masterprosjektet Njord Robotics, fikk ikke svar	Jim S. Markussen	5. mai. 2023
Odd I Mørk	Meox,	oim@meox.no	Lager vaskeroboter	Avtalt møte på teams, info om Meox produkter	Jim S. Markussen	7. mai. 2023
Eleni Kelasidi	Sintef	eleni.kelasidi@sintef.no	Ønsket info om Autosmolt, jobber med å automatisere fiskeoppdrett	Ønsket resultat fra forskningsprosjektet Autosmolt 2025	Jim S. Markussen	8. mai. 2023
Aqua robotics	Akvakultur	post@aquarobotics.no	Spørsmål om systemet Halo	Fikk ikke svar	Jim S. Markussen	10. mai. 2023
Marcus Soyland	Altra rcx	marcus.soeyland@skretting.com	Spørsmål om de kjente til noen løsninger	Spørsmål om de kjenner til noen løsninger for nedvask, snakket om viktigheten av forkvalitet for god vannkvalitet	Jim S. Markussen	10. mai. 2023
Eddie (Bikkja til troll systems)	Bikkje	eddie@trollsystems.no	Trengte en elektronisk klem	Ga en klem	Jim S. Markussen	10. mai. 2023
Easy X		post@easyx.no	Har løsninger for nedvask av kar	Fikk ikke svar	Jim S. Markussen	10. mai. 2023

Vedlegg 5 - Skjema for kontroll av vask og desinfeksjon



Skjema for kontroll av vask og desinfeksjon på settefiskanlegg.

Generell info

Dato	
Avdeling / område	
Kar nr	
Gruppe fisk i karet før vask	
Gruppe fisk i karet etter vask	
Inspeksjon utført av /signatur	

Hvordan er vask gjennomført, hvilke midler blir brukt?

Hvordan blir desinfeksjonen gjennomført?

ATP – målinger etter vask

Område	ATP verdier			
	Kar Nr	Kar nr	Kar nr	Kar nr
Karvegg				
Karbunn				
Senter av kar				
Innløpsrør				
Avløp				
Fôrskrue				
Innvendig rør				

ATP-verdier > 40 aksepterer vi som OK. Dersom mange målinger er opp mot akseptgrensen må det vurderes omvask.

Vedlegg 6 - Samlet data vaskeroboter

	Malinstay Weda	Avuda Mini (N)2S*	TankRobot X1	RoborOV X3	EasyX
Størrelse	855x800x300 mm	870x650x220	570x360x110 mm	960x620x220 mm	Ukjent
Vekt	70kg	47kg	8,5kg	26kg	Ukjent
Styring	Manuell	Manuell/Autoalgoritmer	Automatisk	Manuell	Manuell/automatisk
Renngjøring	Børste foran og bak	kantfleksjonsspyling eller børster	Vasketrekk	Ulike adapter / ukjent	Spyling*
Vasketart	20h /min	teoretisk tid ca 2,5time på 20h diameter kar	-	-	3500ml/h
Avfall	Sugeslange, filter eller fritt	Filter eller fritt	Vasketrekk og fritt	Ukjent	Ukjent
Miljøkrav	Under vann	Under vann	Under vann	Under vann	Tørrt
Energiforbruk	Ukjent, drives av 3 fase	2000W (std, peak occ)	Batteri 14.4V 18000mAh	Max 10A	Ukjent
Leverandør	Mainstay	Meox	Troll Systems	Troll Systems	EasyX
Tjenester	Produkt eller vasketjeneste	Produkt	Produkt	Produkt med operatørtjeneste	Ukjent
Kommentar	Har allerede vært i kontakt med oppdragsgiver	Har allerede vært i kontakt med oppdragsgiver			Startup

*N2S slippes over sommeren med disse spesifikasjonene

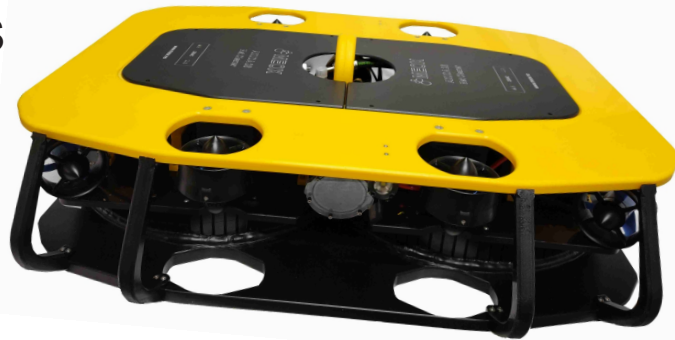
*Ikke bekreftet

Vedlegg 7 - Produktdata Axuda Mini 2S



AXUDA Mini 2S

MINI NET CLEANER
WITH FULL
CAVITATION CLEANING



- NEW patented cleaning system
- MIX air into waterjet for extreme gentle wash
- Unique and documented very high efficiency
- Use very little water, requires low energy
- Less water and low pressure, eg small water pumps
- Full ROV functionality , 6 axis control.

Lavado Axuda Mini was developed in collaboration with a salmon producer with closed cages in the sea. Based on challenges such as mesh breaks and worn net walls / rod ropes from spinning disks with high water pressure, we have developed a completely new washing system that is gentle on all types of surfaces.

The unique patented washing system that oscillates air into the water means that we can have up to ten times the washing effect for the same pressure as with normal high-pressure washing. Therefore, with normal nozzle sizes, we can wash clean with both low pressure and high pressure.

Sintef has tested such a system to be many times more gentle even if you use more than twice as high pressure. This means that you can wash ultra gently even with high pressure, and then you have enormous washing capacity.

The device has full ROV functionality. Auto functions such as speed and pressure against the wall simplify driving. We have worked hard to reduce the water pressure without increasing the amount of water in order to be able to use smaller washing units and provide less fuel / emissions. Gentle washing also gives a much longer life to all other components involved in washing

MEOX AS www.meox.no

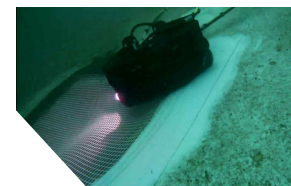


SPEC

BxHxD: 870x650x220
 Depth: <80m
 Material frame: PE
 Buoyancy: Passiv float
 Weight: 47kg
 Capacity: teoretical up to 1000m²/t (depend on net etc)



Waterpressure: 100-200bar
 Max pressure: 240bar
 Water usage: 55-90L
 Nozzels: 1,2-1,4mm



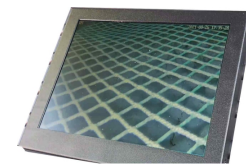
Camera: standard 2 x IP 3MP
 Lights: standard 3000Lumen,

Power : 230VAC, 16A, (10A slow may work)
 Power usage: 2000W (std, peak occ)



Com: RS-485, Meox protokoll
 Video: CAT 6A, standard protokoll
 Water host: 1/2" flexi host, std 50m
 Thruster: 8 pc DC thrustere
 Auto fratures: Speed, pressure against net

Control system: Control case, pilot consol or pilot chair
 Screens: 1 pc screen
 Video recording: record on NVR(in control case) or PC.



Mobile control unit, includes all you need, "plug and drive"



Alternative control



Vedlegg 8 - Brukermanual TankRobot X1

TROLL SYSTEMS
ROBOTICS • TOOLS • CONSTRUCTIONS

Brukerhåndbok X1

Troll Systems AS

Burøyveien 12A,
8012 Bodø

Tlf.: +47 93052911

E-post: rune@trollsystems.no

Revisjons nr.
Dato:

04
August 2021



Innhold

1. Hurtig start	3
2. Produktinformasjon.....	4
2.1 Identifikasjon av produkt	4
2.2 Produktbeskrivelse	4
2.3 Bestanddeler	5
3. Bruk av produktet.....	9
3.1 Kontroll før bruk	9
3.2 Bruk	9
4. Montering og bruk.....	10
4.1 Monteringsanvisning:.....	10
4.2 Kvalifikasjonskrav til operatør	10
4.3 Bruk	11
4.4 Ladding	12
5. Ettersyn og vedlikehold	13
5.1 Ettersyn og inspeksjoner før og etter bruk	13
5.2 Lagring	13
5.3 Vedlikehold.....	13
6. Transport	13
7. Produsentinformasjon.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.
7.1 Opplysninger om produsent.....	Feil! Bokmerke er ikke definert.

1. Hurtig start

1. Slå på strømmen med rød knapp nr. 1 på fjernkontrollen. Et lys slås på inni roboten og du kan høre en oppstarts lyd.
2. Vent i ca. 20 sekunder til roboten har startet opp dataprogrammet. Da kan du høre en annen lyd.
3. Plasser roboten i tanken og trykk inn knapp nr. 2, roboten vil nå starte. Hvis den ikke starter så trykk en gang til.
4. Roboten skal nå begynne å bevege seg.
5. Roboten går nå etter innstilt tid og stopper automatisk. Når den stopper så vil den flyte i overflaten.
6. Hvis du ønsker å stoppe roboten manuelt før innstilt tid så trykk på knapp nr. 2. Da stopper den og flyter i overflaten.
7. Når roboten har stoppet så slås strømmen helt av ved å trykke inn rød knapp nr. 1. Lyset slukkes inni roboten.
8. Ta av vasketrekkene og sett roboten til ladding. Se punkt 4.4 side 12.



Figur 1: Strømmen slås på ved å trykke på den røde knappen.

2. Produktinformasjon

X1 Robot er levert av Troll Systems AS og utviklet i samarbeid med oppdrettsselskaper. Den er produsert med tanke på enkel og sikker bruk i tanken. Robotens formål er å holde tankveggen ren for alge/groepåslag for å sikre best mulige forhold for fisken.

Roboten driftes av et batteri og jobber innen en oppsatt tid. Batteriet må lades hver gang etter bruk. Den går i et sikk-sakk-mønster skrått opp og ned, med en sideveis bevegelse i tanket. Vasketrekket tørker kontinuerlig på tank veggen og unngår dermed at groe/alger får sette seg fast.

2.1 Identifikasjon av produkt

Roboten er merket med individuelt serienummer på fronten av roboten. F.eks. X1-05.



Figur 2: Plassering av serienummer X1-05.

2.2 Produktbeskrivelse

Roboten har følgende tekniske spesifikasjoner:

- 8,5 kg
- 57 x 36 x 11 cm (L x B x H)
- Vasketrekk montert på bunnplaten.
- Skrog i PE-plast.
- Batteridrevet med et Litium-Ion batteri.
- Et stk. Li-Ion 14,4 Volt og 18000mAh

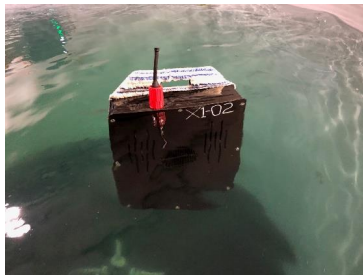
Roboten har et nøytralt utseende, er saktegående og tilnærmet lydløs. Dette for å ikke stresse eller forstyrre fisken i tanken.

2.3 Bestanddelar

X1:

X1 har et skrog i PE-plast, og er utformet for å ikke påføre tank og fisk skade. Den er utstyrt med gitter over alle thrustere, og den største åpningen inn i roboten er mindre enn 5 x 105 mm. Alle kanter er avrundede. Thrustere og elektronikk-beholdere er bygget i sjøvannsbestandig aluminium og plast. Roboten er bygget iht. gjeldende standarder og direktiv for EI-produkter.

I tanken er Roboten ballastert lett positivt. Det betyr at dersom batteriet blir utladet, eller når roboten stopper etter angitt oppeetid, så vil den flyte.



Figur 3: Roboten flyter når den er avslått.

Lader:

Det følger med en batterilader som vist på bildet under. Den har flere ladealternativer. Ved levering er den innstilt på alternativ 1, LiPo BALANCE CHG.

Hvis batteriet ikke har vært brukt i løpet av en uke så kan det hende at laddingen av batteriet ikke starter, og da kan alternativ 2 velges. Men lad kun til batterispenningen (V) når 12V og gå tilbake til alternativ 1 for full opplading!



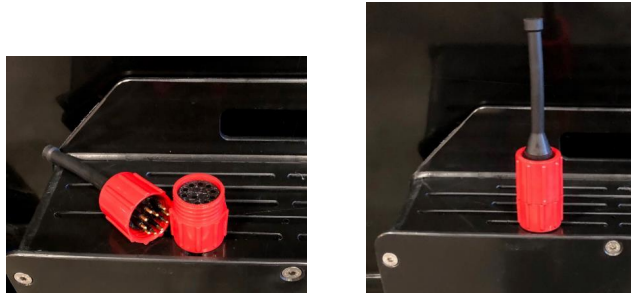
Figur 4: Alternativ 1, LiPo BALANCE CHG.



Figur 5: Alternativ 2, NiMH CHARGE Aut.

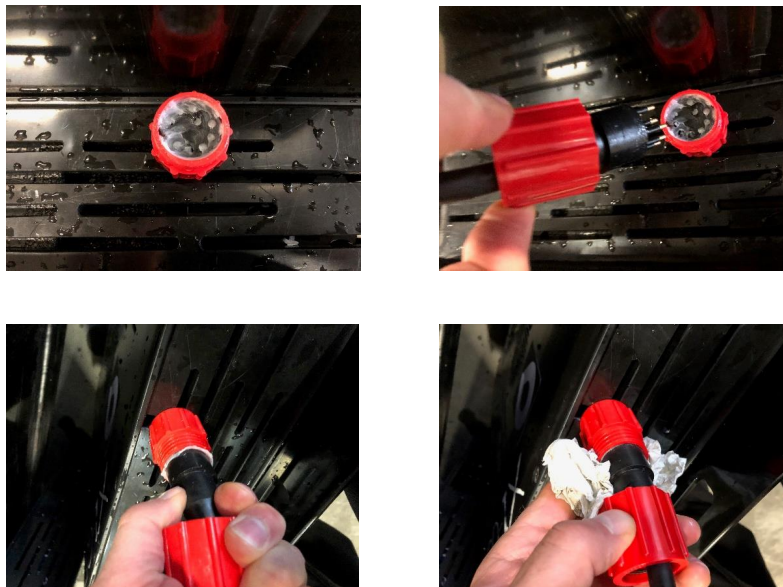
Dummy kontakt «Antenne»:

Roboten er utstyrt med en såkalt dummy kontakt. Denne er montert som en beskyttelse av ladekontakten under transport og bruk.



Figur 6: Dummy kontakt for montering på ladekontakten.

Ladekontakten på roboten må smøres med Molykote 44, eller 111. Det er for å hindre korrosjon og vanninntrenging. Smør tynt på og tørk vekk overflødig Molykote når du presser kontakten helt inn, og før du skrur på mutteren.



Figur 7: Ladekontakten på roboten smøres inn med Molykote 44 eller 111 før montering av dummy kontakt.

Fjernkontroll:

For Start/Stop av Roboten.

- Rød Hovedknapp nr. 1 starter opp programmet til roboten. Et lys tennes inni roboten og du hører en oppstarts lyd. Den er klar etter ca. 20 sekunder. Da hører du en annen lyd.

- Trykk inn knapp nr. 2 og roboten starter opp. Hvis den ikke starter så trykk inn knapp nr. 2 en gang til.

- Knapp nr. 3 og 4 er ikke i bruk.

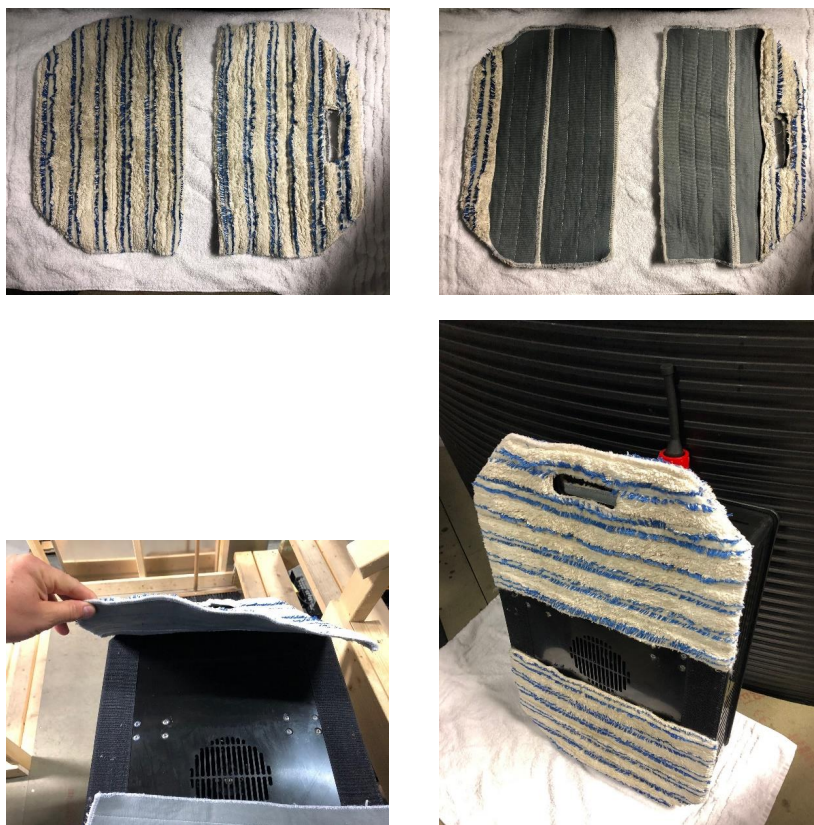


Figur 8: Fjernkontroller, 2 stk.

Vasketrekk:

For tørking på tankvegg. Et sett vasketrekk består av en øvre og nedre del som vist på bildene under.

Disse tres over hver sin endekant på roboten og presses fast med borrelås på robotens bunnsplate.



Figur 9: Eksempel på et sett vasketrekk for montering på X1.

3. Bruk av produktet

3.1 Kontroll før bruk

Hver gang før du starter roboten så kontroller at den ikke har skade på skroget, vasketrekkene og at alle thrustere er ok. Roboten kan kjøres **maks 30 sekunder** ute av vannet, uten å ta skade.

3.2 Bruk

Roboten må sjekkes hver dag, for å sikre effektiv drift.

Tankens design bestemmer hvordan roboten må brukes. Det avhenger av overflaten på tankveggen, hvilken type tank og utstyr som er montert i tanken. Dette må avklares før bruk.

Roboten er designet for å holde tankveggen ren, og vi anbefaler at den ikke brukes på allerede mye grodde tankvegger. Vi anbefaler at den begynner å jobbe på rene tank vegger og den vil da forhindre ny algevekst.



Figur 10: Robot kjørt i gang.

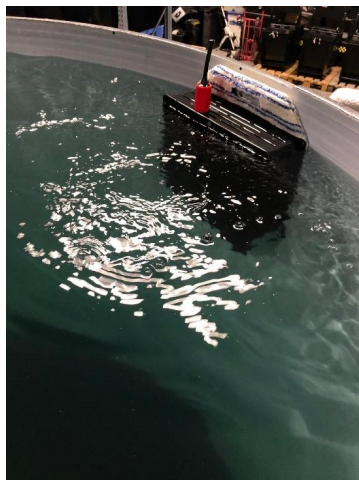
4. Montering og bruk

4.1 Monteringsanvisning:

Førstegangs installasjon av Roboten på oppdrettsanlegg kan gjøres av Troll Systems, i samarbeid med oppdretteren.

Ruhet på tankveggen, tank størrelsen og utstyr inni tanken er med på å bestemme hvordan parameterne bør stilles inn slik at Roboten fungerer best mulig.

Før igangsetting kontrolleres det at alle thrustere går, og at det ikke er skader på skrog og vasketrekker.



Figur 11: Robot kjørt i gang.

4.2 Kvalifikasjonskrav til operatør

Førstegangs montering av utstyret gjøres av Troll Systems, i samarbeid med operatør/oppdretter.

Daglig røkting utføres av operatør på anlegget – operatøren skal ha gjennomført opplæring/kurs hos Troll Systems AS i Bodø – eller på anlegget ifm. installasjonen.

OBS! Viktig med regelmessig opplading av batteriet!

4.3 Bruk

Roboten skal holde veggene i tanket rent. Det er viktig at den brukes rett, slik at den fungerer best mulig.

Roboten må sjekkes daglig, og startes opp som følger:

1. Slå på strømmen med rød knapp nr. 1 på fjernkontrollen. Et lys slås på inni roboten og du kan høre en oppstarts lyd.
2. Vent i ca. 20 sekunder til roboten har startet opp dataprogrammet. Da kan du høre en annen lyd.
3. Plasser roboten i tanken og trykk inn knapp nr. 2, roboten vil nå starte. Hvis den ikke starter så trykk en gang til.
4. Roboten skal nå begynne å bevege seg.
5. Roboten går nå etter innstilt tid og stopper automatisk. Når den stopper så vil den flyte i overflaten.
6. Hvis du ønsker å stoppe roboten manuelt før innstilt tid så trykk på knapp nr. 2. Da stopper den og flyter i overflaten.
7. Når roboten har stoppet så slås strømmen helt av ved å trykke inn rød knapp nr. 1. Lyset slukkes inni roboten.
8. Ta av vasketrekkene og sett roboten til ladding. Se punkt 4.4 side 12.

Dersom man oppdager feil på roboten så ta kontakt med Troll Systems AS.



Figur 12: Strømmen slås på ved å trykke på den røde knappen.

4.4 Ladding

1. Demonter dummykontaktene på roboten og laderen.
2. Monter de to dummykontaktene sammen slik at kontaktflatene er beskyttet når de ikke er i bruk, se bildet under.
3. Monter ladekontakten fra laderen til roboten, se bildet under.
4. Slå på hovedbryteren på laderen.
5. Sjekk at laderen er stilt inn på rett ladeprogram for Litium batteri, se Figur 4 side 5.
6. Trykk og hold inne «Start» knappen inntil du hører en oppstarts lyd.
7. Når batteriet er ferdig oppladet så begynner laderen å pipe. Trykk da på «Stop» knappen.
8. Slå av hovedbryteren på laderen til slutt.



Figur 13: Roboten må lades opp hver gang rett etter bruk, og vedlikeholds lades minimum en gang i uken når den ikke er i bruk.

5. Ettersyn og vedlikehold

5.1 Ettersyn og inspeksjoner før og etter bruk.

Den daglige sjekklisten inneholder nødvendig vedlikehold og ettersyn.

5.2 Lagring

Hvis Roboten skal lagres/tas ut av bruk lengre enn ett døgn må den spyles med ferskvann (ikke bruk høytrykkspyler) og eventuell groe/skitt vaskes av. Den lagres stående og skal ikke utsettes for direkte sollys under lagring.

Batteriet må lades opp hver gang etter bruk og vedlikeholds lades hver uke.

5.3 Vedlikehold

Vasketrekkene kan vaskes i en vaskemaskin på 60 grader. Ikke åpne skroget. Dersom du får problemer med din robot, så ta kontakt med Troll Systems.

6. Transport

Håndtering ved lasting og lossing:

Roboten håndteres for hand. Den har et solid håndtak i topp. Bruk kofferten ved transport.

Takk for at du kjøpte et produkt fra Troll Systems AS. ©

Vedlegg 9 - Brukermanual RobotROV X3 (Troll Systems)



Bruker manual for X3

Troll Systems AS

1	Produktinformasjon	2
1.1	Identifikasjon av X3	2
1.2	Produktbeskrivelse	2
2	Ord og uttrykk	2
3	Oversikt	3
3.1	Vent plugg	4
4	Oppkobling	4
5	Oppstart	4
5.1	Pre-flight	5
6	Etter endt operasjon	5
6.1	Post-flight	5
7	Service og vedlikehold	5
7.1	Daglig vedlikehold	5
7.2	Lagring	6
7.3	Service	6
8	Feilsøking	6
8.1	Dugg på kameradome	6
8.2	X3 starter ikke når jeg trykker på knappen i K-boksen	6
8.3	X3 er på, men kommer ikke opp i systemet	6
9	Transport	7
9.1	Før transport	7
9.2	Fly transport	7
9.3	Etter transport	7

Side:1 (7)
Dato: 31.08.2021
Versjon: 1.2

1 Produktinformasjon

X3 Robot er levert av Troll Systems AS og utviklet i samarbeid med oppdrettsselskaper. Den er produsert med tanke på enkel og sikker bruk i bassenget. Formålet er å holde flatene ren for alge/groepåslag/ekskremerter med ulike adapter for å sikre best mulige forhold for fisken

1.1 Identifikasjon av X3

Framme på lokket finne du serienummeret til X3.

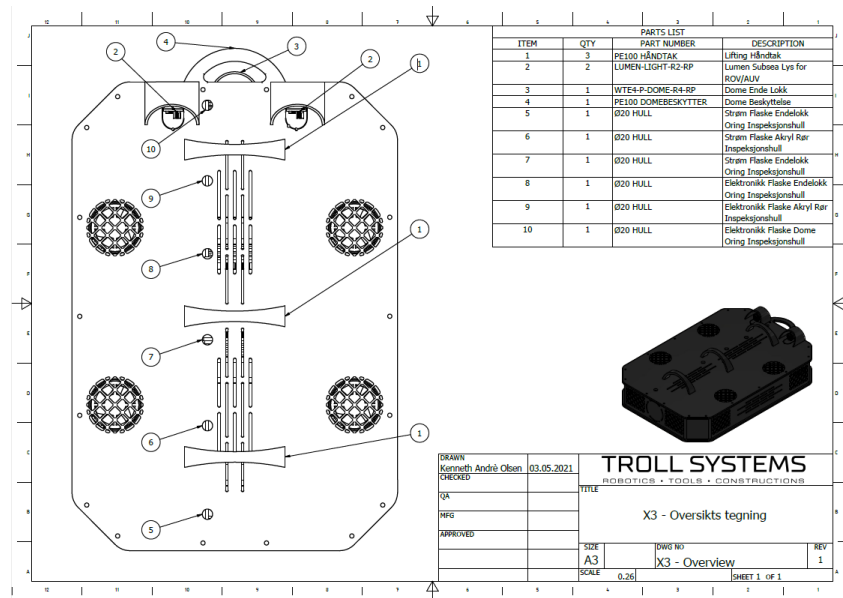
1.2 Produktbeskrivelse

Vekt	26 kg
Mål	96 x 62 x 22 cm (L x B x H)
Spenning	230v AC
Strøm	Max. 10 A
Plast type	PE
Kabel	18mm ² gul positiv flyteevne 3x1.5mm ² + CAT6

2 Ord og uttrykk

Ord/uttrykk	Forklaring
X3	Robot/undervannsdrone som driftes via kontrollrommet
K-boks	Strømskapet til X3. Denne tilfører strøm og internett til X3
Ventplugg	Ventilasjons plugg for akrylrøret
Kameradome	Se nr. 3 på Oversikt .
O-ring	O-ringen er pakningene som hindrer vann å komme inn i akrylrøret. Det er 2 stk.
U1-locator	Dette er sender for Waterlinked UGPS systemet som er festet på X3.

3 Oversikt

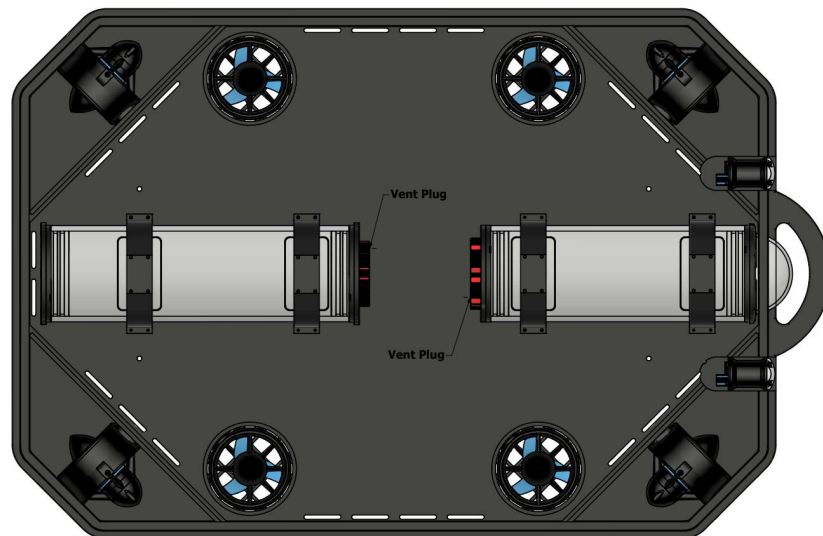
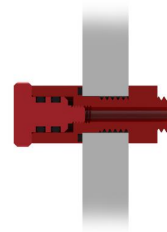


1. Håndtak for løfting.
2. Lumen Subsea lys for ROV/AUV 6200K 1500 Lumen
3. Kameradome
4. Beskyttelse for kameradome
5. Inspeksjonshull for O-ring til strømflaske.
6. Inspeksjonshull for acrylrør til strømflaske.
7. Inspeksjonshull for O-ring til strømflaske.
8. Inspeksjonshull for O-ring til elektronikkflaske.
9. Inspeksjonshull for acrylrør til elektronikkflaske.
10. Inspeksjonshull for O-ring kameradome elektronikkflaske.

Side:3 (7)
Dato: 31.08.2021
Versjon: 1.2

3.1 Vent plugg

For å få akrylrøret tett må man ha endelokk på hver side med o-ringer på. En vent plugg er en åpen gang igjennom endelokket slik at luft kan tilføres eller slippes ut når man skal åpne eller lukke akrylrøret.

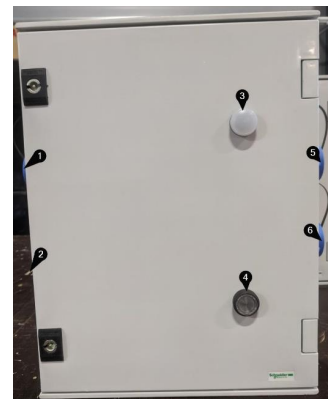


4 Oppkobling

Den gule kabelen tilfører signal og strøm ned til roboten. Denne kobles i kontakt 6 på k-boksen.

5 Oppstart

Ved oppstart av X3 er det Piloten som gi beskjed til Operatøren hvor den skal sette ut. Når X3 er koblet opp på K-boksen og Piloten er klar kan knapp merket med nr. 4 på bildet trykkes inn. Det blir et grønt lys i knappen og X3 får tre korte og et langt bip. Lysene blinker også en kort gang. Når X3 er kommet opp i systemet skal Piloten sammen med Operatøren gå igjennom «[Pre-flight](#)» sjekklisten for å sikre at alle funksjoner fungerer før utsett.



Side:4 (7)
Dato: 31.08.2021
Versjon: 1.2

5.1 Pre-flight

Pre-flight listen er for sikre at [Post-flight](#) listen er utført og at alle funksjonen fungerer som de skal før den sette ut i vannet. Piloten går igjennom denne listen samens med Operatøren.

Pre-flight sjekkliste

1. 3D-visualisering
2. UGPS
3. Kamera
4. Lys
5. Joystick
6. Motorer
7. Adapter
8. Priming av pumpe
9. Pumpe
10. U1-locator

6 Etter endt operasjon

Etter endt operasjon gir Piloten beskjed til Operatøren av X3 skal tas opp av vannet. X3 kjøres da til opptaksplass og Piloten sier ifra til Operatøren at den er klar for å heises på land. Når denne operasjonen utføres slås X3 av ved å trykke på knapp nr. 4 som vist på bildet.

6.1 Post-flight

Når operatøren har tatt opp X3 fra vannet og tatt den med inn på serviceroommet må den sjekkes og rengjøres grundig. En sjekkliste er laget for å ta forbehold om de mest kritiske punktene.

Post-flight sjekkliste

1. Spyl hele X3 godt med ferskvann. Ingen hard stråle.
2. Se etter dugg eller andre avvik mellom o-ringene og rørene i inspeksjonshullene.
3. Koble X3 opp og kjør motorene i ferskvann. Aldri kjør motorene i luft i mer enn 3 sekunder.
4. Sjekk at lys, kamera og alle motorene fungerer som de skal.
5. Skru av og sett U1 locator på ladding.

Når alle punktene på listen er gått igjennom og ingen avvik er funne kan sette for lagring. Da er den sikret for at den er up-to-date til neste operasjon.

7 Service og vedlikehold

7.1 Daglig vedlikehold

Den daglige vedlikeholdsrutinen utføres i hht. [post-](#) og [pre-flight](#) sjekklisten.



7.2 Lagring

X3 lagres tørt etter den har vært vasket grundig med ferskvann.

7.3 Service

Det anbefales at det utføres service på den hver 3. mnd.

8 Feilsøking

En enkel feilsøking på de mest vanlige tingene som kan oppstå under operasjon.

8.1 Dugg på kameradome

Noen ganger kan det komme dugg på kameradomen (nr. 3 på Oversikt). Dette kan være helt ufarlig med kan også indikere en lekkasje. Derfor er det lurt å sjekke dette med en gang.

1. Ta opp X3 i hht. etter endt operasjon.
2. Sett X3 med kameradomen ned.
3. Se etter avvik i kameradomen.
 - a. **Vann:** Kontakt Troll Systems AS
 - b. **Dugg:** Ingen direkte fare, dette kommer pga. temp. forskjell mellom akrylrøret og vannet.
4. Sjekk inspeksjonshull nr. 5, 7, 8 og 10 (Se [Oversikt](#)) om det er dugg mellom o-ringene.
5. Sjekk inspeksjonshull nr. 6 og 9 (Se [Oversikt](#)) for vann eller dugg i røret.

Dersom det ikke er noe dugg mellom o-ringene eller mye dugg i [kameradome](#) kan du kjøre videre. Når den tas opp og settes til lagring er det viktig å se at dugget går bort.

8.2 X3 starter ikke når jeg trykker på knappen i K-boksen

Den er noen punkter som kan sjekkes om X3 ikke starter.

1. Sjekk at K-boksen har spenning. Det hvite lyset skal være på. (Se nr. 3 på bilde under Oppstart)
2. Sjekk at X3 er påslått og har grønt lys i av/på knappen (Se nr.4 på bilder under Oppstart)
3. Inne i K-boksen er det en sikring. Sjekk at denne ikke er slått ut.

Om sikringen er utløst, og den utløses på nytt når du prøver å slå på X3 ta kontakt med Troll Systems AS.

8.3 X3 er på, men kommer ikke opp i systemet

Dette er indikasjon på at X3 ikke har kontakt med nettverket. Du kan prøve å skru av og på X3 og programmet for å se om problemet blir løst.

Dersom det skulle oppstå andre feil ser vi gjerne at dere sender en e-post til oss på post@trollsystems.no med en kort beskrivelse og gjerne et bilde av feilen.

Side:6 (7)
Dato: 31.08.2021
Versjon: 1.2

9 Transport

9.1 Før transport

X3 er utstyrt med fin elektronikk og må beskyttes godt for harde påkjennelser. Det er viktig at den pakkes godt inn før transport.

9.2 Fly transport

Ved flytransport anbefales det å ta ut vent pluggene (Se [3.1 Vent plugg](#)) fra rørene.

9.3 Etter transport

Gå over hele X3en. Sjekk at det ikke er noe skade på akrylrør, kameradome, skrog, kabler eller motorer. Sjekk at vent pluggene er skrudd på plass igjen i endeløkkene til akrylrørene.

Vedlegg 10 - Håndbok for vasking og desinfisering av kar fra Mowi ASA

Dokument-ID: 43726-1

Vask og desinfisering av kar





Mowi ASA 

Sted og prosess Mowi ASA - Midt / Generell drift ferskvann
Sist godkjent dato 10.05.2022 (Olaf Skjævik)
Dato endret 02.05.2022 (Ranveig Kristiansen)
Gyldighetsområde Settefisk

Dokumentkategori Prosedyre
Siste revisjonsdato
Neste revisjonsdato 01.07.2023
Dokumentansvarlig Olaf Skjævik

Vask og desinfisering av kar

Relevante prosedyrer: [Kjemikaliehåndtering](#)




Arbeidsoppgave	Krav til utførelse	Verneutstyr og helsefare
Vask/ desinfisering klekkeskapper	<p>Før ny generasjon:</p> <ol style="list-style-type: none"> Nivåtanker og sylindere vaskes med Basol og høytrykk. Alle lufttelementer tas ut av vakuumlufte og luftere, legges i Basol-bad. Vakuumlufte og luftere spyles med høytrykk og Basol. Nivåtankene fylles opp med kaustisk soda og kjøres gjennom innløpsrør På klekkeskap må slanger og rotameter demonteres og vaskes med børste og Basol. Avløp desinfiseres med Kickstart (NB. Kun mellom generasjoner) <p>Før rognmottak:</p> <ol style="list-style-type: none"> Alt utstyr i klekkeriet rengjøres med kost og såpevann for så å spyles med høgtrykkspyler Desinfiseres med Grotanol. Virketid 30 minutter før det spyles med vann. ATP stikkprøver av klekkeskapper og utstyr (NB. ATP verdier skal være <40) 	 <p>Basol / Kaustisk Soda/Grotanol</p>  <p>Kickstart</p> 
	<ol style="list-style-type: none"> Nivåtanker og sylindere vaskes med Basol og høytrykk. Alle lufttelementer tas ut av vakuumlufte og luftere, legges i Basol-bad. Vakuumlufte og luftere spyles med høytrykk og Basol. 	

21.03.2023 13:12:17

1/4














Sted og prosess Mowi ASA - Midt / Generell drift ferskvann
Sist godkjent dato 10.05.2022 (Olaf Skjævik)
Dato endret 02.05.2022 (Ranveig Kristiansen)
Gyldighetsområde Settefisk

Dokumentkategori Prosedyre
Siste revisjonsdato
Neste revisjonsdato 01.07.2023
Dokumentansvarlig Olaf Skjævik

<p>Vask/ desinfisering startføring</p>	<ol style="list-style-type: none"> 4. Nivåtankene fylles opp med Kaustisksoda og kjøres gjennom innløpsrør 5. Bruk Basol på gulv og vegger i kar/dammer 6. Sørg for at såpeskummet hefter seg til underlaget, og la såpen virke i 15-20 min. 7. Med høytrykk spyl av gulvet i dammen/karet først (dette for å få fotfeste) 8. Spyl så av veggene i dammen/karet 9. Fjern silen i avløp, skift dyse på høytrykk og spyl avløp med Kickstart 10. Desinfiser munk og stigerør med Kickstart (NB. punkt 8-9 gjøres bare mellom generasjoner) 11. Spyl over dam/kar for rester av Kickstart/Basol når ferdig 	 <p>Basol / Kaustisk Soda</p> 
<p>Vask/ desinfisering av 8metring</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruk Aqua Foam eller BioGel på gulv og vegger i kar/dammer 2. Sørg for at såpeskummet hefter seg til underlaget, og la såpen virke i 15-20 min. 3. Spyl av vegger og gulv med høytrykk. 4. Fjern silen i avløp, skift dyse på høytrykk og spyl avløp med Kickstart 5. Desinfiser munk og stigerør med Kickstart (NB. punkt 3-4 gjøres bare mellom generasjoner) 6. Spyl over dam/kar for rester av Kickstart/Aco når ferdig 	 <p>Aqua Foam / BioGel</p>




Sted og prosess Mowi ASA - Midt / Generell drift ferskvann
Sist godkjent dato 10.05.2022 (Olaf Skjævik)
Dato endret 02.05.2022 (Ranveig Kristiansen)
Gyldighetsområde Settefisk

Dokumentkategori Prosedyre
Siste revisjonsdato
Neste revisjonsdato 01.07.2023
Dokumentansvarlig Olaf Skjævik

		 <p>Etsende</p> <p>Kickstart</p>   <p>Oksiderende Etsende</p>
<p>Vask/ desinfisering Veksthall</p>	<p>Uten fisk:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Slå av vannet i nivåtanker og klatre opp i luftere med stige 2. Alle luftelementer tas ut av vakuumlufte og luftere, legges i Basol-bad. 3. Luftere vaskes med høytrykkspyler og Basol 4. Nivåtanker og sylindere vaskes med Biogel og høytrykk. 5. Nivåtankene fylles opp med Kaustisk Soda og kjøres gjennom innløpsrør 6. Bruk Biogel på gulv og vegger i kar/dammer 7. Sørg for at såpeskummet hefter seg til underlaget, og la såpen virke i 15-20 min. 8. Med høytrykk spyl av gulvet i dammen/karet først (dette for å få fotfeste) 9. Spyl så av veggene i dammen/karet 10. Fjern silen i avløp, skift dyse på høytrykk og spyl avløp med Kickstart 11. Desinfiser munk og stigerør med Kickstart (NB. punkt 9-10 gjøres bare mellom generasjoner) 12. Spyl over dam/kar for rester av Kickstart/Biogel når ferdig <p>Med fisk:</p>	 <p>Fotvern påbudt</p>  <p>Håndvern påbudt</p>  <p>Redningssele påbudt</p>  <p>Øyevern påbudt</p>  <p>Verndress påbudt</p>  <p>Hørselsvern påbudt</p>  <p>Ånderettsvern påbudt</p> <p>Biogel / Basol</p>  <p>Etsende</p> <p>Kickstart/</p>   <p>Oksiderende Etsende</p>

Sted og prosess Mowi ASA - Midt / Generell drift ferskvann
Sist godkjent dato 10.05.2022 (Olaf Skjævik)
Dato endret 02.05.2022 (Ranveig Kristiansen)
Gyldighetsområde Settefisk

Dokumentkategori Prosedyre
Siste revisjonsdato
Neste revisjonsdato 01.07.2023
Dokumentansvarlig Olaf Skjævik

	<p>Gjennomfør trinn 6 – 10</p>	
<p>Vask/ desinfisering 10- og 15m</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bruk Aqua Foam eller BioGel på gulv og vegger i kar/dammer 2. Sørg for at såpeskummet hefter seg til underlaget, og la såpen virke i 15-20 min. 3. Med høytrykk, spyl av gulvet i dammen/karet først (dette for å få fotfeste) 4. Spyl så av veggene i dammen/karet 5. Fjern silen i avløp, skift dyse på høytrykk og spyl avløp med Kickstart 6. Desinfiser munk og stigerør med Kickstart (NB. punkt 4-5 gjøres bare mellom generasjoner) 7. Spyl over dam/kar for rester av Kickstart/Aqua Foam når ferdig 	 <p>Ånderettsvern påbudt</p> <p>Biogel / Aqua Foam</p>  <p>Etsende</p> <p>Kickstart</p>  <p>Oksiderende Etsende</p>

