

Akvaplan-niva rapport: 2024 64276.01

Veterinærinstituttets rapportserie, rapport
2024_5

Praktisk biosikkerhetsarbeid i resirkulerende akvakultursystemer (RAS)



FHF 901792 – Biosikkerhet i RAS (BRAS)

FORFATTERE

Sondre Veberg Larsen¹, Brit Tørud², Ole-Kristian Hess-Erga³, Kamilla Furseth³, og Sonal Patel²

¹ Akvaplan Niva

² Veterinærinstituttet

³ NIVA

FORSLAG TIL SITERING

Larsen, Sondre Veberg., Tørud, Brit., Hess-Erga, Ole-Kristian., Furseth, Kamilla., Patel, Sonal. (2024).

Praktisk biosikkerhetsarbeid i resirkulerende akvakultursystemer (RAS).

Akvaplan-niva rapport nr. 2024 64276.01 og VI rapportserie 2024_5. ISBN 97-82-449-0074-4.

PUBLISERT

Akvaplan-niva rapport nr. 2024 64276.01. ISBN 97-82-449-0074-4

Veterinærinstituttets rapportserie, rapport 2024_05. ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave) på

<https://www.vetinst.no/>

Antall sider	47
Distribusjon	Åpen
Dato rapport	23.02.2024
Kunde	FHF
Kontaktpersoner	Sondre Veberg Larsen ¹ , Sonal Patel ²

RETTIGHETSHAVER

© Akvaplan-niva

© Veterinærinstituttet

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Thor Magne Jonassen, Akvaplan-niva

Edgar Brun, Veterinærinstituttet

OPPDRAUGSGIVER/BIDRAGSYTER(E)

FHF prosjektnummer #901792

FORSIDEBILDE

Viser en Fixed Bed Biofilm Reaktor (FBBR) (Foto: Sondre Veberg Larsen, APN)

NØKKEWORD

Biosikkerhet, Biofilter, Agens, Sykdom, Biosikkerhetstiltak, Biosikkerhetsstrategi, Kunnskapsmangel

KEY WORDS

Biosecurity, Biofilter, Agents, Disease, Mitigating measures, Biosecurity strategy, Knowledge gaps



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute

Sammendrag

For å kunne optimalisere biosikkerhetstiltakene i resirkulerende akvakultursystemer (RAS) er det viktig å kartlegge dagens praksis og erfaring i landbasert laksefiskproduksjon. Denne rapporten er basert på intervjuer for å kartlegge erfaringsbaserte kunnskapsgrunnlaget om patogene mikroorganismer og gjeldende biosikkerhetsstrategier i RAS. Rapporten er en del av prosjektet Biosikkerhet i RAS (BRAS #901792), finansiert av FHF. Det ble gjennomført individuelle dybdeintervjuer med personell fra åtte forskjellige settefiskanlegg (respondenter) i Norge i perioden april til mai 2023. Det ble også samlet inn informasjon for å få bedre innsikt i anleggsspesifikke forhold med mulig betydning for biosikkerhetsarbeidet. Følgende tema ble kartlagt: 1. Regelverk og krav, 2. Anleggsutforming og infrastruktur, 3. Fiskeproduksjon, 4. Agens og sykdom 5. Biosikkerhetstiltak og strategier. Rapporten beskriver arbeid med biosikkerhet på anleggene slik det ble praktisert ved tidspunkt for intervju.

Hovedfunn: Det var stor variasjon mellom anleggene representert i intervjuene mht. teknologi, utforming, fiskeproduksjon og sykdomsstatus. Resultatene viser at anleggene praktiserer ulike biosikkerhetstiltak og har ulike biosikkerhetsstrategier.

Respondentene hadde delte meninger om biofilteret sin rolle iht. biosikkerhet. Tilgjengelig tid kan være begrensende for gjennomføring av tiltak. Brakklegging definert som når en avdeling står helt tom for fisk ble nevnt som et mulig tiltak. Det ble ytret at dette kanskje kan være en viktig strategi for enkelte patogener, men det er ikke gitt at brakklegging vil fungere mot alle. Erfaringen fra deltagerne tilsier at sanering eller nullstilling av biofilter er utfordrende. Det er enighet om at et krav om nullstilling må være kunnskapsbasert, da inngrepet kan få store produksjons- og fiskevelferdsmessige konsekvenser.

Det ble poengtert kunnskapsmangel om faktorer som påvirker agens og deres eventuelle overlevelse i RAS, samt hvilke metoder og protokoller som er effektive for å bli kvitt et eller flere spesifikke agens.

Summary

To optimize biosecurity measures in recirculating aquaculture systems (RAS) there is a need to understand the present biosecurity practices and experiences in land-based salmonid production. This report is part of the project Biosecurity in RAS (BRAS #901792), funded by FHF. This report is based on the interviews carried out to map the experience-based knowledge about pathogens and current biosecurity strategies in RAS. Individual in-depth interviews were conducted with personnel from eight different RAS facilities (respondents) in Norway from April to May 2023. Information was also collected to gain better insight into facility-specific conditions with possible significance for the biosecurity work. The following themes were mapped: 1. Regulations and requirements, 2. Facility design and infrastructure, 3. Fish production plans, 4. Agents and disease, 5. Biosecurity measures and strategies. This report describes biosecurity measures at the facilities practiced at the time of the interview as described by the respondents.

Main findings: There was great variation between the facilities represented in the interviews regarding technology, design, fish production plans and disease status. Overall, there was huge variation in practices regarding biosecurity measures and biosecurity strategies at these facilities.

The opinions on the role of the biofilter in biosecurity perspective varied, and available time for the implementation of biosecurity measures was often seen as a limiting factor. Fallowing, defined as when a department was completely emptied for fish, was reported as an important relevant measure to increase biosecurity. It was reported as an important strategy for some pathogens, but the risk whether fallowing might work against all pathogens was questioned. The feedback from the respondents indicated that sanitization or disinfection of the biofilter is challenging. There was a general consensus that the decision of re-starting the biofilter must be based on knowledge, due to the severe consequences it may have for production and fish welfare.

Some of the knowledge gaps communicated by the respondents were: factors affecting agents and their possible survival in RAS, and methods and protocols for effective reduction/elimination of one or more specific agents.

Innholdsfortegnelse

FORORD	5
1 FORKLARINGER OG FORKORTELSER.....	6
2 INNLEDNING.....	8
3 METODE.....	9
4 RESULTATER OG DISKUSJON	11
Regelverk og krav.....	11
4.1.1 Biosikkerhetsplan	11
4.1.2 Risikovurdering	12
4.1.3 Prosedyrer.....	13
4.1.4 Kompetanse og informasjonsflyt	14
4.2 Anleggsutforming og infrastruktur	15
4.2.1 Fysiske skiller og utforming	15
4.2.2 Dødfiskhåndtering og systemer for flytting av fisk	16
4.2.3 Inntaksvann	17
4.2.4 RAS-teknologi og vannbehandling	18
4.2.5 Vann og fisk på avveie	20
4.2.6 Biofilter	21
4.3 Fiskeproduksjon.....	23
4.3.1 Produksjonsmengde og innlegg.....	23
4.3.2 Produksjonsplan og handlingsrom	23
4.3.3 Produksjonsstrategier.....	24
4.4 Agens og sykdom.....	25
4.4.1 Historikk og status	25
4.4.2 Overvåking og praksis	27
4.4.3 Driftsforhold og praksis i forbindelse med sykdom	28
4.5 Biosikkerhetstiltak og strategier.....	31
4.5.1 Biosikkerhetstiltak mellom innlegg av fisk	31
4.5.2 Biosikkerhetstiltak i spesielle situasjoner	33
4.5.3 Nullstilling av biofilteret	36
5 OPPSUMMERING	41
6 REFERANSER.....	43
7 VEDLEGG	44
7.1 Mer utfyllende beskrivelse av noen av anleggene sine tiltak:	44
Bruk av lut og ozon mellom innlegg	44
Grundig vask uten bruk av kjemikalier (såpe og desinfeksjon)	44
Bruk av ozon	44
7.2 Skjema for innhenting av anleggsspesifikk informasjon	45
7.3 Sammenheng mellom tema.....	46

Forord

Denne rapporten er en del av prosjektet Biosikkerhet i RAS (resirkulerende akvakultursystemer) (BRAS), finansiert av Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF), prosjekt nr. 901792. Prosjektets hovedmål er å styrke biosikkerheten i RAS-anlegg med kunnskap om patogene mikroorganismers følsomhet mot ulike biosikkerhetsstrategier og overlevelse i RAS.

Prosjektet er et samarbeid mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Veterinærinstituttet (VI), Akvaplan-niva, Universitetet i Bergen (UiB), Marineholmen RASLab, PatoGen, Pure Salmon Kaldnes, Nofitech, VESO Aqua og næringsaktørene Osland Settefisk, Salmar Settefisk, Erko Settefisk, Helgeland Smolt, Grieg Seafood ASA, Lerøy Aurora, Salangfisk og Mowi ASA.

Denne rapporten omhandler det erfaringsbaserte kunnskapsgrunnlaget om patogene mikroorganismer og gjeldende biosikkerhetsstrategier i RAS. Rapporten beskriver dagens situasjon da vi tar utgangspunkt i fortid og nå-situasjonen ved de ulike anleggene (våren 2023). Arbeid med biosikkerhet, rutiner og teknologi er i en rask utvikling og situasjonen i fremtiden vil kanskje være annerledes. Prosjektets totale kunnskapsgrunnlag, hovedfunn og resultater presenteres når prosjektet avsluttes i sin helhet.

Vi ønsker å rette en stor takk til alle næringsaktørene som har deltatt i denne kunnskap- og erfaringskartleggingen. Spesielt takk til alle personer som tålmodig, raust og åpent har delt informasjon og kunnskap om sitt anlegg under intervjuene! Også takk for bidrag med bilder for å illustrere poeng. Disse er ikke kreditert for å opprettholde anonymiseringen.

Vi håper denne rapporten vil virke inspirerende for mer arbeid og flere studier om biosikkerhet i RAS.

1 Forklaringer og forkortelser

Agens	Smittestoff eller patogener
AOT	Advanced oxidation technology, system for desinfeksjon
ATP-måler	Måler tilstedeværelse av ATP – adenosintrifosfat
Biosikkerhet	Summen av alt arbeid med formål å begrense risiko for innføring, utvikling, og spredning av agens og sykdom til, i og fra fiskegrupper i et anlegg eller sone
Biosikkerhetstiltak	Driftsmessige og fysiske tiltak som utføres praktisk med intensjon om å styrke biosikkerheten
Biosikkerhetsstrategi	Et anlegg sine planer og gjennomføring av disse, basert på utforming og driftsrutiner, for å ivareta biosikkerhet
Brakklegging	Perioden hvor et oppdrettssystem står helt uten fisk, heller ikke rør-fisk
BRAS	Biosikkerhet i RAS
CIP	Clean in place, automatisk metode for å vaske innvendige overflater uten omfattende demontering
Ct-verdi	Cycle of quantification above threshold, en verdi man oppgir i PCR analyse
FBBR	Fixed bed biofilm reaktor
Fisk på avveie	Fisk som er å finne i andre deler av vannbehandlingen enn i fiskekaret. Også kalt rørfisk
HSMB	Hjerte- og skjelettmuskelbetennelse
IBC	Intermediate bulk container
ILA	Infeksiøs lakseanemi (sykdommen)
ILAV	Infeksiøs lakseanemi virus
ILAV-HPRO	HPRO varianten av lakseanemiviruset
ILAV-HPRdel	Det deleterte lakseanemiviruset som gir sykdom
IPN	Sykdommen Infeksiøs pankreas nekrose
IPNV	Infeksiøs pankreas nekrose virus
LOZ	Liquid ozone/ flytende ozon
Membranfiltrering	Filtrering av vann ved hjelp av membraner som kan ha ulik lysåpning
MBBR	Moving bed biofilm reaktor
NGS	Next generation sequencing/neste generasjons sekvensering, en metode for å lese av rekkefølgen på baseparene i arvestoffet
Nullstille biofilter	Samlebetegnelse for metoder som har til hensikt å inaktivere alle mikroorganismer i et biofilter
Oppholdstid	Tid et innlegg av fisk opptar en avdeling
Pausetid	Tid hvor det ikke produseres fisk på en avdeling

Produksjonsintensitet	Mål på hvor mye fisk som produseres per tidsenhet eller volum, f.eks. kg fisk/m ³ /dag
PRV	Piscine orthoreovirus, viruset som gir HSMB
RAS	Resirkulerende akvakultur system
Revisjonsvask	Krav om vask og sanering av anlegget etter pålegg fra Mattilsynet pga. funn av listeført sykdom. Innebærer nullstilling av biofilteret
Sanering	Nullstilling, full nedvask og desinfeksjon av smittehygienisk enhet/avdeling. Da er biofilteret og vannbehandlingsenheter også inkludert
SGPV	Salmon gill pox virus
Vannbehandling	Samlebetegnelse for alle installasjoner/utstyr/prosesser som modifierer vannet i RAS, deriblant systemer for partikkelfjerning, nitrifikasjon i biofilter, utlufting av CO ₂ , oksygenering, pumping, desinfisering m.m.

2 Innledning

God helse og fravær av sykdom er en forutsetning for bærekraftig produksjon av fisk. Alle oppdrettsanlegg har prosedyrer og utfører tiltak for å redusere risikoen for introduksjon og etablering av smittestoff (agens), samt bekjempe spredning av sykdom videre. Summen av dette kalles biosikkerhet. Hvordan dette arbeidet planlegges og gjennomføres, defineres av biosikkerhetsstrategien, som er utarbeidet for det spesifikke anlegg og deres driftsrutiner og aktiviteter. I resirkulerende akvakultursystemer (RAS) reduseres risikoen for smitte og sykdom gjennom gode biosikkerhetsrutiner for å forhindre inntak av smitte og spredning internt i anlegget. Betydning av forholdene i RAS for etablering og overlevelsen av patogene mikroorganismer er lite studert og det er behov for å dekke kunnskapsmangler for å optimalisere biosikkerhetstiltak. I kommersielle RAS benyttes ulike biosikkerhetsstrategier, både mellom fiskegenerasjoner/innlegg og ved behandling av vannet, men effekten av disse strategiene er ofte mangelfullt dokumentert.

I oppdrettsanlegg med RAS blir det fra tid til annen påvist agens og fiskesykdommer forårsaket av kjente fiskepatogene virus, bakterier eller parasitter, men også lidelser som kan knyttes til opportunistiske miljøbakterier. I slike tilfeller må det gjennomføres tiltak med mål om å eliminere agenset og forhindre spredning av sykdom, både internt og utenfor anlegget. Slike biosikkerhetsstrategier er oftest anleggsspesifikke.

Siden det benyttes ulik teknologi, vannkvalitet, vannbehandling, produksjonsstrategi, intensitet og logistikk i RAS, varierer biosikkerhetsstrategiene også. Rutinene for vask og desinfeksjon, behandling av biofilteret, fokus på fisk på avveie (rørfisk) og overvåkning av sykdomssituasjonen kan være forskjellige. Anleggene har derfor lokale tilpassinger av tiltak for å redusere smitterisikoen. Men det kan også være tiltak og strategier av mer generell karakter som kan være overførbare for å styrke biosikkerheten hos flere. Det er viktig at disse løftes frem, deles og formidles slik at de kan utnyttes av flere.

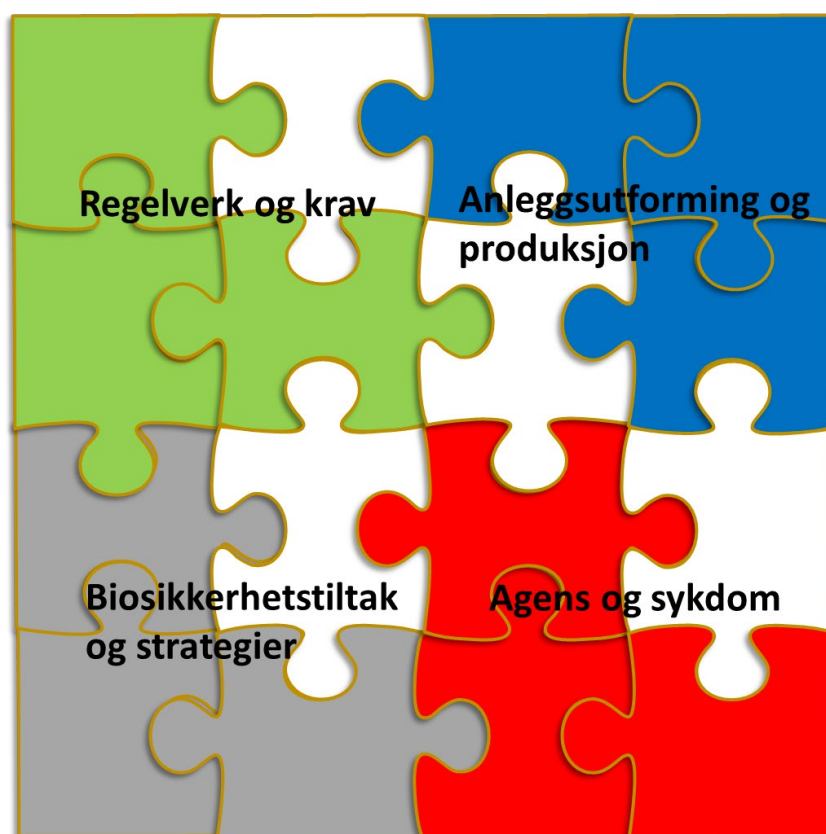
Gode rutiner for inntak av biologisk materiale (rogn og fisk) og for vask og desinfeksjon av anlegg og utstyr (Lazado og Good, 2021) er en viktig del av biosikkerhetsarbeidet, mens produksjonsforhold og planer i stor grad vil påvirke kvaliteten på arbeidet. "Alt inn – alt ut" og generasjonsskille er gode prinsipper i intensivt husdyrhold for å unngå overføring av sykdomsframkallende agens. I RAS er det ønskelig å bevare funksjonen til et godt utviklet biofilter gjennom mange innsett av fisk. Et tydelig generasjonsskille med vask og desinfisering av hele anlegget og et ønske om biofilter som er parat umiddelbart etter innsett av ny fisk, kan virke motstridende.

Næringens erfaring med biosikkerhetsarbeid og hvilke strategier som benyttes ble derfor undersøkt som en del av prosjektet, Biosikkerhet i RAS (BRAS). Nøkkelpersonell fra åtte forskjellige settefiskanlegg ble intervjuet for å undersøke det erfaringsbaserte kunnskapsgrunnlaget, hvordan det jobbes med biosikkerhet og hvilke biosikkerhetsstrategier som benyttes.

Rapporten fokuserer på tematikk avgrenset til produksjon på land med RAS teknologi og inkluderer ikke mulige konsekvenser senere på fisken i sjøfasen. Rapporten oppsummerer ytringer og meninger fra de vi har intervjuet, mer konkrete anbefalinger og råd vil bli presentert når prosjektet avsluttes i sin helhet.

3 Metode

For å kunne kartlegge hvordan det arbeides med biosikkerhet på det enkelte anlegg i forhold til anleggsspesifikke betingelser, produksjon og sykdomsutfordringer, ble det utarbeidet en intervjuguide med relevante spørsmål for å kartlegge biosikkerhetsstrategier fordelt på fire hovedtema. 1. Regelverk og krav. 2. Anleggsutforming og produksjon. 3. Agens og sykdom. 4. Biosikkerhetstiltak og strategier, se Figur 1. I figuren illustrerer åpne felter at det kan være mangel på kunnskap innenfor tema.



Figur 1: Hovedtema i intervjuene. Hvert hovedtema har fått en spesifikk farge og åpne felter representerer kunnskapsmangel. Puslebrikkene benyttes i rapporten for å fremheve stikkord eller åpne spørsmål som kan være sentrale. Puslebrikkene illustrerer hva som kan utgjøre et anlegg sitt totale arbeid med biosikkerhet.

Intervjuguiden la grunnlaget for tema og spørsmål vi ønsket å belyse, og fungerte også som en huskeliste og mal for gjennomføring av intervjuene. Intervjuguiden ble korrigert etter innspill fra prosjektets referansegruppe og oversendt NSD (Norsk senter for forskningsdata) for godkjenning av intervju og behandling av persondata. Da alle godkjenninger var på plass ble det sendt et informasjonsskriv til alle næringsdeltagerne i prosjektet, og man etablerte kontakt med åtte forskjellige anlegg og deres representant, heretter kalt respondenter. Utvelgelsen av anlegg og respondenter ble foretatt av næringsdeltagerne i samarbeid med FoU-partnerne, med mål om å innhente erfaringsbasert kunnskap fra personer med høy kompetanse og et bevisst forhold til biosikkerhet. Respondentene har deltatt frivillig, godkjent egne bidrag og kunne trekke seg helt frem til publisering.

I forkant av intervjuene ble det samlet inn anleggsspesifikk informasjon som utgangspunkt for diskusjonene, se vedlegg 7.2. Denne informasjonen ble brukt av spørsmålsstillerne for å få bedre innsikt i anleggsspesifikke forhold med betydning for biosikkerhetsarbeidet.

Det ble gjennomført åtte individuelle dybde-intervjuer med åtte ulike personer fra åtte forskjellige anlegg i perioden april til mai 2023. Hvert intervju varte 2,5 til 3,5 timer og ble gjennomført med to spørsmålsstillere, en referent og en respondent. Intervjuene ble utført via video på Microsoft Teams med opptaksfunksjon og midlertidig lagret på et Teams-område med begrenset tilgang. Respondentene var enten driftsleder, biologisk koordinator, produksjonssjef ferskvann eller fiskehelseansvarlig, med alt fra ett år til en mannsalders anleggserfaring. All informasjon om respondentene, anleggstilhørighet og deltagende anlegg ble anonymisert, og respondentene er nummerert fra 1-8.

Det ble avholdt en workshop med næringsdeltakerne i august 2023, hvor vi gikk igjennom hovedfunn fra intervjurunden og fikk innspill i en åpen diskusjon. Informasjon ble presentert anonymisert, samlet i tabellform og i etterkant av møte sendt ut til næringsdeltakere for å verifisere registrert informasjon. All informasjonen presentert i denne rapporten er godkjent av næringsdeltakerne.

Gjennom intervjuene ble det hentet inn mye informasjon som illustrerer bredden og variasjonen i næringens biosikkerhetsarbeid slik det ble praktisert i Norge i 2023. Vi har forsøkt å gjenfortelle på et nivå som gjør at man kan forstå arbeid med biosikkerhet ut ifra perspektivet til de som gjør jobben. Det har ikke vært mulig å gjengi all informasjon og enkelte tema ble utelatt. Et større utvalg og en bredere undersøkelse kunne muligens gitt mer utfyllende svar om biosikkerhetsarbeidet, men vi mener de åtte anleggene gir et godt bilde av biosikkerhetsarbeidet slik det ble praktisert i næringen da undersøkelsen ble foretatt. Anleggene representerte også variasjoner i produksjonsmengde, teknologi og geografisk plassering. Arbeid med biosikkerhet i RAS for laksefisk kan praktiseres forskjellig i andre land, f.eks. Chile, men denne variasjonen er ikke inkludert i denne rapporten.

4 Resultater og diskusjon

Resultatene som presenteres baserer seg på dokumentasjonen vi mottok i forkant (nøkkelskjema) samt informasjonen vi hentet ut fra respondentene under selve intervjuene. Noe av informasjonen om anleggene er presentert i form av tabeller. Informasjonen er samlet under fem hovedtema, men det er også noen tema som går igjen flere steder. Funnene er forsøkt presentert for å fremheve hvordan de åtte anleggene samsvarer eller avviker fra hverandre om de spesifikke tema vi undersøkte gjennom spørsmålene våre.

I flere tilfeller gjengir vi *sitater direkte i kursiv* for å eventuelt vise til dette eller fremheve poeng vi mener er viktige. Poeng og utsagn som vi mener er ekstra viktige, blir **fremhevet** i teksten. Gjennom hele rapporten har vi forsøkt mest å oppsummere innhentet informasjon fra respondentene, og ikke ilegge våre egne meninger eller oppfatninger. Diskusjonen baserer seg på ytringer fra respondentene, men i enkelte tilfeller blir det diskutert utover dette. Dersom vi har egne meninger eller oppfatninger som tillegges spesielt i diskusjonen, opplyses det om dette i teksten.

Regelverk og krav

4.1.1 Biosikkerhetsplan

Alle intervjuene startet med å henvise til biosikkerhetsforskriften som trådte i kraft 28. april 2022 og spørsmål om hvordan biosikkerhetsplanen ble utarbeidet på anlegget.

Alle som ble intervjuet kjente til den nye biosikkerhetsforskriften og hadde startet, evt. fullført, utarbeidelse av biosikkerhetsplanen, bortsett fra ett av anleggene. Anleggene ble kontaktet av Mattilsynet før tilsyn, med informasjon om oppfølging og formalkrav. Biosikkerhetsplanen skal bl.a. være et selvstendig dokument hvor ansvarsforhold og roller synliggjøres. Anleggene fikk råd og anbefalinger fra Mattilsynet, benyttet selskapets interne arbeid med biosikkerhet og brukte både internt og eksternt fiskehelsepersonell, samt RAS leverandører til arbeidet med biosikkerhetsplanene. Respondentene fikk flere oppfølgingsspørsmål for å belyse dette arbeidet.

1) Hvilke tema var utfordrende å dokumentere?

Svarene indikerte et noe ulikt syn på hva som var utfordrende ved å utarbeide biosikkerhetsplanen. Dokumentasjon og risikovurdering av spesifikke patogener var vanskelig, mens praktisk utforming av gode sluser var enkel. Noen påpekte at momenter fra risikovurderingene av agens også måtte tilpasses videre, f.eks. vurdering av desinfeksjon av inntaksvann. Andre respondenter så ikke utfordringer ved slik dokumentasjon.

Ett av anleggene hadde oppfattet at planen skulle lages etter en bestemt mal, men forsto at slik er det ikke. Det er krav om at aktuelle tema belyses, men ikke direkte hvordan. Internkontrollen med risikovurderinger og prosedyrer, kunne være et godt grunnlag for en biosikkerhetsplan. Etter råd fra Mattilsynet kunne eventuelt eksisterende prosedyrer samles i et dokument med lenke til biosikkerhet, og dermed trengte de ikke å lage noe helt nytt.

2) Implementering av biosikkerhetsplan og egne erfaringer

Anlegg med tidligere sykdomsutfordringer hadde allerede fokus på barrierer og overvåking for agens, samt lært mye om vask og desinfisering, før kravet til biosikkerhetsplan ble innført.

Manglende kommunikasjon ble ofte nevnt som årsak til svikt i implementering og ulik forståelse ved utførelse av biosikkerhetsplanen.

Noen viste til at det nok hadde blitt mer screening og overvåking av fiskehelsen etter innføring av Biosikkerhetsforskriften. Noe av arbeidet var drevet fram av deltakelse i eksterne forskningsprosjekter, mens større selskaper også hadde en egen intern utvikling mht. prøvetaking for å kartlegge status på anleggene. Selv etter at planene for biosikkerhetsarbeidet var på plass, kom det én innrømmelse om at det likevel hendte at planen i noen tilfeller ikke ble fulgt.

Et sitat angående implementering av biosikkerhetsplan var:

Kunnskap er en viktig faktor, og kunnskapsheving og motivasjon er viktig for å opprettholde en god biosikkerhetsstandard.

4.1.2 Risikovurdering

Internkontrollsystemet med risikovurderinger og prosedyrer, nevnes av Mattilsynet som et godt grunnlag for en biosikkerhetsplan. Hvilke risikofaktorer som nevnes som viktigst, varierer mellom respondentene, men de fleste knyttet størst usikkerhet til inntaksvannet og risiko for smitte derigjennom. Anlegg som har opplevd virusinfeksjoner setter biosikkerhetstiltak høyt, fordi virussykdommer kan få store konsekvenser for hele produksjonen. Inntak av biologisk materiale nevnes som en risiko hvor settefiskprodusentene bl.a. krever at stamfisken og rognen skal testes for flere bestemte agens, for å redusere risikoen. Singel- inkubering av rogn nevnes og som et risikoreduserende tiltak. Flytting av fisk internt i anlegget utgjør også en risiko, spesielt i RAS.



Utsagn knyttet til risiko var:

I en RAS går fisken i vannet til den forrige batchen, slik at det som kommer inn blir der. Fisken må flyttes og det gjør det vanskelig om det først har kommet noe inn.

Fôret kan også komme inn som en faktor som det er lite oversikt over. Det finnes mange sensorer, men foreløpig ingen som overvåker smittestoff.

For ett anlegg var det strømbrudd som ble nevnt som den største risikoen. For biosikkerhet er spesielt kontroll og redundans på UV på inntaksvann avgjørende. For å avbøte virkningen av dette velger enkelte å sikre seg nødvendige reservedeler og teknisk kompetanse lokalt:

Har mye reservedeler på UV for å minske risiko. Lang fraktevei og leveransetid for deler er utfordrende, og det gjør at vi velger å sikre oss dette lokalt. Vi har til og med bidratt med reservedeler til naboanleggene, da de fleste ikke nødvendigvis har dette.

Respondentene nevner **kunnskapsmangel eller riktig kunnskap om patogener og generell mikrobiologi som utfordrende for å kunne identifisere risikofaktorene og tiltak.** En kompleks produksjon og usikkerhet om smitteveier, gjør det ekstra utfordrende.

Usikkerheten kan illustreres gjennom følgende sitat:

Kunne man vært trygg på at Yersinia ikke smittet med eggene så hadde det vært fint! Slik kunnskap er absolutt ønskelig for å kunne ta avgjørelser knyttet til produksjon. Det er noen tema hvor det er ulike tanker i næringen om hva som skal være beste praksis. Det skal ikke mye til for at noe skjer, men å vurdere risiko kan vi lite om. Snakker om sykdom, bakterie, virus, hva skal til for at de skal leve, og hvor lenge i biofilm? Hvilke typer kjemikalier er effektive? Hva skal til for å drepe HPR0? Der mangler det informasjon og det er stort sprik mellom de jeg har pratet med.

Kan ha et forhold til sannsynlighet, men konsekvens er vanskelig å fastslå. Men det er derfor vi er strenge. Bruker UV-dose på 250+/- . Vi gjør det beste vi kan, men det er mye vi ikke vet.

Det er vanskelig å risikovurdere biologi. Eksempel: sender ut halvgod fisk som gjør det veldig bra på sjø, mens kjempefin fisk ikke gjør det så bra. Vanskelig å forstå hvor det gikk galt. Da er det godt at vi på fiskehelse jobber tett og godt og vi får fulgt fiskegrupper hele veien.

De fleste anleggene velger å ha krav for screening av rogn for en del kjente agens til rognleverandørene. Ved å screene rogn og kaste batch som tester positiv for spesifikke agens som er kjent for å bli overført vertikalt, reduseres risikoen for å ta inn smitte i et anlegg. Når det foretas screening av rogn, representerer dette kun stikkprøver av en stor batch og gir ikke 100% sannsynlighet for at den er smittefri. Usikkerhet rundt tolking av resultater fra screening av rogn og dens betydning på risikovurdering og konsekvens senere vises med følgende sitat:

Vanskelig å vurdere betydning av Ct-verdi på rogn, spesielt når verdiene er høye.

4.1.3 Prosedyrer

Respondentene og næringen generelt bruker en rekke ulike prosedyrer, men ikke alt er like enkelt å lage gode prosedyrer for. I den forbindelse nevnes prosedyrer og tiltak for behandling av inntaksvann og smitteutbrudd som spesielt utfordrende, illustrert med følgende utsagn:

Viruset er uønsket, men skal en destruere hele gruppa og blir en kvitt det på den måten? Hva er en god måte for å overvåke og så kvitte seg med viruset på?

Arbeid med prosedyrer er et kontinuerlig arbeid hvor respondentene nevner at dialog med Mattilsynet kan være nyttig. Prosedyrene må revideres iht. nytt regelverk og kan påvirkes av kunder eller ulike sertifiseringsordninger. En av respondentene presiserte at prosedyrene må utvikles nedenfra og opp slik at røkterne får påvirket iht. arbeidet som gjøres. Det nevnes også at endringene ikke alltid når røkterne eller at de har lest riktige prosedyrer.



Andre forhold som ble nevnt som sentrale var:

- Justering av prosedyrer opp mot avvikssystemet.
- Oppdatering etter dagens kunnskap.
- Erkjennelse av et forbedringspotensial.
- Skifte av veterinærtjeneste kan være en måte å få inn nye synspunkter på.

4.1.4 Kompetanse og informasjonsflyt

Erfaringsoverføring og opplæring av nye ansatte nevnes som spesielt viktig i biosikkerhetssammenheng. Nyansatte skal læres opp i både generelle rutiner og anleggsspesifikke rutiner, samt stillings-tilpasset opplæring.

Respondentene nevnte spesielle opplæringsplaner, fadderordninger, gjennomgang av tidligere avvik og egne RAS-kurs. Det viktigste var å gi de nye en trygghet i arbeidet som vil gjøre dem i stand til å gå vakter alene etter hvert. Dette er illustrert ved følgende sitat:

For at folk skal bli trygge, er det nødvendig med tilstrekkelig kunnskap.

Det er tidkrevende å få folk i prosess, men de må forstå systemene, sammenhengene og konsekvensene.

Respondentene nevner at det er daglig leder og driftsleder som har ansvaret for at alle ansatte på alle avdelinger får samme informasjon og at den blir forstått. Det ble nevnt tiltak som; forsterkning av ledernivåene ved å innføre flere mellomlederstillinger som f.eks. biologiske koordinatorene, avdelingsledere og assisterende driftsleder. Benytte Teams som en oppslagstavle, direkte kommunikasjon i pausene og tavler på felles pause/møterom nevnes som gode hjelpemiddel. Jevnlige møter både på hver avdeling, med deltagere fra flere avdelinger og sammen med veterinærer, hvor fremdrift, planer, avvik og rapporter følges opp er nyttige og viktige for informasjonsflyt.

Gode avvikssystem ble nevnt som viktig, men rutinene og bruken kan være anleggsavhengig. Eksempelvis kan veterinæren melde om avvik til driftsledelsen som så har ansvaret for formidling til operatørene. Digitale driftslogger og registreringer kan sikre at alle får tilstrekkelig informasjon, men det må også finnes gode rutiner for å registrere, løse og informere om avvikene. Avvikene skal resultere i forbedringer som alle ansatte må få vite om, men skiftarbeid og manglende involvering av operatørene gjør dette utfordrende. Det ble nevnt at læring og forbedringsforslag må inn i instruksjoner og prosedyrer umiddelbart eller senest ved neste revidering. Flere innspill er illustrert ved følgende sitater:

Har avvikssystem og kvalitetssjef. Prøver å ha ukentlig/to -ukentlig møter med gjennomgang av avvik. Men om det må meldes til Mattilsynet brukes intern fiskehelsebiolog.

Vi har gjennomgang når det dukker opp noe, som for eksempel ifm. HPR0. Vi prøver å involvere så mange vi kan, men det er et stort anlegg med mye avvik og mange ansatte og det kan være utfordrende.

Overordnet samlet rundt et åpent avvikssystem hvor alle har tilgang til alle avvik.

Biosikkerhetsmessig kan det være mye å hente ved å utveksle informasjon mellom anlegg og selskap. Flere av respondentene påpeker at det er lite eller ingen kontakt med andre selskaper selv om de er i nærheten, men dette gjelder ikke alle. Det nevnes at konkurranse mellom selskapene kanskje hemmer delingen av hendelser og det virker ødeleggende på samarbeidet. Likevel kan forhold som prosjektsamarbeid, bruk av samme fiskehelsetjeneste og konferanser/møter bidra til mer informasjonsutveksling. Respondentene fikk bl.a. følgende spørsmål:

Ved påvist ILAV HPR0 på et RAS-anlegg, deler man informasjon om dette til eventuelt nærliggende sjøanlegg?

Svarene illustreres med undernevnte sitat og svar:

HPR0 er det stort sett ingen som bryr seg om for den er overalt.

Enkelte ville likevel meldt fra til naboanlegg og det finnes felles beredskapsplaner hvor varsling skisseres, men det nevnes at koordineringen fungerer dårlig.

Hvilken kompetanse er involvert ved utvidelse av anlegg, ombygging, design av nye anlegg?

Flere påpeker at de har hatt med fiskehelsepersonell i tillegg til mange andre fagspesialister i planlegging og bygging, som biologer, personer med kompetanse på vannkjemi, teknisk kompetanse, kanskje også byggteknisk personell, driftsledere og selvfølgelig kompetanse fra leverandøren som ofte er den som har best kjennskap til sine leveranser. Store selskap har mye intern kompetanse med egne RAS spesialister og R&D avdelinger. Da kan de utforme standarder på hvordan RAS-anlegg skal bygges. Innenfor slike standarder er det også fokus på biosikkerhet. Mindre utbygginger kan skje bare ved bruk av interne ressurser og sparring med konsulenter og leverandører.

Det er også mulig å benytte seg av biologisk oppfølging fra leverandør. Men det var også noe delt oppfatning med tiltro til leverandører, noen stolte mest på egen produksjonsmessig erfaring.

4.2 Anleggsutforming og infrastruktur

4.2.1 Fysiske skiller og utforming

God anleggsutforming med mulighet for fysiske barrierer er viktige betingelser for alt biosikkerhetsarbeid og ble sett på som viktig for å unngå eller redusere faren for smittespredning. Dette gjelder systemer for vann, luft og varme, med mål om å redusere muligheten for kontaminering mellom adskilte avdelinger, rom og fiskegrupper. Anleggets alder, design og teknologi avgjør i stor grad om dette er mulig. På nyere anlegg er det ofte separate luftsystemer (varme og CO₂) i hver avdeling.



Anleggets utforming og smittebarrierer påvirker driften og det er viktig med gode systemer og rutiner for flytting og håndtering av fisk. Enkelte anlegg hadde parallelle avdelinger som kunne driftes som samme sone eller skilles ved behov.

Det ble også nevnt at færre kar per RAS, eventuelt parallelle avdelinger kan være fordelaktig for å styrke biosikkerheten, samtidig som det gir andre driftsfordeler. Ved smitteutbrudd kan avdelinger lettere isoleres og eventuelt forhindre at sykdom sprer seg i fiskegruppene. For operasjoner som levering kan det være fordelaktig, f.eks. ved at akklimatisering og nedjustering av temperatur involverer færre kar av gangen.

Respondentene påpekte at det må tas hensyn til vask og hygiene. **Hygienisk design innebærer at alle overflater skal være vaskbare og ha tilkomst, samt at anlegget skal kunne tømmes helt for vann. Mange anlegg har ikke implementert et slikt design og utbedringer i så måte har vist seg utfordrende.**

4.2.2 Dødfiskhåndtering og systemer for flytting av fisk

Det var generelt god bevissthet rundt risiko ved dødfiskhåndtering. Mange anlegg har i dag et sentralt dødfisksystem (vakumanlegg el.) som eliminerer manuell håndtering og reduserer behovet for å flytte dødfisk ut av avdelingene eller mellom smittesoner. Noen anlegg bruker fremdeles små dødfiskkverner (1m³) som må tømmes i en større sentralt plassert kvern.

Samtlige respondenter var opptatt av at man bare skal flytte fisk fremover i produksjonskjeden. Likevel kan det oppstå situasjoner hvor fisken flyttes tilbake (f.eks. ved sortering) for å bli større, men i slike tilfeller står fisken ofte alene på avdeling og man tar nedvask før neste innlegg. Alle respondentene beskriver bruk av dedikert utstyr for den enkelte avdeling som viktig ved flytting, sortering og vaksinerings. Fisken flyttes stort sett ved bruk av karvann som kan føres tilbake til opphavsavdeling, ved bruk av fiskepumpe etter en vannavskiller. Gjenbruk av vannet kan være ønskelig for å redusere kostnadene til oppvarming eller kjøling av vann, utilstrekkelig tekniske kapasiteter eller pga. lite tilgjengelig råvann. Flere anlegg har stasjonære rørsystemer med selvfall for flytting av fisk og eget transportvann (Figur 2).



Figur 2: Rørsystem for flytting av fisk.

Respondentene indikerte god kontroll på fiskelogistikk og vann tidlig i produksjonen, men senere i produksjonen oppga noen at vann og fisk i noen tilfeller også kan bli flyttet sammen. Et innspill var om det var nødvendig å skille av vann når fisken ble overført videre til neste avdeling, da man vet lite om dette er av betydning for å ivareta biosikkerheten.

4.2.3 Inntaksvann

Det var stor variasjon i behandling av inntaksvann mellom de anleggene som respondentene representerte. Fra rene ferskvannsanlegg uten oppgang av anadrom fisk i vannkilden og ingen behandling, til anlegg som benytter membranfiltrering (ultrafiltrering + nanofiltrering) av sjøvann. Graden av partikkelfjerning, lysåpning (μm) og UV dose varierte. Noen hadde UV i serie, mens andre hadde UV i parallell (Tabell 1).

- 
- Stoler man på behandlingen?
 - Redundans?
 - Ekstra barrierer?

Alle de deltagende anleggene benyttet filterduk med mindre lysåpning enn kravet i forskriften (300 μm), til filtrering av inntaksvannet. Alle som brukte sjøvann, har UV-behandling etter kravet i Forskrift om desinfeksjon av vann, akvakultur. I tillegg benyttet enkelte anlegg ozon (O_3) i forkant av UV-behandlingen for å redusere partikkelandel og øke desinfeksjonseffekten.

Tabell 1: Behandling av inntaksvann ved de åtte anleggene. Forklaring: FV –Ferskvann, SV - sjøvann, ppt – saltinnhold i parts per tusendeler/promille. Lysåpning ved partikkelfjerning er oppgitt i μm . UV dose er oppgitt i mJ/cm^2 .

Anlegg	Type vann	Behandling	UV dose (mJ/cm^2)	Oppsett UV
1	FV + SV	FV: Ubehandlet SV: 100 μm + UV	SV: Min 150. Vanligvis 300-600	SV: Parallell
2	FV + FV oppsaltet + SV	FV: 20 μm + O_3 + UV. FV + salt: Til 3 ppt SV: Membranfiltrering + UV	FV: 216 SV: 115	FV: Enkel SV: 2 stk. i Serie
3	FV	FV: 150 μm + UV	FV: >30	Enkel+ Parallell
4	FV + SV	FV: 100 μm + UV SV: 100 μm + UV	FV: >30 SV: >30	SV: Serie
5	FV + SV	FV: 40 μm + UV SV: 40 μm + UV	FV: 66 SV: 25-100	FV: Parallell+ Serie SV: Parallell. En avdeling serie.
6	FV + SV	FV: 25 μm + UV SV: 25 μm + UV	SV: 150-300	FV: Parallell SV: Parallell
7	FV + SV	FV: Ubehandlet SV: 100 μm	SV: 54-165	SV: Parallell
8	FV + SV	FV: 20 μm + O_3 700 mV redox + UV SV: 20 μm + O_3 + skimmer + UV + UV	FV: Max 198, snitt 151 (min 63) SV: Max 400, snitt 250, min 63.	FV: Enkel SV: Serie Backup: Parallell

Kravet til godkjenning av utstyr til desinfeksjon av inntaksvann er minimum 99,9 % inaktivering av furunkulosebakterien *Aeromonas salmonicida*, eller tilsvarende for IPN- og ILA – virus, iht. forskriften. Veiledning 3 – Hvordan krav nedfelt i vannbehandlingsforskriften kan oppfylles, som er knyttet til forskriften viser til en minimumsdose for UV på $25\text{mJ}/\text{cm}^2$ for desinfeksjons av inntaksvann med oppgang av anadrom fisk. Samtlige av respondentene mente at dosekravet ikke var godt nok og mange brukte betydelig høyere doser for å øke

effekten. **Det ble nevnt at økt UV dose for desinfisering av sjøvann også kombinert med månedlige kimtallanalyser ikke nødvendigvis ga økt trygghetsfølelse.**

Anlegget som ikke benyttet sjøvann, var mest trygg på inntaksvannet sitt. De øvrige anleggene brukte både ferskvann og sjøvann i produksjonen og hadde varierende oppfatning av kontroll på inntaksvannet. **Partikkelfjerning og eventuell skyggeeffekt med konsekvenser for UV-behandlingen ble nevnt som et usikkerhetsmoment** og illustrert med uttalelser som:

UV på sjøvann fungerer mer som et forheng enn ei dør.

Basert på svarene i undersøkelsen kan det virke som om at forventningene til effekten av UV-bestråling kanskje er noe urealistiske. Desinfeksjon er ikke sterilisering, men målet er å redusere forekomst av virus og bakterier. UV-bestråling dreper ikke nødvendigvis alle virus og bakterier, men deler av arvestoffet ødelegges slik at de ikke kan formere seg eller infisere senere. Det er begrenset med resultater fra undersøkelser for inaktivering av virus eller bakterier og disse viser til store forskjeller i UV doser som trengs for å inaktivere eller redusere ift. kravet, men tilgjengelig studier viser stor variasjon mtp. doser nødvendig for desinfeksjon av relevante agens. For eksempel, kan *M. viscosa* bli desinfisert ved UV dose 1 mJ/cm² (Liltved et al 2008) mens standhaftig virus som Infeksiøs pankreasnekrose-virus (IPNV) krever UV-doser fra 100-250 mJ/cm² for å få 99,9 % reduksjon (Øye og Rimstad, 2001). Det er viktig å notere at disse undersøkelsene stort sett gjort på renkulturer eller rensset virus med veldig god UV- transmisjon (UVT). Det kan tenkes at effekten kan være dårligere i praksis avhengig av UV-transmisjonen i vannet. Dette underbygges av den manglende tryggheten mtp. UV-doser som påpekt av respondentene i intervjuene.

To av anleggene benyttet ozon før UV behandling og ett anlegg hadde membranfiltrering (ultra og nanofiltrering). Sistnevnte metode kan fjerne bakterier og virus, men er foreløpig ikke godkjent som desinfeksjonsmetode.

Driftssikkerhet ble også diskutert, hvor flere av respondentene nevnte viktigheten av reserve-UV, back-up systemer som UPS ved strømstans og fordeler med UV i serie (dobbel behandling).

Stengeventiler og dumpeventiler ifm. feil i UV-system og ved oppstart ble nevnt som et risikoreducerende tiltak. Ett anlegg hadde gjort tiltak for å kunne dumpe vann både før og etter UV-behandling (to dumpeventiler), og UV-lampene ble startet opp på ferskvann (antatt lavere risiko) før de åpnet opp for sjøvann igjen.

4.2.4 RAS-teknologi og vannbehandling

Respondentene og anleggene de representerte benyttet RAS med moving bed biofilmreaktor (MBBR) eller fixed bed biofilmreaktor (FBBR), eller en kombinasjon av MBBR + FBBR (Tabell 2). Systemene representerte ulike teknologileverandører og anleggsalder, både internt på anleggene og mellom anleggene. Anleggene hadde RAS avdelinger som har vært i drift fra 4 år til 16 år.

Tabell 2: RAS- teknologi, system for intern desinfeksjon i RAS-loopen og antall år med RAS drift i de 8 deltagende anleggene. Forklaring: MBBR: Moving bed biofilmreaktor, FBBR: fixed bed biofilmreaktor, O₃: Ozon, LOZ: Liquid ozone og AOT: Advanced oxidation technology, * - viser til antall år eldste RAS avdeling på anlegget.

Anlegg	RAS teknologi	Desinfeksjon intern	Drift med RAS*
1	MBBR	Nei	7
2	FBBR og MBBR - avdelinger	O ₃ for partikler - delstrøm	4
3	MBBR	Nei	7
4	MBBR	LOZ	7
5	MBBR	UV – delstrøm + alt (noen avdelinger)	16
6	FBBR og MBBR- avdelinger	UV – delstrøm på klekkeri	7
7	FBBR+MBBR (sammen)	UV – delstrøm + alt (noen avdelinger)	9
8	MBBR	O ₃ for partikler. I avløp mellom kar og trommelfilter. AOT på Startføring. UV på klekkeriet.	6

Respondentene hadde delte erfaringer og meninger om desinfeksjon internt i RAS sløyfen. Flere hadde UV for å behandle alt vannet på klekkeriet. Noen anlegg benyttet UV på en delstrøm eller til behandling av alt vannet i RAS sløyfen, mens enkelte hadde skrudd av UV da de ikke hadde opplevd nevneverdige effekt av behandlingen.

Variasjonen i interndesinfisering kan illustreres med følgende sitat fra en av respondentene:

Dette med interndesinfeksjon er noe vi diskuterer innad i selskapet. Vi har slike systemer både for desinfeksjon av delstrøm eller av alt sirkulasjonsvolumet i RAS. Men vi har også sett vitenskapelig publikasjoner på at UV endrer bakteriesammensetningen i loopen. Foreløpig velger vi å bruke UV, da det muligens er fordelaktig i perioder med brakklegging for å redusere andelen HPRO i systemet.

Anlegg som brukte ozon eller det flytende ozonbaserte produktet LOZ (inneholder også natriumhyperkloritt), oppga at det primært var for å fjerne partikler og å få klarere vann og ikke for desinfeksjonseffekten.

Partikkelfjerning og konsentrasjon av partikler i RAS-vannet hadde respondentene ulik erfaring med. Det ble nevnt at årsaken til forskjellene kan være bruk av ulik biofilterteknologi (FBBR eller MBBR) og partikkelfjerningsmetoder, og at dette kan påvirke gjelle- og fiskehelse. Respondentene nevnte at økende mengde partikler utover i produksjonen kan påvirke vekst av heterotrofe bakterier i systemet, øke risikoen for H₂S produksjon, eller muligens påvirke biosikkerheten. Noen var svært bevisste på områder i vannbehandlingen hvor partikler kunne akkumulere og tappet ned, tørket og skylte ut partikler fra CO₂ lufterne mellom hvert fiskeinnlegg, som et tiltak for å bedre vannkvaliteten. Det var ikke enighet om akkumulering av partikler i seg selv bidro til økt vaskefrekvens. **Det var delte meninger om hvilke områder eller deler av anlegget som var mer utfordrende å vaske og desinfisere. Ulike meninger kan henge sammen med ulike teknologileverandører og utforming, men kan også forklares med erfaring fra ulike driftsmessige tiltak,** illustrert med utsag som:

Alt er utfordrende å vaske mekanisk, og det er utfordrende å komme til andre plasser enn de rene overflatene i kara.

Rørsystemer og biofilter ble nevnt som områder det generelt er vanskelig å komme til. Tre anlegg oppgir at tilkomst til CO₂ luftere som spesielt utfordrende (Figur 3). Noen har ettermontert luker for lettere tilkomst under vask og inspeksjon. Overflatebehandling av betong (akryl, polyethylene etc.) ble nevnt som et viktig tiltak for å lette vask, også ved festepunkter og braketter.

Noen var tilfredse med utformingen av anlegget og tilkomsten til deler av vannbehandlingen. Flere kommenterte at eldre RAS ikke ble designet godt nok mht. biosikkerhet og vask. Det kan for eksempel være vanskelig å tømme hele anlegget for vann og flere har forsøkt å bøte på slike mangler ved å ettermontere tømmeventiler i den grad det lar seg gjøre.



Figur 3: Tilkomst til CO₂ luftere kan være utfordrende. Her vist ved en vakumlufte, hvor området under stålplaten er vanskelig å komme til.

4.2.5 Vann og fisk på avveie

Noen anlegg har avdelinger med felles avløpsrør til fiskefelle og slambehandling. I minst ett tilfelle mistenkes det at dette vannet kan «slå tilbake» i avdelingene, pga. underdimensjonerte avløpsrør eller høyt tidevann. Det ble nevnt at slike forhold må hensyntas også ved evt. utvidelse av anlegget dersom man kobler seg på eksisterende systemer.

Personell på alle anleggene har observert eller hatt mistanke om fisk på avveie i systemet (Figur 4). Det har blitt oppdaget fisk på avveie i avløpsrør fra karet og før trommelfilter, men også fisk i selve trommelfilteret, i biofilter, pumpeump og i fiskefelle. Fisken ble oppdaget ved tilsyn av vannbehandlingssystemene eller ved tiltak som bedøvelse i avløpsvannet, drenering av rør og kummer og ved utpumping av biolegemer fra biofilteret. Flere nevnte at det ofte er liten fisk i startføring eller yngel som har kommet på avveie pga. for stor silåpning og at det er spesielt viktig med riktig silstørrelse når fisken er 0.18 til 4 – 5 g da variasjon i fiskestørrelse innad fiskegruppen er stor. Fisk på avveie er også observert på avdelinger med større fisk og problemet kan illustreres med følgende sitat:

Problemet med fisk på avveie er den tydeligste utfordringen til leverandørene. Det kan knyttes til 1) redusert fiskevelferd og 2) redusert biosikkerhet og mulig overføring av patogener eller andre agens.

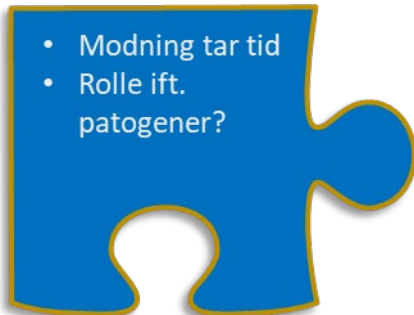
Skifte av avløpssil under drift, bedøvet fisk som legger seg på silen under håndteringsoperasjoner, feilmontering og dårlig ettersyn av siler før oppstart og under drift, nevnes også som risikomomenter. Det er heller ikke alltid lett å identifisere årsaken til fisk på avveie.



Figur 4: Funn av fisk på avveie/rørfisk under vask av RAS.

4.2.6 Biofilter

Respondentene definerer modenhet av biofilteret ut fra dets evne til å omdanne ammonium til nitrat og at det har tilstrekkelig kapasitet og stabilitet over tid. Enkelte respondenter presiserte at et godt biofilter skal tåle endringer i salinitet og temperatur, samt takle endringer i utföringsmengde. **Det var enighet om at alder på biofilteret er viktig, da det tar tid å oppnå modne filtre,** gjerne 1–2 år før det er ordentlig robust (Figur 5).

- 
- Modning tar tid
 - Rolle ift. patogener?

En respondent ytret at:

Alder foredler, men på et tidspunkt kan det kanskje bli for gammelt? Men vi har BF som har gått jevnt og trutt, det eldste biofilteret er fra 2007. Vi har også erfart at store endringer i salinitet, pH og temperatur har påvirket BF i perioder uten fisk, og man kanskje ikke alltid har vært like god til å ivareta biofilter da. Vi tror på modne BF og har ingen tanker om å slå de ut.

Men en annen nevnte at:

Mange mener at man aldri skal ta ned et godt biofilter, men ved andre utfordringer så må man jo det. Selv om biofilteret fungerer godt, så ser man med en gang at når man flytter fisk inn på avdelingen så får man påvist sykdom, PRV i dette tilfellet, og da må man gjøre grep. Dette er veldig krevende.

Respondentene hadde delte meninger om biofilteret sin rolle iht. biosikkerhet. Det var enighet om at et velfungerende biofilter var viktig for god vannkvalitet og at det ønskes kontinuitet, samt unngå brå endringer og forhold som kan føre til økt vekst av heterotrofe bakterier. Noen antydte at biofilter med en stabil og naturlig balanse i bakteriefloraen kan håndtere forandringer i vannet knyttet til sykdom, ut ifra teorier om bakteriell økologi. Hyppige variasjoner vil således føre til flere utfordringer, illustrert ved følgende utsagn:

Hvis du har et sterkt og stabilt biofilter, så tror jeg at det tar seg av forandringer i vannet selv. Det er dette som skjer i magene våre og i naturen ellers, men allikevel så skjer det ting underveis. Vår oppgave er å holde det så stabilt som mulig, både med tanke på føring, alkalinitet og ved å lage så stabile forhold som mulig så vil biofilteret hjelpe oss langt på vei med å holde biosikkerheten i forhold til det som kommer inn.

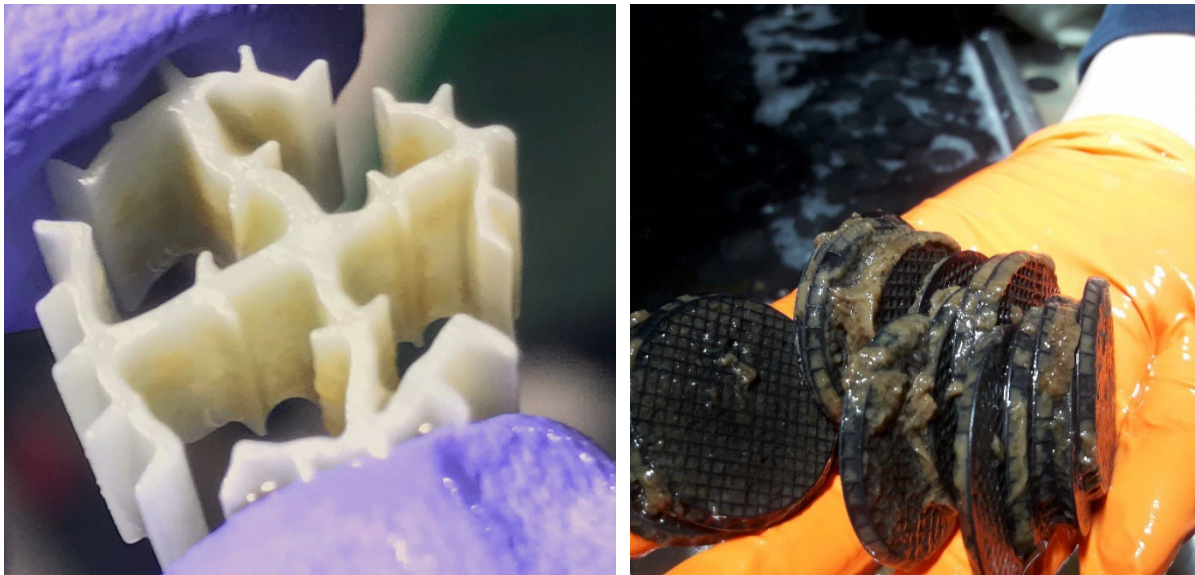
Modne reaktorer holder unna bakterier, i samspill med gode vaksiner. Virus er annerledes på mange vis.

Det var også innspill som viste til usikkerhet rundt biofilteret sin rolle iht. patogener:

Et velbalansert biofilter gjør at fisken ikke sliter med dårlig vannkvalitet, men om det bryter ned agens er jeg usikker på.

Om det finnes patogener som lever der vet vi ikke, screenet og ikke funnet noe på NGS (Next generation sequencing). De finner jo noen arter, men kanskje ikke de som gir sykdom.

Gjentakende helseutfordringer indikerer at biofilm og biofilter kan være grobunn for agens. Dette krever inngrep og da blir biofilter en viktig del av helheten og må tas ned.



Figur 5: Biofilter og biofilm. Til venstre et biolegeme med biofilm under normal drift. Til høyre biolegemer med mye biofilm og mulig heterotrof bakterievekst.

Majoriteten av respondentene nevnte at det fortsatt mangler kunnskap, illustrert med svar på spørsmål om tilstrekkelig kunnskap på området:

Nei absolutt ikke, føler at vi kjører i 150 km/t på motorveien med bare et lite kikkhull å se gjennom. Ettersom man får mer erfaring innser man at det er mye man ikke vet.

Flere av respondentene viste til deltagelse på prosjekter som ILA-Safe, MonMic o.l., og at man screenet vann, kar og fisk for patogener på eget initiativ. **Et innspill var at det foreligger ikke noe formelt krav om undersøkelse, og det hemmer kanskje den kollektive kunnskapen?** Det enkelte anlegg prioriterer ofte undersøkelser etter sykdomssituasjonen og dødeligheten, da det er lettere å få gjennomslag for mer analyser om dødeligheten er høy.

4.3 Fiskeproduksjon

4.3.1 Produksjonsmengde og innlegg

I forkant av intervjuene ble det innhentet informasjon om produksjonen til anleggene (Tabell 3). Alle anleggene definerte hvert rogninnlegg som en fiskegruppe (batch), dvs. rogn som legges inn samtidig på klekkeriet og er av samme genetiske opphav. Produksjonen hos de deltagende anleggene varierte fra ca. 650 tonn til 4800 tonn, fordelt på tre til syv innlegg i året.



Tabell 3: Årlig produksjon, størrelse på hvert innlegg, antall innlegg per år og gjennomsnittlig pausetid mellom innlegg på de åtte anleggene.

Anlegg	Produksjon (tonn)/år	Størrelse på innlegg (mill. stk.)	Antall innlegg (stk./år)	Pausetid mellom innlegg	Kommentar
1	2 000	4	3	2–3 uker	
2	950	1,8	4	5–10 dager	
3	1 000	1,5-1,8	3	2–6 uker	
4	1 200-1 800	1-2,5	4	1–4 uker	
5	1 995	1,5-2,5	7	2 uker	To anlegg for klekkeri, SF og yngel
6	1 200	1,6-2,0	4	2 uker	
7	4 800	2,5-3,3	6	1–3 dager	
8	650	1,9	3	2–3 uker	

I anlegget med syv innlegg benyttes doble avdelinger frem til postsmolt (to klekkerier, to startfôrings- og yngel-avdelinger med parallelle innlegg). Et av anleggene har seks innlegg i året på en produksjonslinje, noe som krever en rigid produksjonsplan med få dagers pausetid mellom innleggene. På dette anlegget brukes destruksjon i hver fase av produksjonen aktivt, dersom fisken ikke er stor nok til å bli med videre.

4.3.2 Produksjonsplan og handlingsrom

For å få innsikt i produksjonen, ba vi anleggene oppgi oppholdstid i dager pr. avdeling, maksimal tetthet før flytting eller kg fisk produsert/m³/dag (informasjon ikke vist i rapporten). Kun ett anlegg oppga produksjonsintensitet iht. sistnevnte. Her varierte intensitet fra 0,39 på startfôring til 0,74 kg fisk produsert/m³/dag på postsmoltavdelingene.

Alle opererte med temperatur på 11–14°C i snitt og maksimal tetthet under 75 kg/m³ før flytting på alle avdelinger bortsett fra på klekkeriet.

Noen anlegg oppga at intensiteten var høy i tidlige livsstadier og at yngelavdelingen kunne være en flaskehals med lang oppholdstid, mens andre indikerte slutten av produksjonen som mest intensiv pga. høye tettheter frem mot levering. Noen hadde fordelt oppholdstid mer jevnt mellom de ulike avdelingene. Noen anlegg i nord reduserte intensiteten før jul, for å unngå utsett ved lave temperaturer på vinteren, men dette resulterte i høy biomasse i anlegget før levering på våren.

Basert på inntrykket fra intervjuene, mener vi at **produksjonsplaner legger premisser for tekniske eller biosikkerhetsmessige tiltak mellom innlegg**. Tilgjengelig tid mellom innlegg eller pausetid, virker å være formet av antall innlegg man har i produksjonsplanen sin. Informasjonen om produksjon og pausetid indikerer noe mer handlingsrom mellom innlegg (2–3 uker) hos anlegg med tre innlegg, sammenlignet med anlegg som hadde flere innlegg (1–3 dager på anlegget med flest innlegg). Ved to av anleggene hevdet de som ble intervjuet at færre innlegg ble brukt som en bevisst strategi for å skape mer handlingsrom for ulike biosikkerhetsmessige tiltak mellom innlegg.

Respondentene indikerte at det kan forekomme endringer i produksjonsplanen, f.eks. utsatt levering pga. dårlig vær, som kan skape problemer bakover i hele produksjonslinjen. Andre hendelser og sykdom i en avdeling eller fiskegruppe kan forekomme og vil også påvirke produksjon og logistikk. For eksempel kan det være variasjon mellom grupper på hvordan de presterer ift. forventet tilvekst og plan. Flere bemerket at det viktigste tiltaket for å øke handlingsrommet var temperatur, siden de fleste allerede utnyttet karkapasiteten maksimalt.

4.3.3 Produksjonsstrategier

Ved bevaring av biofilter og dermed manglende hygieniske skiller i RAS-anlegg mister vi den forsikringen som gjennomstrømning og prinsippet med "alt inn – alt ut" gir mht. generasjonsskille. Vi har derfor valgt å bruke betegnelsen "all fisk inn – all fisk ut" og syntes det passer bedre for dagens teknologi og rutiner i RAS.

Svarene fra intervjuene bekreftet at majoriteten fulgte en strategi med "all fisk inn - all fisk ut" på avdelingene. Det vil si at hele fiskegruppen flyttes ut av en avdeling før neste fiskegruppe tas inn. Likevel nevner noen av respondentene at minste fisk etter sortering kan stå igjen fra forrige fiskegruppe (f.eks. sortering ved vaksinerings). Slike vurderinger ble ofte tatt i samråd med fiskehelseansvarlig/fiskehelsetjenesten. En av respondentene indikerte paradoksalt nok at to grupper ble holdt på samme avdeling pga. en større nedvask på avdelingen hvor den var tiltenkt. Tilgjengelig karkapasitet, spesielt utover i produksjonslinjen og etter stikkvaksinerings, kunne også være årsak til at ulike fiskegrupper stod på samme avdeling. Seksjonering med færre kar per bioreaktor ble nevnt som fordelaktig i slike situasjoner, illustrert med følgende sitat:

Post-smolt avdelingen er seksjonert slik at det kun er to kar pr. bioreaktor, for da er det mulig å holde innlegg "separat" selv om de står på samme avdeling.

Alle respondentene sa at det ikke ble flyttet fisk mot produksjonsretningen. Ett anlegg nevnte at de måtte flytte yngel tilbake til startfôring pga. plassproblemer under bygging. Det ble også nevnt ett tilfelle under levering der brønnbåten ønsket å tilbakeføre fisk til anlegget, men denne fisken ble i stedet destruert. **Inntrykket fra intervjuene er at "all fisk inn – all fisk ut" og "en produksjonsretning" følges av de fleste, men at det kan forekomme episoder med unntak fra disse prinsippene.**

Flere brukte bevisst uttak av tapere og svimere som et biosikkerhetstiltak, ved å tenke at dette kan være fisk som kan være bærere av sykdom, eller lettere utsatt for sykdom. Alle anlegg benyttet destruksjon som en del av sin produksjonsstrategi og primært ble dette praktisert for å få bukt med tapere, da svimere ble registrert mer sjeldent ifølge svarene. Ett anlegg destruerte allerede fra klekkeri og tidlig i startfôring for å kunne følge en stram produksjonsplan med mange innlegg. I startfôring destruerte noen ved sortering på ~5-8 g og tok ut fisk/pinner som var mindre enn 3 g. Andre destruerte når fiskegruppen flyttes videre inn til yngelavdeling eller før stikkvaksinerings. Det var vanlig å destruere fisk under 25 til 30 g under stikkvaksinerings, eventuelt sortere ut og destruere i andre vaksinasjonsrunde. Kriterier for uttak av fisk var primært basert på størrelse, men gjellelokkdeformiteter, ryggdeformiteter og generelt lyter var også vektlagt. I tillegg til under spesifikke operasjoner, ble det tatt ut fisk manuelt i kar, f.eks. pinner som kom opp i silkassen og lot seg plukke ut. Oppgitt andel destruksjon varierte mellom anleggene fra 5 til 22 %.

4.4 Agens og sykdom

4.4.1 Historikk og status

Den innhentede informasjonen viste at alle anleggene opplevde problemer med ett eller flere av følgende agens i løpet av de siste fem årene: ILAV-HPRO, ILAV-HPR-del, PRV, IPNV, *Saprolegnia*, *Yersinia*, *Costia*, *Flavobacterium*, *Tenacibaculum spp.*, *Spironucleus salmonicida*, *Vibrio sp.*, *Pseudomonas fluorescens* og *Aeromonas hydrophila* (Tabell 4). Noen opplevde også sykdom som HSMB, IPN, og ILA.



Tabell 4: Agens og sykdomshistorikk ved anleggene de siste 5 årene og status ved intervjuet. Under ”kommentar” er det beskrevet hva anlegget jobber spesielt med når det gjelder agens eller sykdom.

Anlegg	Siste 5 år	Ved intervjuet	Kommentar
1	ILAV-HPRO, og PRV og HSMB	PRV	Jobber med PRV
2	ILAV-HPRO, <i>Saprolegnia</i>	ILAV-HPRO	
3	IPN	IPN	Fått inn ny variant av IPNV
4	IPN	Ingen	Tok inn yngel, IPN kun i et kar i 2021
5	PRV og HSMB, ILAV-HPRO, <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Spironucleus salmonicida</i>	PRV og HSMB	ILAV-HPRO husstamme, tester mikrobiom med Pharmaq Analytiq sin NGS
6	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	
7	<i>Yersinia</i> , ILAV-HPRO, <i>Costia</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Tenacibaculum</i>	<i>Tenacibaculum</i> , <i>Flavobacterium</i> , ILAV-HPRO	Ingen aktive sykdomsutfordringer bortsett fra halefinneråte der det er funnet <i>Tenacibaculum</i> og <i>Flavobacterium</i>
8	ILAV-HPRO, ILAV-HPR-del og ILA, <i>Vibrio sp.</i> , <i>Ps. fluorescens</i> , <i>A. hydrophila</i>	<i>Ps. fluorescens</i>	<i>Ps. fluorescens</i> typisk 1-2 uker etter flytting i smoltavdeling (Yngel)

Basert på mottatt informasjon, synes smittestatus ved tidspunktet for intervjuene å være bedre enn de foregående fem årene. Enkelte agens dukket opp flere ganger i samme anlegg, noe som er et kjent fenomen spesielt med ILAV-HPRO. Det er bare to av anleggene som ikke har hatt ILAV-HPRO påvisning i løpet av de siste fem årene, men de hadde til gjengjeld hatt problemer med IPNV og IPN.

Tabell 5: Agens eller sykdomspåvisning avdelingsvis ved tidspunktet for intervjuet (Tid-in.) og de foregående fem årene. Forkortelse: SF= Startføring.

Anlegg	Tidspunkt	Klekkeri	SF	Yngel	Smolt	Postsmolt	Generelt
1	Tid-in.	Ingen	Ingen	PRV	PRV	PRV	
	Siste 5 år	Ingen	PRV	PRV, ILAV-ILAV-HPRO	PRV, ILAV-HPRO	PRV, ILAV-HPRO	Også hatt utbrudd av HSMB
2	Tid- in.	Ingen	Ingen	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	Ingen	
	Siste 5 år	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	ILAV-HPRO	
3	Tid- in.	Ingen	IPN	IPN	Ingen	Ikke aktuelt	Ny variant av IPNV etter nedvasking i 2021
	Siste 5 år	Ingen	IPN	IPN	Ingen	Ikke aktuelt	
4	Tid- in.	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	
	Siste 5 år	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	IPN i 1 kar	Introduksjon av yngel som årsak til IPN 2021
5	Tid- in.	Ingen	PRV/HSMB	PRV	PRV, <i>Ps. fluorescens</i> , ILAV-HPRO, PRV og HSMB	<i>Spironucleus salmonicida</i> , ILAV-HPRO, PRV og HSMB	Hatt utbrudd HSMB
	Siste 5 år	Ingen	Ingen	PRV			
6	Tid- in.	Ingen	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	Ikke aktuelt	
	Siste 5 år	Ingen	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	Ikke aktuelt	
7	Tid-in.	Ingen	Ingen	Ingen	<i>Flavobacterium</i> , <i>Tenacibaculum</i> , ILAV-HPRO	<i>Flavobacterium</i> , <i>Tenacibaculum</i> , ILAV-HPRO	
	Siste 5 år	Ingen	<i>Flavo-bacterium</i> , Costia	<i>Flavo-bacterium</i>	<i>Yersinia ruckerii</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Tenacibaculum</i>		
8	Tid- in	Ingen	Ingen	Ingen	Bakteriemi, <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Ingen	
	Siste 5 år	Ingen	Ingen	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO	ILAV-HPRO, ILAV-HPRdel og ILA, <i>Vibrio spp.</i>	ILAV-HPRO og ILA, <i>Vibrio sp.</i> og <i>Ps. fluorescens</i> , <i>A. hydrophila</i> tidligere

Et av disse anleggene detekterte IPN utelukkende i startfôringen, men med temperaturheving til 20 °C og to nedvaskinger lyktes det med å bli kvitt viruset. I tiden etter intervjuene frem til rapportskriving har dette anlegget fått en annen variant av IPNV i anlegget sitt, og jobbet med å kartlegge og fjerne dette. Det andre anlegget fikk inn smittet yngel, men greide å unngå spredning til resten av avdelingen og anlegget. Som vist i Tabell 5 ble det ikke påvist sykdom i klekkeriene.

Det var først i startfôringsavdelingene det ble påvist både agens og sykdom, sannsynligvis utløst av endret miljø og stress. Hvorvidt agens fulgte med rognen, gikk uoppdaget gjennom klekkeriene (og andre avdelinger) eller først ble introdusert i en senere fase, vites ikke. Anlegg 1 ser ut til å ha greid å kvitte seg med ILAV-HPR0, mens PRV fortsatt var til stede. Anlegg 2 hadde ILAV-HPR0-påvisninger på postsmolt de siste fem årene, mens viruset det siste året dukket opp i yngelavdelingen, og gikk muligens også videre til smoltavdelingen. Det er verdt å merke seg at dette anlegget ikke brukte sjøvann på yngel- og smoltavdelingene, men saltet opp ferskvann. Kunnskap om det er “samme virus” eller om det kan være ny smitte går ikke fram av de opplysningene som er mottatt. ILAV-HPR0 ser ut til å være vanskelig å bli kvitt, men funnene kan være påvirket av at ILAV-HPR0 ikke gir synlig sykdom. Inntrykket fra de som ble intervjuet var at dersom PRV først kom inn i et anlegg vil den lett spre seg og etablere seg der. PRV smitter ikke vertikalt, men rogn forurenset av smittet blod kan ta med seg smitten til mottaksanlegget. Viruset så også ut til å følge med til neste avdeling ved flytting av fisk, mens det ble liggende igjen i avdelingen som fiskegruppen ble flyttet fra. Begge anleggene som hadde hatt PRV hadde også hatt utbrudd av HSMB (hjerne- og skjelettmuskelbetennelse). Anlegg 5 hadde påvist HSMB i startfôringen det siste året, mens dette tidligere bare var observert i postsmoltavdelingen.

Selv om IPN er en relativt sjelden sykdom etter at QTL-rogn ble tilgjengelig, hadde to anlegg hatt utbrudd. Et av disse anleggene produserte ørret.

Av de seks anleggene som hadde påvist ILAV-HPR0 i løpet av de siste fem årene, var det bare to anlegg som fortsatt hadde ILAV-HPR0 da intervjuene ble gjennomført. Ett av anleggene hadde også hatt påvisning av ILAV-HPR-del og ILA tidligere og utførte tiltak etter pålegg fra Mattilsynet.

Det er ikke bare virus som kan gi utfordringer i RAS. Bakterieinfeksjonene som ble påvist i flere av anleggene, kan skyldes utvikling av husstammer fra bakterier som opprinnelig er kommet inn med spedevannet. Det ble nevnt at Yersiniose var ett problem tidligere, men at dette ble løst gjennom vaksinerings. *Saprolegnia* og Flavobakterier har vært sett i forbindelse med sår, og kanskje også *Costia*, forhold som sannsynligvis har med driftsforhold å gjøre. Av parasitter ble *Paranucleospora* (= *Desmozoon lepeophtherii*) påvist på ett anlegg i løpet av de siste fem årene, men anlegget var fri for dette ved intervjudispunktet. Ett anlegg oppga utfordring med *Spironucleus salmonicida*.

Det generelle inntrykket fra intervjuene var at det jobbes systematisk med biosikkerhet for å redusere agens.

4.4.2 Overvåking og praksis

Alle deltagende **anlegg overvåket sykdomsstatus, men med forskjellig hyppighet. Noen systematisk, hvor det sjekkes for spesifikke agens med oppfølging på karnivå, mens de fleste andre kun ved krav fra myndigheter og om helsesjekk avdekker et behov.** Flere

anlegg satte krav for spesifikk agensscreening i forbindelse med innlegg av rogn. Det var rapportert om forskjellige kombinasjoner når det gjelder agens for screening av fisk på anlegget. Vanligvis ble dødfisk prøvetatt, men også enkelte miljøprøver. Det ble ofte sjekket for flere agens samtidig basert på historikken på anlegget og forventet risiko, f.eks. ILAV-HPR0 og PRV; IPNV og PRV; eller SGPV, *Ca.Branchiomonas* og *Yersinia*.

Flere av anleggene deltok på ulike forskningsprosjekter hvor det ble benyttet diverse metoder for å kartlegge spesifikke agens i fisk og miljø, og noen prosjekter hvor mikrobiom sammensetningen (NGS-metode) ble studert. Ett anlegg opplyste at de tok prøver av fisk ved hver flytting/logistikk operasjon som ble fryst, for å kunne analysere disse dersom det skjedde noe/oppstod dødelighet i etterkant. Utfordringene ved å overvåke smittesituasjonen kan illustreres med følgende sitat:

Vi trenger en metode for å undersøke PRV i vann. Ting skjer så fort, men ved jevnlig screening kunne en unngått å håndtere fisk på feil tidspunkt.

Siden analyselaboratoriene bruker forskjellige analysemetoder for ILAV-HPR0 var det noen anlegg som sendte prøver til to parallelle laboratorier, f.eks. både til Patogen og Veterinærinstituttet.

4.4.3 Driftsforhold og praksis i forbindelse med sykdom

Respondentene indikerte at sykdom påvises hyppigere etter ulike håndteringsoperasjoner, spesielt hvis fisken har underliggende problemer som HSMB eller med sopp. Anlegget med PRV så HSMB sykdommen etter håndtering – sykdommen kom to uker etter vaksinerings og på fisk som bare hadde vært håndtert uten å bli vaksinert og til tross for at det ble brukt Aquis før vaksinerings for å berolige fisken. Det var mistanke om at sårproblemer etter håndtering også kunne knyttes til *Costia*.

Det ble sagt følgende om hvordan det kan gå med IPN og ILAV-HPR0 på anlegget:

IPN-utbrudd som kom i startfôringa ble behandlet ved at yngelen ble satt på 19–20 °C i 10 dager, og så var det over.

Fisken kan ha det fint selv om den er ILAV-HPR0 positiv. Det kan bli noe sår ved håndtering, men ikke noe problem.

Det ble refererte til tilfeller hvor *Pseudomonas* sp. og *Aeromonas hydrophila* ble påvist etter flytting og vaksinerings. Samtidig ble det påvist *Vibrio* spp. sammen med ILA, og det var mistanke om at disse kom inn med inntaksvannet. For å unngå *Saprolegnia* etter håndtering ble det vist til god erfaring ved bruk av 3 promille salt.

Det ble påpekt at det er viktig å kartlegge årsaken til problemene for å kunne forbedre biosikkerheten. Dette er vist med følgende sitat:

Salt er effektivt ved sår, men en må undersøke hva som er årsaken til sår – her var det noe galt med stikkerne på vaksineringsmaskina, så da det ble utbedret forsvant problemet.

Under intervjuene ble det spurt om hva som er normal dødelighet og hvordan dette påvirker overvåkingen av sykdomsstatusen. Det var enighet om at antall døde fisk kan indikere om overvåkingstiltak skal iverksettes, men både ulik dødfiskregistrering og hva som er normal

dødelighet, kompliserer avgjørelsene. Det var tilbakemelding på at trender kan være mer interessant enn dødelighetstall i seg selv. Usikkerheten dreier seg om hva som er normal dødelighet. Et forslag var at dødelighet under 0,1 promille/dag er normalt, mens varslingsgrense til Mattilsynet på fisk under 2 g er over 2 promille per uke. Andre har satt et måltall med maks 7,5 % dødelighet fra start til mål (destruksjon er ikke inkludert). Andre innspill på dødelighet og dødelighetsregistrering var:

Vanskelig å sette kriterier. Har prøvd med promille slik som Mattilsynet foreslår, men det stemmer dårlig. Mer avgang i noen deler av produksjon enn andre.

Taperfisk og deformiteter er greit, men "normal" dødelighet er vanskelig å kategorisere.

Ja, kategorisering av dødelighetsårsak kan være utfordrende. Men ved mange innlegg så ser vi etter hvert tegn og kan kategorisere riktig. Noen ganger setter vi på "ukjent" og endrer i etterkant av prøvesvar fra laboratoriet.

Man kan ikke åpne opp hver fisk for å sjekke. Jobber med system for lettere journalføring. Det har de kontroll på ute på anlegget, men det er ikke helt enkelt å diagnostisere hver fisk. Har mange kategorier slik at det skal bli så nøyaktig som mulig.

Det er rutiner på når fiskehelse/Mattilsynet skal varsles, men vi har en del grenser satt av erfaring/forventning, og hvilken type fisk som dør. Ofte mer viktig hvordan dødfisken ser ut enn antall, nødvendigvis.

Intervjuene indikerte viktigheten av flere tiltak for å forhindre sykdom. Mange av respondentene bemerket viktigheten av stabilt og godt miljø, spesielt vannkvalitet og temperatur, og effektive smittebarrierer (for inntaksvann, stamfisk og rogn), samt vaksinerings. Respondentene fremhevet ILAV-HPR0 siden symptomene ikke nødvendigvis synes i settefiskanlegget, men kan få store konsekvenser etter sjøsetting. Det ble pekt på at det er viktig å snakke sammen om hvordan en jobber i forhold til smittestatus. Flere så også en fordel av at minst mulig vann føres over til neste avdeling. Vaksinerings foregår i all hovedsak mot sykdommer som forekommer i sjøen, men for eksempel yersiniose kan også være et problem i settefiskanlegget.



Noen holdninger avspeiles i sitatene under:

Alt som kan påvirke fisken negativt bør unngås, og alle tiltak for å holde stabilt vannmiljø må vi gjøre.

Gi fisken best mulig forhold, fokus på slusing og materiell mellom avdelinger.

Biosikkerhet er viktig, men det er også kardynamikk og føring for å ha fisk i et godt miljø.

Sjukdom kan være sekundært og som en konsekvens av svak fisk i mindre optimalt miljø.

Alle respondentene svarte at påvisning av agens og sykdom påvirket driften og produksjonsforholdene, men at både type agens, og utbredelse i anlegget hadde betydning, illustrert ved følgende utsagn:

Ja, alt stopper opp. Fisken må isoleres og så må det bestemmes om fisken skal tas ut eller om den skal videreføres, alt etter hvilken type agens. Alt gjøres i samråd med veterinær. Spiller ikke noen rolle om det er listeført agens eller ikke, en død fisk er økt kostnad uansett årsak.

Eventuelle tiltak ble illustrert med utsagn som:

Har tilsatt ozon i delstrøm for å få ned smittepresset.

Hva kan gjøres? Er det muligheter for å komme rundt problemet ved å endre leveringsplaner? Er utsettelse av utsettet mulig?

Ved et IPN-utbrudd kan temperaturen heves en periode for å få tilbake kontrollen. I andre tilfeller må det bli en diskusjon om fisken må isoleres eller tas ut, eller om det går an å ta deler av fiskegruppen videre. Dersom det ikke finnes noen løsning, må fisken avlives selv om det ikke er en meldepliktig sykdom.

Et eksempel fra en respondent viste hvordan dialog med kunden etter påvisning av ILAV-HPRO nært opptil utsett av en fiskegruppe førte til enighet om å utsette utsettet. Men, en utsettelse av utsett kan fort føre til for stor tetthet i karene grunnet videre vekst hos fisken. Utsatt utsett kan gi utfordringer i fisk fra avdelinger som skal flyttes oppover, og det må også tas hensyn til disse gruppene i anlegget. *Er det annen fisk i anlegget som kan være klare for levering eller utsett?* Det kan gi pusterom til å holde tilbake den gruppen som ikke er frisk nok og flytte den når den har kommet seg.

Er det bare enkelt kar det er påvist sykdom i, kan det gå an å levere annen fisk dersom det er gode hygieniske skiller i anlegget. Risiko ved utsett må imidlertid vurderes av fiskehelsepersonell eventuelt av Mattilsynet.

Renhold mellom hver fiskegruppe ble løftet frem av respondentene som særdeles viktig, spesielt for å unngå utvikling og oppbygging av husstammer. Høy produksjonsintensitet kan redusere mulighetene for renhold og det ble bl.a. nevnt at brakklegging i 3 uker hadde god effekt på utbredelse av ILAV-HPRO.

Respondentene indikerte at biosikkerhetsrutinene avhenger av agens og at bakterier ofte er enklere å håndtere enn virus, selv om opportunistiske bakterier kan skape utfordringer. Dette skjer selv ved bruk av godkjente UV anlegg på inntaksvannet og høyere dose enn kravet tilsier. Uansett indikerte respondentene at desinfisering av inntaksvannet, spesielt ved å bruke flere metoder i serie, og brakklegging, var mulige effektive biosikkerhetstiltak.

Respondentene indikerte også flere biosikkerhetsrutiner i form av følgende sitater:

Ta fisken en vei er viktigst og aldri bakover, rørfisk er nr. 2.

Om biofilteret får ILA eller IPN virus kan det gå galt, men jeg velger å tro at biofilteret jobber med oss. Hadde IPN en gang i et annet anlegg for lenge siden hvor vi gikk sammen med eksternt firma som lærte oss mye om hvordan vi bør jobbe.

Vi har vaksinert oss ut av Yersinia problem og kanskje ILA-problem. Aktiv screening av stamfisk er viktig. Vi driver veldig intensivt, men vi kan også si at vi ikke tar imot neste rognbatch og får to mnd. opphold gjennom hele produksjonen og har mulighet til å vaske med CIP og sånne ting. Vi lager rom om vi må, særlig på sommerhalvåret kan vi kjøpe oss tid. Vi ser tydelig mindre av HPRO nå etter at vi brakklegger, både med biosvaber og vannprøver. Produksjonsintensitet påvirker dette mye. Yersiniose var enkel å bli kvitt ved vaksinering, HPRO med de samme tiltakene ser ut til å fungere

godt, men større usikkerhet fordi det er et virus. Bedre vaksiner også viktig. Må intensivere vasking, mer UV, mer brakklegging, vaksinere. Summen av mange gode tiltak.

At vi klarer å holde fisken separat og at vi får vasket ordentlig imellom innsett. Fisk og vann i utgangspunktet, ha mest mulig kontroll på det. At minst mulig vann går mellom avdelingene. Kanskje og at en kan få en pause i produksjonen i avdelingene, helst noen uker uten fisk.

4.5 Biosikkerhetstiltak og strategier

Vi bruker begrepet biosikkerhetstiltak om noe som utføres praktisk med intensjon om å styrke biosikkerheten, mens biosikkerhetsstrategi er den strategien som er utarbeidet spesifikt for et anlegg sine driftsrutiner og aktiviteter for å ivareta biosikkerhet.

For å undersøke hvordan deltagende anlegg jobbet med biosikkerhetstiltak og strategier, laget prosjektgruppen en skala for tiltaksnivå. Respondentene ble bedt om å ta stilling til eget tiltaksnivå i forhold til skalaen, eller beskrive egen praksis dersom den ikke lot seg plassere:

1. Bare tømme kar for fisk
 2. Vask og desinfeksjon av kar
 3. Vask og desinfeksjon av kar + deler av vannbehandling
 4. Full nedvasking inkludert nullstilling av biofilter
- Andre tiltak/operasjoner?

Respondentene ble informert om at deres egne tiltak ville bli plassert i disse fire kategoriene, knyttet til tre situasjoner: 1. Biosikkerhetstiltak mellom innlegg av fisk, 2. Biosikkerhetstiltak i spesielle situasjoner, 3. Nullstilling av biofilter på en RAS-avdeling.

Generelt var det enighet blant respondentene om at utfordringen med å gjennomføre tiltak i praksis kunne være knyttet til tilgjengelig tid. Mange hadde et ønske om å utføre mer, f.eks. ønsket å gjøre tiltak i større deler av vannbehandlingen. Flere viste også til en strategi med vekslingsnivå av tiltak mellom innlegg, eksempelvis karvask etter innlegg og karvask + vannbehandling etter neste innlegg.

- 
- Hvorfor og hvordan utføres tiltaket?
 - Utfordringer?
 - Hva vet man om effekten?

4.5.1 Biosikkerhetstiltak mellom innlegg av fisk

Basert på informasjonen som kom frem var det stor variasjon i hvilke tiltak anleggene gjennomførte mellom innleggene (Tabell 6).

Alle deltagende anlegg utførte full nedvask og desinfeksjon av klekkeri mellom innleggene. Klekkeriene er ofte bygget på en måte som gjør vask og desinfeksjon lettere, sammenlignet med andre avdelinger. Respondentene fortalte at klekkeriene ofte ble desinfisert med kjemikalier (CIP-vask og kjemi), lut (pH>12, eventuelt i kombinasjon med syre, pH<4) eller ved ozon i sirkulasjon. I tillegg stod klekkeriene ofte tomme en periode etter vask og desinfeksjon. I de øvrige avdelingene ble karene vasket mekanisk med lavtrykk eller høytrykk, ofte iblandet kjemikalier og med varierende temperatur på vannet (fra kaldt vann til 40-50 °C), iht. egne vaskeprosedyrer. Enkelte anlegg prioriterte ikke alltid å bruke

desinfeksjon ifm. vask av kar. I vannbehandling var det begrenset bruk av såpe og desinfeksjon hos flere, men det ble utført mekanisk vask.

Detaljene er vist i Tabell 6 og viser til variasjon mellom deltakeranleggene, også illustrert ved følgende sitater:

Vi ønsker å veksle mellom karvask med kun såpe og mer omfattende vask med tømning av avløpsrør, fjerning av rørfisk, sirkulering med lut og tømning av trommelfilterkum ved annethvert innlegg.

Dette innebærer at man lager en produksjonsplan som skaper rom for å utføre andre tiltak og inkluderer vask av avløpsrør, trommelfilterkum og eventuelt andre deler av vannbehandlingen som CO₂ luftere og pumpeump.

På gjennomstrømming er det full vask og desinfeksjon. På RAS er det bare fisk ut og eventuelt vask av kar, men ikke desinfeksjon av kar. Primært spyling for å få vekk biofilm.

Tabell 6: Tiltak for å opprettholde biosikkerhet i en normalsituasjon. Tallene under kategoriserer tiltaket etter nivå: 1. Bare tømme kar for fisk. 2. Vask og desinfeksjon av kar. 3. Vask og desinfeksjon av kar og deler av vannbehandlingen. 4. Full nedvask inkludert nullstilling av biofilter.

Anlegg	Tiltak mellom innlegg	Beskrivelse	Kommentar
1	3	Mekanisk vask + med og uten desinfeksjon av kar. Sirkulerte lut (pH >12) gjennom avløpsrør 24–48 t.	Fokus gjentakende sykdom.
2	2	Mest mekanisk vask av kar. Med og uten desinfeksjon.	Ev. tiltak som kan fungere mot ILAV-HPR0.
3	2 og 3	Karvask og kombinerer annenhver gang med tiltaksnivå 3. Rørvask + vannbehandling + bedøvelse i bioreaktor.	Fokus rørfisk.
4	1	Spyling av deler av vannbehandling og kar. I større avdelinger (14 + 16 m kar) ble bare øverste randen av karet vasket, og vann var igjen i avløpsrør.	Bruker nesten ikke kjemikalier.
5	2 og 3	Vask og desinfeksjon av kar. Tidvis mer av vannbehandlingen.	Veldig tro på mer tid til tiltak (3) mellom innlegg, pausetid (mot ILAV-HPR0) og stabile biofilter.
6	2 og 3	Vask og desinfeksjon av kar. Tidvis mer av vannbehandlingen.	Også avhengig av å flytte vann pga. temperatur/ gjenbraker vann.
7	1 og 2	Tiltak 1 i RAS (stor fisk). Bare vask og spyling. Tiltak 2 på gjennomstrømningsavdelinger.	Veldig høy produksjonsintensitet. Troen på stabile biofilter. ILAV-HPR0 "kommer og går".
8	3	Karvask + avdelingsvask + rørvask + tørking av CO ₂ lufter + vask trommelfilter og pumpeump.	Kompetanse ut i fra revisjonsvask og tiltak for å bekjempe gjentakende sykdom. Bruker ozon aktivt. Tror på brakklegging mot ILAV-HPR0.

På 14–16 metringer spyler vi bare den øverste randen av karet, der det er groe. Spyler ren sump og CO₂ lufter kun med vann. Det står igjen vann i avløpsrør og deler av vannbehandlingen.

Med ~2 uker ekstra, så ville det bidra til at man fikk utført mer.

Respondentene fremhevet tid som en begrensende faktor i forhold til vask og desinfeksjon. Vanlig pausetid mellom innlegg varierte fra noen få dager til 4 uker (Tabell

3) i de fleste avdelingene, utenom klekkeriene som ofte står tomme 4 - 8 uker. Ved to anlegg viste respondentene til metoder mellom innlegg så omfattende at de ble kategorisert under Tiltaksnivå 3 mellom innlegg. Her ble større deler av vannbehandlingen behandlet, og rørvask inkludert. Det ene anlegget beskrev en metode der de mekanisk vasket kar, så avlivet de fisk i rørsystemet før de sirkulerte med lut over en Intermediate Bulk Container (IBC) gjennom avløpsrøret frem mot trommelfilter. Metoden er nærmere beskrevet i vedlegg 7.1. Begge anleggene som gjennomførte denne typen tiltak hadde en produksjon med 3 innlegg i året, og muligens mer tilgjengelig tid for å gjennomføre større tiltak mellom hvert innlegg.

Sykdomsstatus kan være med å forklare hva man gjør av tiltak, og fra flere var tilbakemeldingen at tiltaksnivå også må sees i sammenheng med behov. Eksempel på et utsagn på dette var:

Vi har generelt lite sykdomsutfordringer og da blir man litt slappere. Skulle vi få noe så må vi bli flinkere på det.

Det kan være variasjoner mellom avdelinger og livsstadier, og således setter man inn mer tiltak på de avdelingene som har ekstra utfordringer med sykdom. Tre av anleggene brukte eksternt personell for å utføre tiltak tilknyttet vask og desinfeksjon. Men disse måtte følges opp og være i dialog med internt personell som kjenner anlegget godt. Et innspill på dette var:

Både interne og eksterne. Fordelen er at det blir en kontinuitet i det og at de har bare en ting og gjøre og ikke blir avbrutt. Tar gjerne lengre tid å bruke interne som har flere oppgaver.

De fem andre valgte å bruke eget personell:

Gjør alt sjøl. Fordelen er at folk kjenner anlegget, og det tas ikke snarveier på egen arbeidsplass. Har bedre kontroll og har gode folk.

Gjøres selv, men har sjekket ut om en kan leie inn personell. Krevende med HMS og prosedyrer. Type lutbehandling er det teknisk personell som tar seg av.

For å måle kvaliteten på tiltak oppga flere av respondentene at de bruker ATP-måler til hygienekontroll. Noen har egne referanseverdier for hva verdien bør være på ulike deler av anlegget. Et annet innspill på dette var:

Nei, det gjøres ikke. Har ingen ATP-måler, tas ikke noe PCR etter nedvask. Men vi lagrer fiskeprøver etter flytting i avdelingene.

Dvs. de har tilgjengelige fiskeprøver for alle grupper dersom det skulle komme et utbrudd av sykdom etter en håndteringsoperasjon. Andre viser til at det er fisken og eventuelt fiskegrupper som flyttes inn på en avdeling i etterkant av et tiltak som vil gi det endelige svaret. Disse bør følges tett opp av veterinær eller fiskehelsetjeneste med hyppige prøveuttak.

4.5.2 Biosikkerhetstiltak i spesielle situasjoner

Enkelte ganger kan det være ønskelig å tilpasse biosikkerhetsarbeidet til spesielle situasjoner eller andre operasjoner. Respondentene ble spurt om dette ble gjort og om hvorfor det evt. ble gjort (Tabell 7).

Respondentene oppga flere ulike situasjoner og årsaker til utvidede tiltak, bl.a. utfordringer med H₂S, gjentakende utfordringer med sykdom og rørfisk, mens andre hadde driftet i mange år uten utvidede tiltak (Tabell 2). Når først tiltakene hadde blitt gjennomført ble de i mange

tilfeller innført som periodiske rutiner. **Respondentene nevnte at slike utvidede tiltak hadde fordeler utover biosikkerhet, som teknisk ettersyn, fjerning av akkumulert slam og utbedringer av utstyr, men krevde mye tid og ressurser.**

Bruk av ozon ble nevnt av flere respondenter som en metode med potensiale, men som er krevende å gjennomføre og lite standardisert. Vanligvis vaskes kar, rør og utstyr før ozonert vann sirkuleres i lengre tid. Holdetid, dose, fersk- eller sjøvann, gjentatt behandling og tørking mellom behandlingene ble nevnt som spesifikke tiltak for å bedre effekten. Mer erfaringer fra bruk av ozon er beskrevet i vedlegg 7.1.

Tabell 7: Større og mer inngripende tiltak og årsaker. Tallene i kolonne Større tiltak viser til nivå: 1. Bare tømme kar for fisk. 2. Vask og desinfeksjon av kar. 3. Vask og desinfeksjon av kar og deler av vannbehandlingen. 4. Full nedvask inkludert nullstilling av biofilter. Forkortelser: SF: Startfôring, MBBR: Moving bed biofilm reactor, FBBR: Fixed bed bioreactor.

Anlegg	Større tiltak	Beskrivelse	Årsak
1	3 og 4	Ønsker å ozonere yngelavdeling.	Gjentakende sykdom, PRV.
2	3	Vurderer rørvask og større deler av vannbehandling.	Mulig tiltak mot ILAV-HPRO.
3	3 og 4	Lut og runde med syre. Tømme avløpsrør og rørfisk (har avtapping). MBBR + bedøvelse Annen hver gang med tiltak 2.	Gjentakende sykdom, IPN.
4	3	En gang i året tappes alt ned. SF: <u>Uten kjemikalier</u> , spyles bare i kar + rørvask i vannbehandling (trommelfilter + CO ₂ lufter + sump). – fokus biofilm. Tørker etterpå. Overfører da også biogemer – pumper ut i et kar. Teknisk sjekk av biofilter.	H ₂ S – styrket biosikkerhet blir en ekstra bonus.
5	3	Rørvask og andre deler av vannbehandlingen.	ILAV-HPRO, tidvis andre utfordringer.
6	3	Rørvask og andre deler av vannbehandlingen.	ILAV-HPRO.
7	-	Tørker biofilter tidvis/tapper ut vannet i FBBR om blir stående lenge.	ILAV-HPRO.
8	3 og 4	Kobler på bruk av O ₃ også. Sirkulerer over hele vannbehandlingen.	Ps. Fluorescens.

I perioder uten produksjon på avdelingen nevnte et anlegg at de kunne tømme biofilteret for vann. I dette tilfellet var det snakk om en FBBR, og systemet kunne stå uten vann i 20–30 dager. Den primære årsaken til dette var for å redusere arbeid relatert til det å holde et biofilter i gang uten fisk, men det kan også tenkes at dette kan være et tiltak overførbart til biosikkerhet. Om biofilmen tørker helt ut eller det er nok fuktighet igjen for at mikrobiota kan overleve er usikkert, men det var positiv respons ved nitrifikasjon når man satte biofilteret i gang igjen. Det ble nevnt at man kunne "pode" inn vann fra andre filter for å hjelpe til under oppstart, gitt at dette kom fra en avdeling uten smittsomme agens.

Ett anlegg med MBBR fokuserte på skifte av vann i selve biofilteret. Alt vannet ble tappet ut av biofilterkummene, og det kunne stå opp mot to timer uten vann man fikk fylt opp igjen. Et annet anlegg fokuserte på mulig gjenværende fisk i biofilterkummen ifm. større tiltak på avdelingen. Vannivået i MBBR ble redusert, og man tilsatte bedøvelse iht. dose for avlivning og lot dette sirkulere en time.

Det ene anlegget beskrev en metode der de en gang pr. år utfører en større nedvask med begrenset bruk av kjemikalier. Avdelingene tømmes for vann og vaskes, inkludert biofilteret, ved at biogemene pumpes over i et fiskekar. Metoden er nærmere beskrevet i vedlegg 7.1.

Tre av de deltagende anleggene beskrev at de bevisst valgte å benytte brakklegging (periode uten fisk) som et tiltak for å øke biosikkerheten, mens to gjorde dette ved behov. Brakkleggingstiden ble i stor grad bestemt av produksjonsplanen. Klekkeriene fikk lengre brakkleggingstid (ca. 4 uker) enn de øvrige avdelingene. For de øvrige avdelingene var det ønsket lengre tid (2-3 uker) enn det som man kanskje fikk utført i praksis (maks 2 uker). Noen av utfordringene med brakklegging illustreres med følgende sitat:

Nei det har vi ikke tid til, vanligvis er det bare 2-3 dager uten fisk pr. avdeling.

Oppfatningen av brakklegging som et biosikkerhetstiltak var noe variabel blant respondentene, illustrert med følgende sitat:

I en del tilfeller kan det fungere like godt som å ta ned biofilter, for eksempel ved ILAV-HPR0. Der har man kunnskap om at virus ikke overlever utenfor en vert. Men da må en være trygg på at det ikke er rørfisk smittet i systemet.

Vi mener at det fungerer litt mot ILAV-HPR0, vi har tro på det mot Spiroen (Spironucleus) også.

Brakklegging - uten fisk i avdelinga. Da mener jeg at du tar ned kapasiteten på biofilter, og når du får fisk inn så blir det bare ball. Får aggressiv fisk, lite fôring, stresset, og det vil trigge mer sykdommer eller annet. Jeg vet ikke om man kan ta ut patogener ved å la anlegget stå uten fisk.

Det kan være utfordrende ved miljøbakterier og bakteriemi forårsaket av mikroorganismer som Ps. fluorescens, da disse overlever uten vert. Da vil du ikke nødvendigvis kunne stoppe det ved et vertsfritt system, da er det snakk om vask og desinfeksjon. Ta ned smittepresset er viktig om man ikke kan fjerne noe helt.

Er nok et godt tiltak, men utfordrende med full sanering. Modning tar tid, minimum 6 uker for modning. Vi vet lite om det er nok å brakklegge uten å sanere.

Andre fokuserte mer på rørfisk og ikke vasking og desinfeksjon i seg selv, illustrert med sitatet:

I startfôringsavdelingen: Vasker kar, tenkt å tappe ned alle avløpsrør, tømmer trommelfilter for å få ut rørfisk, bedøvelse i avløpsrør, ned med vannet i bioreaktor og tilsetter bedøvelse, dobbel dose bedøvelse i ca. 1 time.

Respondentene var samstemte i **viktigheten av god planlegging, forberedelse og samarbeid ved utvidede tiltak**. Dette krever samspill mellom de som planlegger (eksempelvis flytplan og logistikk), utfører biologisk produksjon, og teknisk personell (vask, service og utbedring), illustrert ved følgende sitat:

Fordel med en forutsigbar produksjonsplan for å disponere folk best mulig, ved litt kortere tid kan man sette mer folk inn, men det er krevende. Det må planlegges en del tid til vann, fylling og tømning.

Minimum 14 dagers nedetid, lager konkrete planer for å klare mer detaljert renhold på 14 dager. Problemet med å gjøre det for fort er både tilgjengelig personell og utilfredsstillende vask.

Produksjonsplanen inneholder større nedvask og inspeksjoner rundt teknisk anlegg. Etter levering har man tid til å gå gjennom ei liste med ting som må utføres før det blir nytt innsett.

4.5.3 Nullstilling av biofilteret

Fem av de deltagende anleggene hadde forsøkt å nullstille biofilter, men kun ett anlegg hadde utført sanering ifm. krav fra Mattilsynet/tilsvarende revisjonsvask (ILAV-HPRdel) (Tabell 8).

Anleggene hadde ulik effekt av nullstilling av biofilteret. Erfaringene indikerer at høy pH alene, ikke var nok for å fjerne PRV. Behandling som kombinerte både høy og lav pH fungerte sannsynligvis mot IPNV, og lut + ozon fungerte ikke mot ILAV-HPR0.

Tabell 8: Viser oversikt over om man har nullstilt biofilter, årsak, om dette var vellykket og om man gjenbrakte eller byttet biolegemer. Vellykket defineres som ikke påvist agens i etterkant av nullstillingen.. Forkortelse: i.a. - ikke aktuelt.

Anlegg	Nullstilt biofilter	Beskrivelse	Årsak	Vellykket	Gjenbrukt eller byttet biolegemer
1	Ja	Forsøkt å sanere biofilter ved bruk av lut, pH>12 to ganger. Ikke vellykket.	PRV og HSMB	Nei	Gjenbrukt
2	Nei	-	-	-	-
3	Ja	Gjennomført 2x nullstilling av biofilter. Behandling med lut pH>12 og syre pH<4.	IPN	Ja, men påvist ny variant igjen	Gjenbrukt og byttet
4	Ja	Brukte LOZ (natriumhypokloritt)	H ₂ S hendelse ("føre var").	i.a.	Gjenbrukt
5	Nei	-	-	-	-
6	Ja	Ja med lut + O ₃	ILAV-HPR0	Nei	Gjenbrukt
7	Nei	-	-	-	-
8	Ja	Sanering ved "prøving og feiling" og så i flere omganger. Benyttet kjemikalier, O ₃ , lut og klor.	ILAV-HPRdel ifølge krav fra Mattilsynet	Ja	Gjenbrukt og byttet

Hvorvidt agenset fantes i andre deler av anlegget eller blir introdusert på nytt, vites ikke. Kun ett av anleggene hadde erfaring med sanering av hele anlegget, der biofiltrene ble behandlet på ulike måter. I startfôringen ble biolegemene vasket og desinfisert i bioreaktoren ved bruk av kjemikalier og ozon i kombinasjon med sjøvann (Tabell 6).

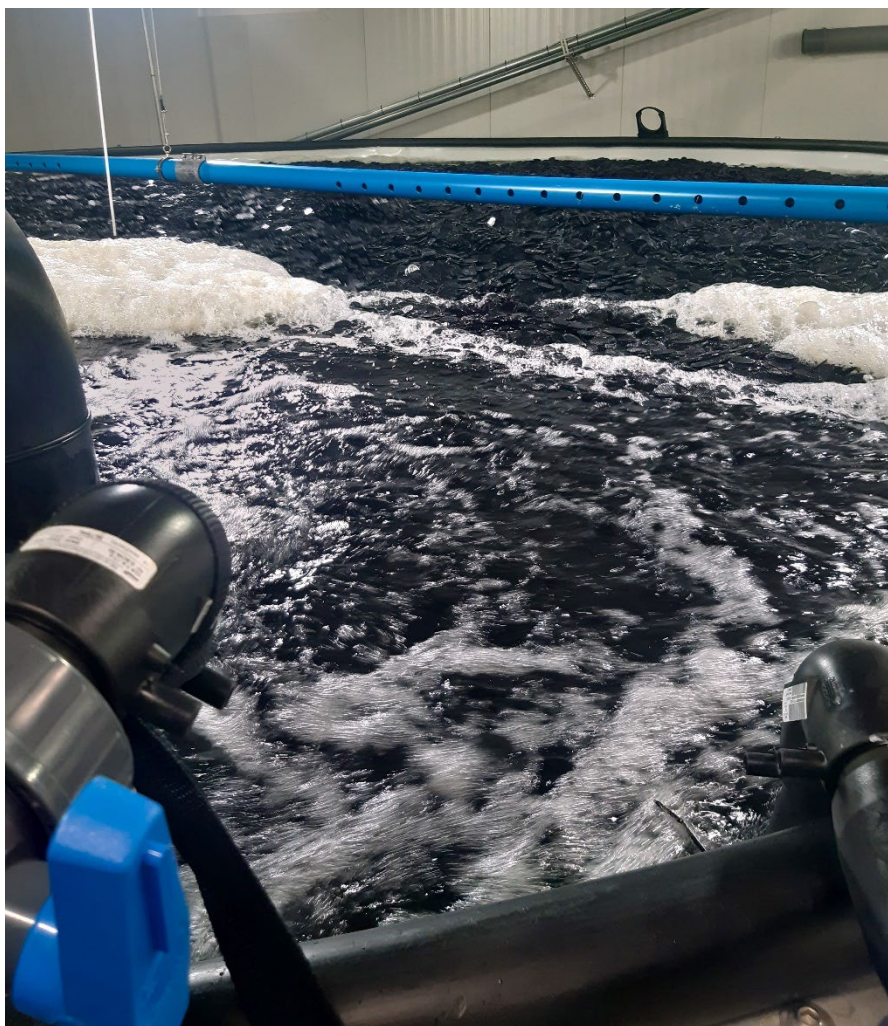


Figur 6: Bilder fra før (venstre) og etter (høyre) ozonering av en startfôringsavdeling ifm. sanering.

På smoltavdelingen ble biolegemene pumpet over i to fiskekar med luftegrid for sirkulasjon, vasket med CIP og desinfeksjonsmiddel, og deretter behandlet med lut, klor og Zalo. Videre ble det benyttet ozonert sjøvann før ny CIP-vask, for formell godkjenning. I påvekstavdelingene ble biolegemene erstattet med nye og avdelingen ozonert i kombinasjon med sjøvann før oppstart. Effekten av tiltakene ble overvåket med ATP-målere, samt screening av vann og biofilm (svaberprøver) for ILAV. Det ble benyttet eksterne serviceselskap og saneringen tok 3–4 mnd.

Erfaringen fra deltagerne tilsier at sanering eller nullstilling av biofilter er utfordrende, og at det mangler kunnskap, protokoller og erfaring.

Av de som hadde forsøkt å nullstille biofilterne har 2 av 5 anlegg byttet ut biolegemene som en del av strategien. Ved gjenbruk av biolegemer ble disse vasket eller desinfisert i selve biofilterkummen, eller ved at man flyttet biolegemene ut ved bruk av fiskepumpe og over i et tomt fiskekar el. (Tabell 7).



Figur 7: Biolegemer overført til fiskekar for vask og desinfeksjon.

Det var da viktig å sikre sirkulasjon av biolegemene (omrøring med luft eller vann) for å få vasket og desinfisert skikkelig. Det ble også nevnt utfordringer med å skylle ut organiske materialet under og etter en slik vask og momenter som bærekraft (store mengder plast dersom man skifter ut) og mulig effekt av gjenbruk eller nye biomedier på oppstartstiden av biofilter.

Tilbakemeldingene fra de som hadde nullstilt eller sanert var viktigheten av å nå alle «kriker og kroker» og som enkelte har gjort, demontert alle deler ned til hver minste skrue (Tabell 8). Hvis ikke måtte det ofte gjøres på nytt, slik et anlegg med IPN måtte, da deler av anlegget ikke var tilstrekkelig vasket i første runde, deriblant rør til dødfiskkasser og et rør for bypass av bioreaktor.

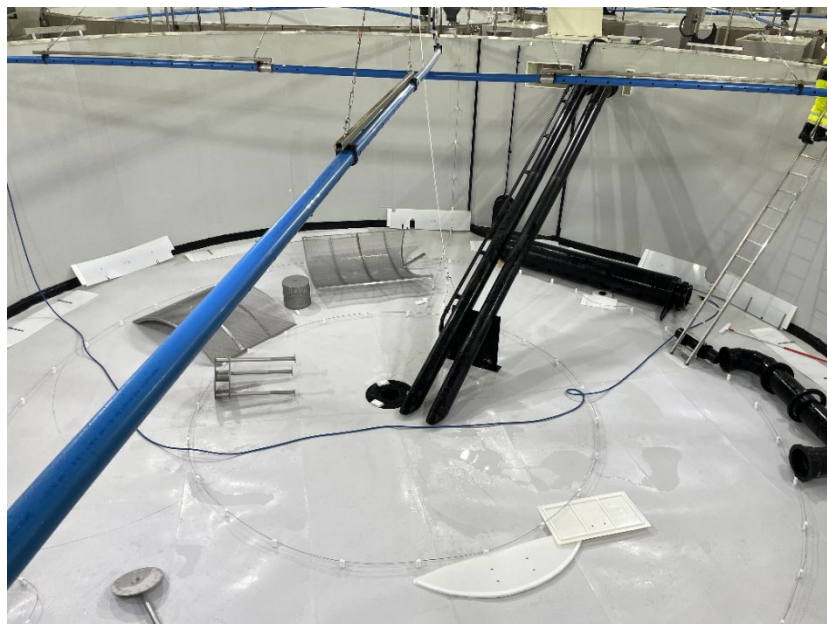
Utfordringene med sanering eller nullstilling kan illustreres med følgende sitat:

Folk har tatt for lett på det. Man må tro at man får det til 100 % og det krever ekstremt dedikerte folk, fokus på detaljer og nøysom metode for å nå det nivået.

Til slutt ble respondentene spurt om hvilke konsekvenser eventuelt krav til fullstendig sanering vil få for produksjonen. Det ble da vist til sanering med faste intervaller som et tiltak tilsvarende brakklegging i sjø, for å styrke biosikkerheten i landbaserte anlegg og RAS. Svarene kan illustreres med følgende sitater:

Det vil være helt krise. Derfor man jobber hver eneste dag for å unngå at det kommer slike krav. Jobber daglig med fiskehelse og biosikkerhet og har dette langt fremme i pannebrasken. Vi tester mye for virus, eksempelvis var man for noen år tilbake veldig bekymret når man oppdaget ILAV-HPRO og bekymret for å finne virulent virus. Nå har vi testet så mye at vi er litt mer rolige.

Må evt. hoppe over et utsett og ha 25 % mindre fisk i anlegget. Må da vurdere en strategi med moderfilter til oppstart igjen av biofilter.



Figur 8: Demontering av utstyr for tilkomst og vask alle plasser er avgjørende for å oppnå effekt ved nullstilling og sanering.

Får et avbrekk i produksjonen på noen måneder. Risiko etterpå når du starter opp igjen, for da er veien litt humpete. Så det er et tilbakesteg i produksjonen. Vet ikke nok om ferdige kulturer, kommersielle oppstartkulturer kan hjelpe til osv.

Da har man kommet i en situasjon hvor man vil bruke mange år på å komme oss opp igjen. Men ved alvorlig agens ville jeg ha vasket alt og desinfisert alt. Produksjonen hadde kollapsa, ikke liv laga på 6 måneder, i hvertfall.

Kan ta ned produksjonskapasiteten på 20-30 % og da en må ta inn mindre fisk etterpå, tror det tar minst 1-2 måneder å komme opp igjen. Det får stor påvirkning på produksjonskapasiteten. Man bør ha god empiri for at det er fornuftig før man gjør det. Et nystartet biofilter kan være mer sårbart eventuelt for andre ting, patogener kan da introduseres lettere?

Det vil bli en helt annen måte og drive med dette på, og det å drive med RAS og konstant umodent biofilter er krevende og vil påvirke hvor mye fisk en kan ha. Har forstått at det er anlegg som gjør dette regelmessig, men det må jo påvirke antall innlegg i året og hvor mye fisk en kan ha. Det blir et spørsmål om hva som er tilstede ved et svakt biofilter og eventuelt kan ta over. Et sterkt og modent biofilter er å foretrekke for oss. Ikke alltid mer renhold som er best i lengden.

Med vår intensitet vil ikke det gå. Og hvis man skal gjøre det mellom hvert innlegg så kan ikke vi drive. Bytte ut biofilter er jo miljøfiendtlig, det er så store mengder. Med en generell startkultur vil ikke det fungere her, den internseleksjonen som skjer i vannet er kjempeviktig.

Det kommer an på: Ved behov/listeført agens er det helt klart et enkelt valg og man må gjøre det. Mellom innlegg – må baseres på risiko og fiskehelse mtp. å ta ned biofilter. Årlig er heller ikke et godt alternativ om man ikke har behov – eldre biofilter fungerer bedre enn et nytt. Vi må skjønne at en må finne veien inn for agenset, om det er med vann, rogn eller andre tekniske utfordringer.

Det ble ikke spurt konkret om strategi og metode for oppstart av biofilter i denne undersøkelsen, men inntrykket var at dette er vesentlig å vurdere i sammenheng med nullstilling.

5 Oppsummering

Basert på den innsendte informasjonen fra de deltagende anleggene og intervjuene, oppsummeres funnene som er spesielt relevante for biosikkerhetsarbeidet i RAS. Rapporten beskriver arbeid med biosikkerhet på et utvalg av anlegg i Norge våren 2023.

Generelt:

- Det var stor variasjon mellom anleggene representert i intervjuene mht. størrelse, teknologi, produksjonsstrategi, alder mm. Det var ulike sykdomsutfordringer og agens. Resultatene viser at anleggene praktiserte ulike biosikkerhetstiltak og ulike biosikkerhetsstrategier.
- Biosikkerhetsarbeid er sammensatt der mange forhold påvirker hverandre, illustrert ved figur i vedlegg 7.3. For eksempel kan anleggsutforming påvirke produksjon og sykdomsstatus og videre muligheter for tiltak.
- Det var enighet om at alder på biofilteret er viktig, da det tar tid å oppnå modne filtre. Modne biofilter fungerer erfaringsmessig best og er mest robuste.
- Respondentene hadde delte meninger om biofilteret sin rolle iht. biosikkerhet, og poengterte behovet for flere undersøkelser som kan si noe om hva biofilteret og vannet inneholder av organismer og om de kan skade fisken.
- Det ble påpekt manglende kunnskap om flere forhold:
 - Faktorer som påvirker agens i et RAS-system og deres eventuelle overlevelse.
 - Metoder eller protokoller som er effektive for å bli kvitt et eller flere spesifikke agens i RAS.
 - Et av innspillene var at det ikke foreligger noe formelt krav om undersøkelse av biofilteret, og det hemmer kanskje den kollektive kunnskapen?
- Effekten av brakklegging oppfattes som noe variabelt. Mer kunnskap om når en avdeling står tom for fisk, og da menes helt tom, kan kanskje bidra til å komme nærmere prinsippet om "alt inn – alt ut" og mer tydelige generasjonsskiller. Det ble ytret at dette kanskje kan være en viktig strategi for enkelte patogener, men det er ikke gitt at brakklegging vil fungere mot alle.
- Erfaringen fra deltagerne tilsier at sanering eller nullstilling av biofilter er utfordrende. Forskjellige metoder bærer preg av prøving og feiling, hvor resultatet varierer. Det er enighet om at et krav om nullstilling må være kunnskapsbasert da inngrepet kan få store produksjons- og fiskevelferdsmessige konsekvenser.

Biosikkerhetsmessig kan det være mye å hente ved å utveksle informasjon spesielt om agens og sykdom mellom anlegg og selskap. Flere av respondentene, men ikke alle, påpekte at det er liten eller ingen kontakt med andre selskaper selv om de er i nærheten.

Anleggsutforming og produksjon:

- God hygienisk design innebærer at alle overflater skal være vaskbare og ha tilkomst, samt at anlegget skal kunne tømmes helt for vann. Dette ble påpekt som viktig. Det var delte meninger om hvilke områder eller deler av anlegget som var mer utfordrende å vaske og desinfisere. Noen var tilfredse med utformingen av anlegget sitt og tilkomsten til deler av vannbehandlingen, andre hadde bygget om eller syntes at utbedring var utfordrende. Ulike meninger kan henge sammen med ulike teknologileverandører og utforming, men kan også forklares med erfaring fra ulike biosikkerhetstiltak.

- Partikler i vannet og eventuell skyggeeffekt med konsekvenser for UV-behandlingen av inntaksvannet ble nevnt som et usikkerhetsmoment. Mange brukte betydelig høyere UV-doser for å øke effekten. Det ble nevnt at økt UV-dose for desinfisering av sjøvann kombinert med månedlige kimtallanalyser ikke nødvendigvis ga økt trygghetsfølelse.
- Personell på alle anleggene har observert eller hatt mistanke om fisk på avveie i systemet.
- Produksjonsplaner og produksjonsintensitet legger premisser for tekniske eller biosikkerhetsmessige tiltak. Ansatte har ønsket om å gjøre en enda bedre jobb enn det som driften gir rom for, da fiskens beste krever
 - Tid til stell av fisken
 - Tid til renhold og desinfeksjon
 - Tid til vedlikehold
- Inntrykket fra intervjuene er at produksjonsmessige prinsipper som "all fisk inn – all fisk ut" og "en produksjonsretning" følges av de fleste ved flytting mellom avdelinger og når fisk flyttes ut av anlegget, men at det kan forekomme episoder med unntak fra disse prinsippene.
- Kommunikasjon internt ble på ett anlegg påpekt som nøkkelen for gjennomføring av biosikkerhetsplanen og biosikkerhetsstrategien, og viktig for å håndtere situasjoner som kan dukke opp i den daglige driften.

Agens og sykdom:

- Alle respondentene svarte at påvisning av agens og sykdom påvirket driften og produksjonsforholdene, men at både type agens, og utbredelse i anlegget hadde betydning for driften og avgjørelser som blir tatt for å håndtere situasjonen.
- De fleste har en eller annen form for agensovervåking og hyppigheten varierer. Noen gjør det systematisk hvor det sjekkes for spesifikke agens med oppfølging på karnivå, mens de fleste gjør det bare ved krav fra myndighet, og om helsesjekk avdekker behovet.
- Inntrykket fra intervjuene er at man kan vaksinere seg bort fra bakterielle utfordringer, mens virus byr på større utfordringer pga. manglende kunnskap om hvordan de kommer inn, overlever, etablerer, og det er ikke like effektive/manglende vaksiner.

Biosikkerhetstiltak og strategier:

- Sykdomsstatus kan være med å forklare hva man gjør av tiltak, og fra flere var tilbakemeldingen at tiltaksnivå også må sees i sammenheng med behov.
- Mange hadde et ønske om å utføre mer, f.eks. ønsket å gjøre tiltak i større deler av vannbehandlingen. Tilgjengelig tid kan være begrensende for gjennomføring av tiltak.
- Utvidete tiltak krevde mye tid og ressurser og dermed er det viktig med god planlegging, forberedelse og samarbeid. Det gir også mulighet for teknisk ettersyn, fjerning av akkumulert slam og utbedringer av utstyr mm.
- Tilbakemeldingene fra de som har nullstilt eller sanert var viktigheten av å nå alle «kriker og kroker» og som enkelte har gjort, demontert alle deler ned til hver minste skrue.

6 Referanser

- Forskrift om desinfeksjon av inntaksvann til og avløpsvann fra akvakulturrelatert virksomhet (FOR-2016-10-19-1217). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1997-02-20-192>
- Lazado, C.C., Good, C., 2021. Survey findings of disinfection strategies at selected Norwegian and North American land-based RAS facilities: A comparative insight. *Aquaculture* 532, 736038. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736038>
- Liltved H., Bomo A.M., Handeland S.O. and Kristensen T. 2008. UV inactivation of *Moritella viscosa* and other fish pathogens - inactivation, photoreactivation and by-product formation. Proceedings Seventh International Conference on Recirculating Aquaculture, July 25 – 27, 2008, Roanoke, VA, USA.
- Veiledning i hvordan krav nedfelt i vannbehandlingsforskriften kan oppfylles. Notat fra Veterinærinstituttet 8. november 2012. <https://www.vetinst.no/fagomrader/desinfeksjon/veileder-hvordan-krav-nedfelt-i-vannbehandlingsforskriften-kan-oppfylles>
- Øye, A., Espen, R., 2002. Inactivation of infectious salmon anaemia virus, viral haemorrhagic septicaemia virus and infectious pancreatic necrosis virus in water using UVC irradiation. *Diseases of aquatic organisms* 48, 1–5. <https://doi.org/10.3354/dao048001>

7 Vedlegg

7.1 Mer utfyllende beskrivelse av noen av anleggene sine tiltak:

Bruk av lut og ozon mellom innlegg

To anlegg beskrev metoder som var mer omfattende mellom innlegg. Det ene anlegget beskrev en metode der de mekanisk vasket kar (spylte karvegg), så avlivet de fisk i rørsystemet (Benzoak) før de sirkulerte lut med pH >12 gjennom avløpsrøret frem mot trommelfilter i 24–48 timer. Et og et kar ble satt i sirkulasjon med lut over en IBC- kontainer, og det ble skylt godt med ferskvann før karet ble satt i drift igjen.

Det andre anlegget beskrev en metode der de foretok: karvask + avdelingsvask + rørvask med rotordyse + tørking av CO₂ lufter (blåser luft og tørker for å fjerne organisk materiale) + vask av trommelfilter og pumpesump. Tiltaksnivået kan utvides ytterligere på avdelinger ved behov (annen sykdomsstatus), og da inkluderer de sirkulasjon med ozon over hele systemet og utskiftning av vann i MBBR, se bruk av ozon.

Grundig vask uten bruk av kjemikalier (såpe og desinfeksjon)

Ett av anleggene viser til at pga. tidligere utfordringer med H₂S, så velger de hvert år å ta en fullstendig nedvask av RAS-systemene sine. Dette for å avdekke og gjøre rent områder der det akkumuleres organisk materiale (dødsoner) og der det er fare for slamdannelse. Et slik tiltak muliggjør også for teknisk ettersyn og eventuelt utbedring og tenkes å være godt for å styrke biosikkerheten. Det utføres praktisk ved å tappe ned hele vannbehandlingen. Man spyler kar + gjennomfører rørvask + vasker vannbehandling (trommelfilterkum, CO₂ lufter og pumpesump). Vasken foregår kun med vann og med lite/ingen bruk av kjemikalier og er primært for å fjerne biofilm. Selve biofilteret tømmes og biolegemene (ca. 700 m³) pumpes over i et fiskekar og holdes i live med omrøring og tilsetning av ammonium. Slik får man sjekket fysisk nedi biofilter en gang pr. år. Under nedvask opplyser anlegget at de også har funnet fisk i biofilter. I etterkant får avdeling anledning til å tørke. Tidsmessig bruker anlegget ca. 7 dager på å gjennomføre dette og ca. 4 dager for fylling og igangsetting med riktig temperatur.

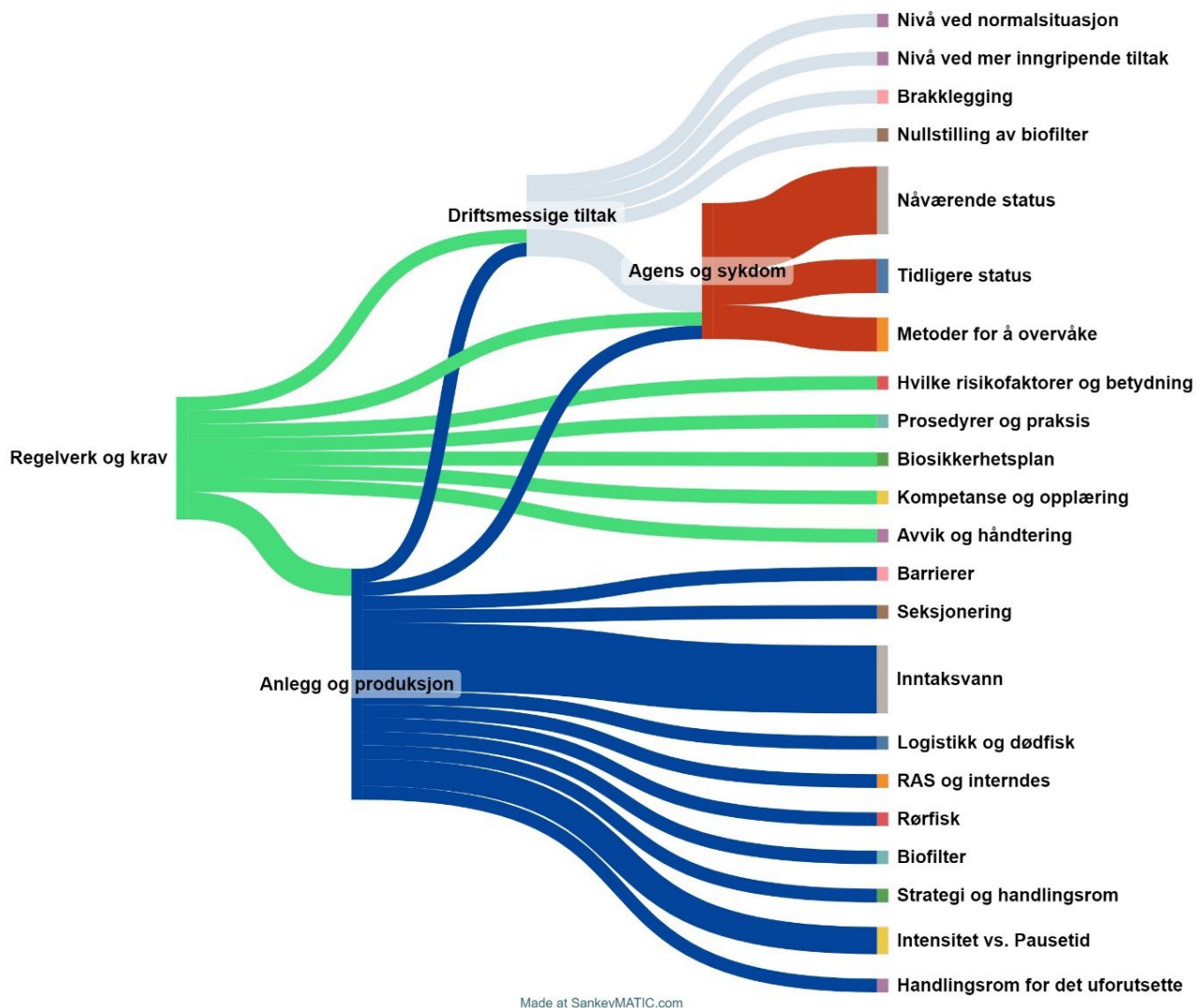
Bruk av ozon

På ett anlegg foretok de en mekanisk vask av kar og overflater inkludert vaksinemaskin og rørsystem i en yngelavdeling før de sirkulerte ozon over to kar som stod igjen med vann. Dette vannet passerte gjennom ringsløyfe og all vannbehandling over natt (planen var å oppnå et redokspotensial på 700 mV, men man oppnådde i praksis 250 mV) i 13 timer. CO₂ luftere var avslått for å unngå å lufte ut ozon. Hele systemet ble så tømt for vann inkludert MBBR. MBBR var uten vann i 1–2 timer, før den ble fylt opp igjen med desinfisert ferskvann og satt på modning med tilsetning av ammonium. CO₂ lufter ble drenert og tørket (med blåsing) for å få ut partikulært materiale. Avløpssystem på de andre karene ble tatt med rotordyse, men det var begrenset hvor godt man kom til med denne. Etter at avdelingen var fylt opp igjen (alle 12 kar) ble det ozonert på nytt, men her bidro det store vannvolumet til at redoksverdien ikke ble så høy (230 mV i 6 timer). Anlegget ønsker å optimalisere metoden videre og vurderer nå systemer som kan løse inn mer ozon for å øke behandlingseffekten. En viktig parameter ved bruk av ozon er salinitet, da bruk av sjøvann gjør det lettere å oppnå en høyere redoksverdi og eventuelt øker desinfeksjonseffekten pga. dannelse av bromidforbindelser. Anlegget var klar over risiko for å ta ned biofilter med en slik strategi, men var villige til å ta den. De var klar over HMS risiko ved bruk av sjøvann og ozon.

7.2 Skjema for innhenting av anleggsspesifikk informasjon

Nøkkel tall:							
	Avdelinger	Total	Klekkeri	SF	Yngel	Smolt	Postsmolt
Generelt	Årstall for tatt i bruk slik avdelingen er nå						
	Teknologi (RAS, gjenbruk, gjennomstrømming)						
	Teknologileverandør						
Utforming kar	Diameter (m)						
	Karvolum (m³)						
	Antall enheter						
	Kartetthet maksimal før flytting/ tiltak (kg/m³)						
Inntaksvann	Ferskvannskilde (vannmagasin, elv, grunnvann)						
	Metode partikkelfjerning ferskvann (µm)						
	Metode dersom desinfeksjon ferskvann						
	Metode partikkelfjerning saltvann (µm)						
	Metoder desinfeksjon saltvann						
	Dose UV normal (mJ/cm²)						
	Kapasitet UV vs. vannbehov						
	Bruk av oppsaltet ferskvann (salinitet)?						
RAS teknologi og vannbehandling	MBBR eller FBBR						
	Denitrifikasjon?						
	Alder på biofilter						
	Har biofilter vært sanert etter oppstart?						
	Salinitet snitt biofilter (ppt)						
	Salinitet biofilter kan driftes på (ppt) (min-maks)						
	Systemer for partikkelfjerning i internloop?						
	Systemer for desinfeksjon i internloop?						
	Hvor i vannbehandlingen er desinfeksjon plassert?						
Produksjon	Andel vann som passerer over desinfeksjon?						
	Estimert uskiftningstid på avdeling						
	Størrelse innlegg (stk.)						
	Antall innlegg og innsett pr. år						
	Total produksjon (antall og størrelse pr. år)						
	Driftstemperatur snitt						
	Størrelse fisk g (inn-ut)						
	Estimert oppholdstid i dager på avdeling						
	Flyttes ved størrelse g						
	Sorteres ved størrelse						
	Vaksineres ved størrelse						
	Destruksjon størrelse og ca. andel (%)						
Sykdomsstatus og sykdomshistorikk	Vanlig pausetid/ uten fisk mellom innlegg						
	Produksjonsintensitet (kg produsert/m³ kar/dag)						
	Sykdomsstatus på avdeling nå						
Tiltak for biosikkerhet	Agens påvist tidligere på avdeling (siste 5 år)						
	Metoder for overvåkning sykdomsstatus						
	Kjemikalier som benyttes for vask						
	Kjemikalier som benyttes for desinfeksjon						
	Vi ønsker også informasjon om operasjonelle tiltak man bruker for: 1. Vask og desinfeksjon vanligvis mellom innlegg 2. Operasjonelle mer inngripende tiltak på en avdeling. 3. Informasjon dersom man har utført en fullstendig sanering (inkludert biofilter). Tenk gjerne overordnet på metode, kjemikalier og utstyr i bruk for å gjennomføre						

7.3 Sammenheng mellom tema



Sankey-diagram som viser sammenhenger mellom tema basert på inntrykket etter intervjuene. Tykkelse på linje viser til viktighet av tema. Når linjene krysser mellom ulike hovedtema, så viser det til sammenhenger som påvirker det totale biosikkerhetsarbeidet. Utarbeidet ved åpen kildekode program (<https://sankeymatic.com/build/>)