

OVERORDNET PLAN FOR BIOSIKKERHET – AVERØY INDUSTRIPARK AS

FORMÅL

Formålet med biosikkerhetsplanen er å bidra til en stabil og god produksjon som muliggjør en god ivaretagelse av fiskens helse og velferd. Den skal sikre bedriften mot utvalgte smittestoff og uønskede hendelser som kan påvirke produksjonen negativt. Biosikkerhetsplanen skal bidra til å trygge forutsigbarheten gjennom hele produksjonskjeden fra mottak av rogn til slakting av ferdigprodusert laks. Biosikkerhetsplanen skal også dokumentere at utfordringene knyttet til alvorlige prosess tekniske hendelser, alvorlige produksjonslidelser og opptak og spredning av smittestoff gjennom driften til Averøy Industripark AS, er godt utredet. Planen skal vise at gode løsninger er etablert for å unngå akutte hendelser og etablering og spredning av smitte internt i bedriften og til omkringliggende akvakulturvirksomheter. Denne biosikkerhetsplanen ivaretar de krav som gjeldende lovverk stiller og ivaretar samtidig hensynet til omkringliggende akvakulturvirksomheter.

INNHOLDSFORTEGNELSE

- A. Generelt
- B. Geografiske forhold
- C. Fysiske forhold innenfor anleggets eget driftsområde
- D. Driftsmessige forhold
- E. Smittebegrensende rutiner og utstyrløsninger
 - a. UV
 - b. Ozon
 - c. Membranfiltrering
- F. Oversikt over mulige områder for inntak av smitte
 - a. Vannbåren smitte
 - b. Vektorbåren smitte (mennesker, andre levende organismer og utstyr)
 - c. Luftbåren smitte
 - d. Smitte med levende innsatsfaktorer (rogn)
 - e. Smitte fra annen akvakulturvirksomhet
- G. Kartlegging, risikovurdering og risikominimering knyttet til de viktigste smittsomme utfordringene
 - a. Risikoanalyse -Inntak av smittestoffer via ferskvannsinntak til settefiskanlegg
 - b. Risikoanalyse - Inntak av smittestoffer via sjøvannsinntak til settefiskanlegg
 - c. Risikoanalyse - Vertikal smitte av ILA
 - d. Risikoanalyse – Vertikal smitte av BKD
 - e. Risikoanalyse - Vertikal smitte PMCV
 - f. Risikoanalyse – Inntak av Yersinia Ruckeri via vanninntak

- g. Risikoanalyse – Inntak av *Branchiomonas cysticola* via ferskvannsinntak
 - h. Risikoanalyse – Inntak av SGPV (Poxvirus) via ferskvannsinntak
 - i. Risikoanalyse – Inntak av PRV-smitte (Vertikal smitte av PRV)
- H. Plan for overvåkning av smittesituasjonen i anlegget
- I. Plan for opplæring av ansatte
- J. Beredskaps- og tiltaksplaner knyttet til alvorlige hendelser, de viktigste prosess tekniske utfordringene og produksjonslidelsene som kan føre til høy dødelighet
- a. Rømming
 - b. Vannstopp
 - c. Oksygensvikt
 - d. Nitrogenovermetning
 - e. H₂S
 - f. Syre/base forgiftning
 - g. HSS
 - h. Nefrokalsinose
 - i. Alger og nematoder
- K. Avbruddskriterier Fiskevelferd-Drift
- L. Relevant prosedyreverk

Vedlegg:

- Vedlegg 1: Smitteovervåkningsprogram Averøy Industripark AS
- Vedlegg 2: Risikoanalyse -Inntak av smittestoffer via ferskvannsinntak til settefiskanlegg
- Vedlegg 3: Risikoanalyse - Inntak av smittestoffer via sjøvannsinntak til settefiskanlegg
- Vedlegg 4: Risikoanalyse – Vertikal og horisontal smitte av ILA
- Vedlegg 5: Risikoanalyse – Vertikal smitte av BKD
- Vedlegg 6: Risikoanalyse - Vertikal og horisontal smitte med PMCV
- Vedlegg 7: Risikoanalyse – Vertikal og horisontal smitte med *Yersinia Ruckeri*
- Vedlegg 8: Risikoanalyse – Inntak av *Branchiomonas cysticola* via ferskvannsinntak
- Vedlegg 9: Risikoanalyse – Inntak av SGPV (Poxvirus) via ferskvannsinntak
- Vedlegg 10: Risikoanalyse – Vertikal og horisontal smitte med PRV
- Vedlegg 11: Risikoanalyse- Forgiftning med hydrogensulfidgass
- Vedlegg 12: Risikoanalyse- Hemoragisk smoltssyndrom (HSS)
- Vedlegg 13: Risikoanalyse- Nitrogenovermetning
- Vedlegg 14: Risikoanalyse- Nyreforkalkninger
- Vedlegg 15: Vannanalyser Averøy Vannverk NIVA
- Vedlegg 16: Beredskapsplaner-tiltaksplaner
- Vedlegg 17: Skjema velferdsskåring Averøy
- Vedlegg 18: Skåringsveileder TRIPWELL

A. GENERELT

Formålet med denne biosikkerhetsplanen er å bidra til en stabil og forutsigbar produksjon med få avbrudd og episoder med dødelighet grunnet hendelser, prosessvikt og sykdom. Biosikkerhetsplanen skal blant annet dokumentere at utfordringene knyttet til opptak og spredning av smittestoff gjennom nyetableringen til Averøy Industripark AS i den planlagte lokasjonen er godt utredet, og at gode løsninger er etablert for å unngå etablering av smitte i anlegget, spredning av smitte internt i anlegget og til omkringliggende akvakulturvirksomheter. Den skal også utgjøre et beslutningsgrunnlag knyttet til fornuftige tiltak mot viktige hendelser av driftsmessig art og knyttet til vannkvalitet og mer prosesstekniske utfordringer.

Arbeid knyttet til fagområdene smittesikring og biosikkerhet har som målsetting å etablere et kunnskapsbasert sett av tiltak og rutiner knyttet opp mot et gitt produksjonsregime, for slik å styrke anleggets drift ved å redusere risikoen for dårlig fiskevelferd, uønskede avvik og eventuelle stopp i produksjonen. Med dette tilstreber man å inkorporere etablert og ny kunnskap i skjæringspunktet mellom biologi, smitte, relevant teknologi og produksjon av laks i lukkede anlegg, for slik å nærme seg beste praksis og styrke forutsigbarheten knyttet opp mot biosikkerhet hos det gjeldende akvakulturanlegg. Rutiner i hverdagen må etableres på bakgrunn av erfarings- og forskningsbasert kunnskap for å sikre god biosikkerhet. Biosikkerhet er et prioritert nøkkelområde og skal være hensyntatt gjennom etableringen av anlegget, dets geografiske plassering, prioriteringer knyttet til de viktigste innsatsfaktorene og alle ledd i produksjonen fra rogninntak til levering av postsmolt/slaktefisk. Den er med andre ord sterkt knyttet til den driftsplan som er etablert og har i enkelte tilfeller vært førende for viktige veivalg.

Resirkuleringsteknologien har de siste 15 årene blitt tatt stadig mer i bruk i norsk fiskeoppdrett og internasjonalt. I takt med økende utfordringer knyttet til særskilt lakselus i tradisjonelle åpne merder i sjø, har behovet for andre produksjonsmåter presset seg frem. En av disse produksjonsmåtene er landbasert oppdrett av laks frem til slaktestørrelse i lukkede anlegg på land. De siste årene har det blitt igangsatt en rekke nye akvakulturanlegg basert på denne teknologien både i Norge og i utlandet og det er i dag en rekke anlegg på tegnebrettet inkludert Averøy Industripark AS.

Erfaringene fra den økte aktiviteten knyttet til tradisjonelle resirkuleringsanlegg, hvor produksjonen i all hovedsak har vært fokusert mot stor postsmolt, har vist at det foreligger en rekke drifts- og helserelaterte utfordringer knyttet til denne teknologien. Erfaringene fra de siste 5 årene både i Norge og internasjonalt har vist at prosesstekniske utfordringer har vært av større betydning for fiskens velferd og helse enn infeksjøs sykdommer. Dette har i all hovedsak dreid seg om en rekke forskjellige forgiftningsepisoder som ofte har hatt et svært akutt forløp og omfattende dødelighet som resultat. Disse utfordringene har ført til en betydelig redusert forutsigbarhet i slike produksjoner og en dertil tilhørende økt risiko for svært høy dødelighet og sågar totalhavari i resirkuleringsanlegg på avdelingsnivå. Slike akutte forgiftningsepisoder har i stor grad vært knyttet til gassen hydrogensulfid (H₂S), episoder med sterk lut eller syre og gassovermetning knyttet til nitrogengass. Forgiftningsepisoder med gassen karbondioksyd har også inntruffet og manglende evne til å fjerne karbondioksyd i driftsvannet har vært en av de viktigste flaskehalsene innen resirkuleringsteknologi i laksenæringen de siste årene. Endrede produksjonsrutiner har i tillegg ført til forsterkede og endrede sykdomsbilder hos laksefisk i mange av dagens moderne resirkuleringsanlegg. Det er særlig de endrede rutinene knyttet til smoltifisering som har gitt

større usikkerhet knyttet til fiskens evne til å osmoregulere og forsterket tidligere utfordringer knyttet til lidelsene hemoragisk smoltssyndrom (HSS) og nefrokalsinose (nyreforkalkninger).

Når det gjelder de infeksjøs utfordringene knyttet til å produsere frem laks i lukkede systemer basert på prinsippet om å resirkulere vann, så har erfaringene de siste 10 år vist at disse har blitt stilt i skyggen av de mer prosess tekniske utfordringene. I tidlig fase av resirkuleringsboomen var sykdommen yersiniose et betydelig problem og mye på bakgrunn av oppsvinget i bruken av resirkuleringsteknologi fikk sykdommen en renessanse tidlig på 2010-tallet. Økningen i sykdomstilfeller både i ferskvann og sjøvann ble i denne perioden nesten utelukkende knyttet til nye anlegg basert på resirkuleringsteknologi. Det var en frykt i næringen for at IPN-viruset skulle by på en stor utfordring i slike resirkuleringsanlegg, men utviklingen av QTL-teknologi i 2009 av AquaGen, hvor man fant frem til laksegen som kunne kobles til IPN-resistens, bidro på få år til å redusere antallet IPN-utbrudd og alvorlighetsgraden av dem til et minimum.

Rent prinsipielt er en av hovedutfordringene knyttet til oppdrett av laksefisk i resirkuleringssystemer at flere forskjellige sykdomsagens kan overleve og trives godt i et lukket biofiltersystem og at disse sykdomsfremkallende agens kan være svært vanskelig å fjerne når de først har kommet inn. I et resirkuleringsanlegg er det slik at smittestoff som kommer inn i anlegget også blir resirkulert. Dette innebærer at patogener som kommer inn i anlegget blir værende og til og med kan oppformerer og bli i anlegget over flere generasjoner med fisk. Bakterier uten behov for en levende vert for sin formering, virus med et slikt behov. Virus og bakterier kan imidlertid overleve lenge i miljøet uten vert og infisere fisk via driftsvannet eller når verter blir gjort tilgjengelig etter en brakkleggingsperiode med utilstrekkelig vask og desinfeksjon. Vi kaller ofte slike fastboende agens for «husstammer».

Erfaringer og screening av resirkuleringsanlegg de siste årene har vist at en rekke patogener forefinnes i biofilteret og det øvrige prosess-systemet i resirkuleringsanlegg. Slike patogener kan enten utløse sykdom på fisk som oppholder seg i anlegget eller de kun tar oppholdssted i kroppen til fisken slik at denne sykdommen først bryter ut en stund etter at fisken er sjøsatt. Dette har vært aktualisert de siste to årene med henblikk på sykdommene ILA og HSMB. Det bygges fort opp en biofilm på alt av utstyr i slike anlegg og bakterier og virus kan overleve lenge i slike overflater. Det er en klar risiko for at agens som først er kommet inn i et anlegg vanskelig lar seg fjerne. Spesielt hvis man ikke har rutiner for å nullstille eller sanere biofilteret med jevne mellomrom. I enkelte resirkuleringsanlegg er biofilteret hellig og tas aldri ned. Slike produksjonsrutiner vil basert på dagens erfaringer ikke være forenelige med en bærekraftig drift, så lenge rogn og yngel som settes inn i anlegget er bærere av virus og bakterier som trives i et slikt produksjonsmiljø.

Averøy Industripark skal etablere en produksjonsteknologi som ved ferdigstilling gjør det mulig å produsere laksefisk frem til en slaktevekt rundt 5 kg. Dette stiller store krav til produksjonsstabilitet og biosikkerhet, da negative hendelser i sluttfasen av produksjonen kan få svært alvorlige biologiske og økonomiske konsekvenser. Biosikkerhet er derfor et nøkkelområde for driften og må være en bærebjelke for alle prosessstrinn fra mottak av rogn til levering av slaktefisk. Averøy Industripark har valgt en produksjonsmåte og en prosess-strategi som skal ta høyde for disse utfordringene. Averøy Industripark AS skal i forbindelse med denne etableringen ta i bruk en moderne og banebrytende resirkuleringsteknologi hvor forbruket av nytt vann er minimalt og betydelig mindre enn i vanlige resirkuleringsanlegg. Anlegget skal bygges i tråd med et såkalt «Zero water Exchange System». Dette utvider mulighetsrommet betydelig innenfor vannbehandling, siden det er svært små mengder nytt vann som skal inn i og brukt vann som fjernes per tidsenhet fra produksjonen. Et av de største biosikkerhetsmessige målene med dette prosjektet har vært å introdusere nye kombinasjoner av rense- og desinfeksjonsteknologi som skal fjerne alle

kjente fiskepatogene parasitter, virus og bakterier fra inntaksvannet både fra ferskvannskilden og sjøvannskilden samt på det avløpsvannet som forlater bedriften.

Ytterligere redusert bruk av nytt vann i produksjonen reiser selvfølgelig andre utfordringer til vannbehandling under produksjonen enn det som er tilfelle for tradisjonelle resirkuleringsanlegg, men disse skal være godt ivaretatt i forhold til de utstyrsvalg som er besluttet. Det er gjort en rekke tiltak på flere områder som er beskrevet i denne biosikkerhetsplanen og som samlet skal gjøre fisken på det nye anlegget på Averøya mindre utsatt for sykdommer gjennom hele produksjonskjeden. Averøya Industripark AS ser det som svært avgjørende for helseutviklingen i «sjøfasen» av produksjonen at den smoltifiserte fisken som overføres fra ferskvannsdelen av produksjonen er sykdomsfri og at den ikke er bærer av sykdomsagens som kan slå ut i sykdom senere i sluttfasen av produksjonen. Disse to fasene av produksjonskjeden er også derfor fysisk adskilt fra hverandre og skal fremstå som isolerte smitteenheter.

Biosikkerhet, fiskehelse og fiskevelferd skal stå i fokus for driften og det er derfor lagt opp til et omfattende kompetansehevingsprogram for de ansatte i produksjonen som vil spisses mot resirkulering generelt og den valgte produksjonsplan spesielt, i forhold til de utfordringer vi kan komme til å støte på.

B. GEOGRAFISKE FORHOLD

Redegjørelse og ivaretagelse av evt. utfordringer relatert til plassering av anlegget i forhold til landarealer, sjø, ferskvann og annen akvakulturvirksomhet.

Områdebeskrivelse

Averøy Industripark AS er lokalisert i Smedvågen i Averøy kommune i Møre og Romsdal fylke. Smedvågen ligger på vestsiden av Bremsnesfjorden, som er en 12 km lang fjord mellom Averøya i vest og Kristiansund og Frei i øst. Oversiktskart over området er vist i Figur B.1. Bremsnesfjorden er åpen mot Storbhavet i nord mellom Stavneset og Klubbneset. Den har også åpning mot nordøst gjennom Sørsundet og videre gjennom Nordsundet, samt østover over Bolgsvaet gjennom Omsundet på nordsiden av Frei.



Figur B.1 Kart over Bremnesfjorden (hentet fra Fiskeridirektoratets kartverk)

Selskapet disponerer et større planert industriområde som er omdisponert til akvakultur i en nylig avsluttet reguleringsplanprosess. Averøy Industripark AS har eiendomsretten til arealet som er nødvendig for å etablere akvakulturvirksomhet på området. Inngangen til selve anleggsområdet er i dag utstyrt med en port.



Figur B.2: Kart over Kjerkesvågen og Smedvågen i Bremnesfjorden (hentet fra Fiskeridirektoratets kartverk). Anleggets lokalisering er merket med grønt.



Figur B.3: Kart over industriparkens anleggsområde inkludert arealer som vil fylles ut i sjø.

Det er etablert en egen adkomstvei for Averøy Industripark AS med egen avkjørsel fra fylkesveien som ikke er i kontakt med eksisterende infrastruktur. Anleggsområdet til Averøy Industripark AS vil bli sikret med et gjerde slik at uønsket trafikk med dyr eller mennesker kan unngås. I tillegg vil hver driftsbygning bli områdesikret med gjerde slik at det ikke skal være noen risiko knyttet til tilfeldig trafikk mellom produksjonsbygningene. Dette for å sørge for at alle selskapenes produksjonsenheter kan fremstå som smittemessig adskilte enheter uten felles kontaktpunkter med muligheter for overføring av smitte. Slik plantegningene fremstår i dag vil driftsbygningene til Averøy Industripark AS internt organiseres slik at alle porter og dører samt ut- og innluftsug tilhørende ventilasjonssystemer bli plassert i god avstand fra hverandre.

For å sikre at det ikke skal være mulig med vannkontakt eller aerosolkontakt mellom anleggene vil det i området som terrengmessig grenser mellom driftsbygninger bli etablert en bred dreneringssone i grunnen mellom anleggene. Hensikten bak disse tiltakene er å redusere smitterisikoen mellom driftsbygningene. Det fysiske tiltakene i bygningsmassen samt dreneringssonen som vil bli opparbeidet i grunnen mellom driftsbygningene, skal være omfattende, sterke og brede nok til å håndtere en evt. karsprekk internt i en driftsbygning.

Oversikt over vannkilder

Ferskvann

Det er planlagt å benytte ferskvann fra Nordre Averøy Vannverk til produksjonen. Det er forventet at denne prosessen skal være avklart i god tid før igangsetting av bygging tiltar og at tillatelse fra NVE blir gitt. Det er for sikkerhets skyld lagt opp til en reserveløsning hvor det ferskvannet som er nødvendig for produksjonen blir produsert fra sjøvann gjennom omvendt osmose, et såkalt RO-anlegg (Reverse Osmosis). Det er planlagt bruk av ferskvann til klekkeri, yngel og smolt frem til 150 grams størrelse. Det planlagte RO-anlegget skal dekke ferskvannsbehovet samt en redundans på over 100 %. Det å produsere ferskvann gjennom avsalting av sjøvann er en veletablert prosess benyttet av en rekke forskjellige industrigrener inkludert landbaserte akvakulturanlegg. Omvendt osmose er blant annet en kjent og velbrukt teknologi for å produsere drikkevann fra sjøvann og brakkevann.

RO-membraner er tette filmer, med porestørrelser mindre enn 1 nm (0,001 µm). Tilnærmet alt løst materiale holdes tilbake. Dette inkluderer alle kjente fiskepatogene virus, bakterier og parasitter. Porestørrelsen er så liten at til og med større ioner holdes tilbake. Slik kan man lage en ferskvannslignende kvalitet av et sjøvann som utgangspunkt. Hva som kommer gjennom disse membranene er basert på løselighet og diffusjon i selve membranmaterialet. Trykk er drivkraften for separasjonen, og i RO-anlegg må trykk fra 30 til 85 bar benyttes.

Det planlagte anlegget har en kapasitet på 600 kubikk i døgnet, estimert ferskvannsforbruk for anlegget er ca. 272 kubikk i døgnet. Anlegget består av to adskilte enheter som hver har en kapasitet på 300 kubikk i døgnet. RO-anlegget forsyner et ferskvannsbasseng som har en kapasitet til å forsyne anlegget med ferskvann i et døgn hvis begge RO-anlegg skulle havare.

Averøy Industripark AS er imidlertid planlagt å bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet skal leveres fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Nordre Averøy Vannverk benytter membranteknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranene. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. pH justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at pH ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc. mot korrosjon som oppstår ved lav pH. En slik vannglasstilsetning vil i tillegg stabilisere driftsvannet i produksjonen til Averøy Industripark og blant annet gjøre evt. metaller mindre tilgjengelige for fisken.

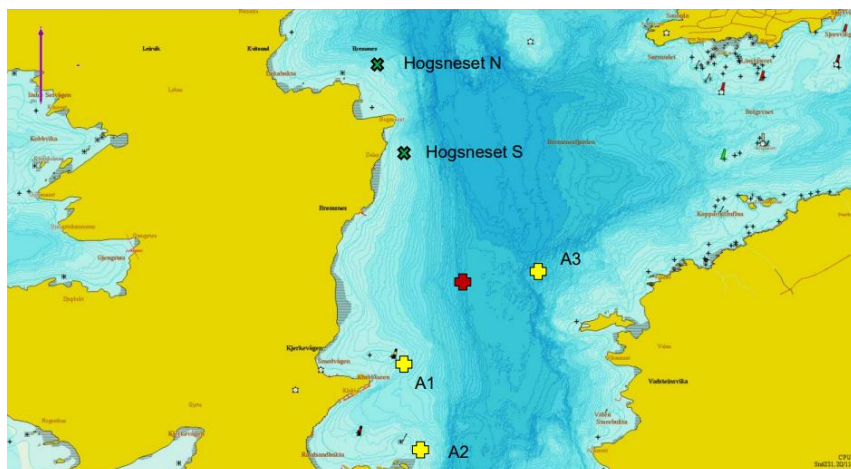
Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca. 70 m³ pr time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 11,3 m³ pr time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved vårt anlegg. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgnkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra NIVA i Bergen (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Sjøvann

Sjøvann skal benyttes på fisken i produksjonen etter at den har blitt smoltifisert. Det totale behovet for sjøvann ved maks produksjon er beregnet til 2300 l per minutt eller 138 000 l/time. Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med to parallelle ca. 1000 m lange sjøvannsledninger som går ned til et vanddyp på 130 m. Sjøvannsinntaket er med dette sikret gjennom at to parallelle rør går ut til inntaksstedet og at det er to adskilte pumpestasjoner på land for å sikre redundans. Hver sjøvannsledning har en rørdimensjon på 250mm. Kapasiteten blir på 5 kubikk per minutt. Dette for å ha en mulighet til å «flushe» kar og å ha en sikker «back up» i perioder der enkelte biofilter er ute av drift.



Planlagt posisjon for inntak av sjøvann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon, inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter/time. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene.

C. FYSISKE FORHOLD INNENFOR ANLEGGETS EGET DRIFTSOMRÅDE

Redegjørelse rundt avgrensninger av bygninger, avdelinger, kar og sluser

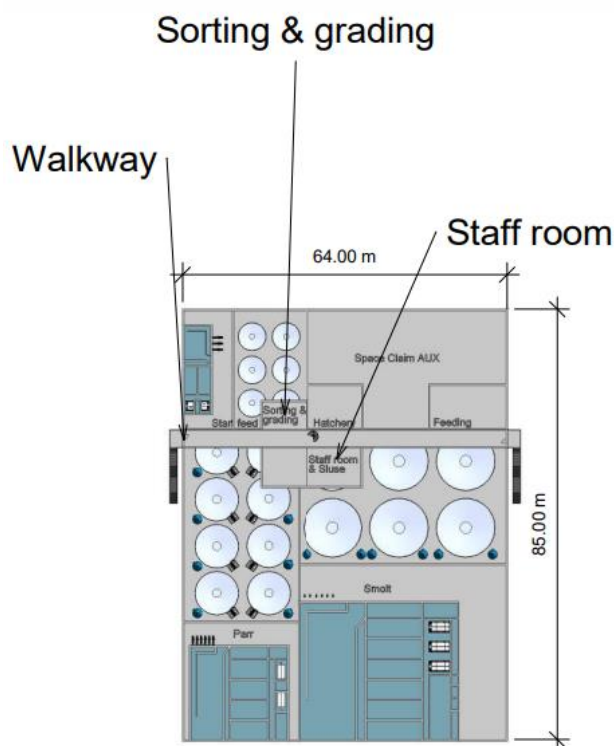
Averøy Industripark AS legger opp til en gradvis utbygging, der det først etableres et smoltanlegg som skal benytte seg av resirkuleringsteknologi basert på et driftsvann av både fersk- og sjøvannskvalitet og deretter to matfiskproduksjonsanlegg basert på et høysalinitetsdriftsvann. Klekkeriet vil bli kjørt som gjennomstrømming siden vannforbruket på denne avdelingen er begrenset uansett. Det er planlagt en produksjon på 20 000 tonn matfisk årlig. Denne skal sikres gjennom inntak av 4 batcher med rogn på hver 1 500 000 individer i året. For å ivareta fiskens velferd og utvikling på best mulige måte vil driftstemperaturene ligge mellom 8-12 grader gjennom hele produksjonen.

Bygningsmassen og driftsplanen er strukturert i forhold til et «All in All out» prinsipp, som skal sørge for en mest mulig smittesikker produksjon uten blanding av grupper og kar som ikke har stått sammen tidligere gjennom hele produksjonen fra rogn frem til slaktefisk. Bygningsmassen er delt inn i tre nivåer;

- Dette innebærer at hvert av disse tre nivåene innenfor hvert av de 6 produksjonstrinnene er karakterisert som en egen smitteenhet og at de rent hygienemessig vil bli behandlet deretter. Dette innebærer slusing til hvert av disse nivåene og mellom hver av de underordnede enhetene ned til det siste nivået som er biofilterenhetene. Ved endt produksjon har man muligheten til full nedvask og desinfeksjon før neste fiskegruppe tilhørende neste batch tas inn. Det er lagt inn brakkleggingsperioder i driftsplanen som muliggjør dette.



Figur C1: Skisse over anleggets plassering på industriområdet med planlagte avdelinger.



Figur C2: Tegning som viser hvordan smoltanlegget er oppbygd med klekkeri, startfôringsavdeling, yngelavdeling og smoltavdeling.

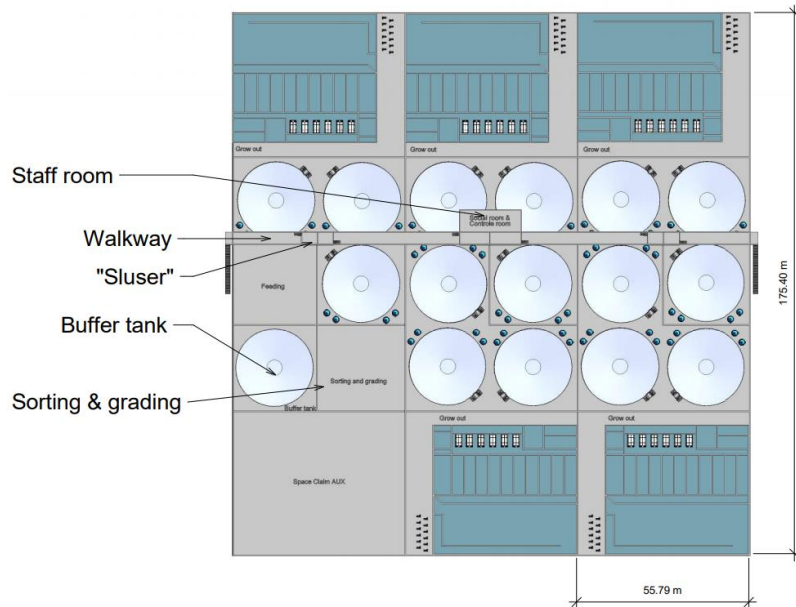
Smoltanlegget består av et klekkeri, en startfôringsavdeling, en yngelavdeling og en påvekstavdeling. Her skal fisken produseres frem til en størrelse på omtrent 150 gram. Alle avdelinger sett bort fra klekkeriet skal benytte resirkuleringsteknologi og det vil være ferskvann med et tilpasset sjøvannstilskudd alt etter fiskens utviklingsstadium for å bedre driftsvannets stabilitet og kvalitet. Fisken skal føres frem til smolt gjennom tradisjonell smoltifisering ved hjelp av lysstyring og når fisken er konstatert sjøvannsdyktig (ved ca. 75 gram) vil den bli satt på et driftsvann med 15 i salinitet.

Klekkeriet består av totalt 6 klekkeskap hvor hvert av karene får 250 000 rognkorn å ta vare på. Totalt 1 500 000 rognkorn. Her vil fisken stå gjennom selve klekkingen og plommesekkfasen til den er startfôringsklar.

Når fisken er klar for startfôring blir den flyttet til startfôringsavdelingen via et lukket rørtransportsystem. Et klekkeskap blir et startfôringskar. Dette innebærer at det er 6 startfôringskar i avdelingen. Karene er 6 meter i diameter og har 2 meters kardybde. Her blir fisken stående til den er 10 gram, hvorpå den blir sortert ut til en yngelavdeling. I forbindelse med denne sorteringen vil rundt 15 % av den minste yngelen bli bedøvd og destruert av velferdsmessige årsaker slik at man sitter igjen med rundt 210 000 individer per kar.

I yngelavdelingen vil det være 6 kar med en diameter på 8 meter og en karhøyde på 3 meter. Når fisken når 15 gram vil den bli satt på vinterkjøring med 12:12 dag og natt for 7 uker. Fisken skal da ligge rundt 40 gram i snittvekt hvorpå den blir vaksinert og flyttet til en påvekstavdeling.

Påvekstavdelingen er utstyrt med 6 kar med en diameter på 12 meter og en kardybde på 4 meter. Her vil fisken bli stående på et driftsvann som i første omgang frem til fisken er konstatert sjøvannsdyktig ved 75 gram er på rundt 2 i salinitet, gradvis bli økt til 15 i salinitet. Slik blir den stående frem til fisken når 150 gram hvorpå den blir sortert, flyttet og splittet til 4 identiske tilvekstavdelinger for smålaks.



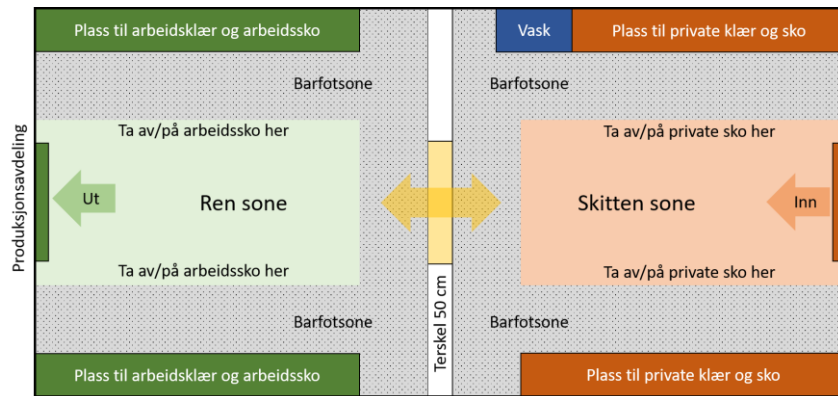
Figur C3: Skisse viser oversikt over matfiskproduksjonsavdelingene som vil bli bygget identiske.

Hver av disse fire tilvekstavdelingene for smålaks består av 3 kar med en diameter på 25 meter og en vandedybde på 6 meter. Det vil i denne fasen av produksjonen stå ca. 100 000 fisk i hver av disse 25-metringene. Her vil fisken stå til den når 1200 gram i snittvekt hvorpå hvert kar vil bli splittet til fire avdelinger i en slaktefiskbygning bestående av hver 3 kar med en diameter på 25m. Totalt 12 kar. Her burde det vært slik at hvert av de 12 karene i smålaksavdelingen ble splittet til en ny slaktefiskavdeling og tre kar for å ivareta «All in All out» prinsippet.

Dette siste produksjonstrinnet er matfiskproduksjonsavdelingene. Disse er identiske og vil ta fisken frem til slaktevekter mellom 3,5 og 5,3 kg. Fisken vil bli tatt ut til slakt fortløpende fra snittvekten er nådd 3,5 kg for å holde tettheten innenfor et forsvarlig nivå som i denne avdelingen vil være maks 38,5 kg slik at man ivaretar trivselen og velferden til fisken.

Produksjonsbygninger knyttet til moderne landbasert og lukket produksjon av laks frem til slaktestørrelse har så langt vært designet med det formål å isolere produksjonen fra omverdenen. Dette for å unngå inntak og spredning av smitte og samtidig ha full kontroll på miljøet inne i anleggene. Vann og luft samt gassinnholdet i luften utgjør et viktig miljø for fisken og disse miljøfasene står i sterk sammenheng med hverandre. Luftkvaliteten i produksjonsrom påvirker vannkvaliteten i karene i produksjonsrommet og omvendt. Sirkulasjon og ventilasjon av luften i slike anlegg er igjen påvirket av sammensetningen av luft og gasser i atmosfæreluften som omgir anlegget. I en produksjonssammenheng er det viktig at dette forholdet kan styres av kompliserte ventilasjonssystemer. Dette er nødvendige systemer som må kunne styres for å kunne gi fisken optimale driftsbetingelser som ikke gir negative effekter i forhold til helse og velferd. Disse systemene forutsetter at bygningene må kunne lukkes tilnærmet hermetisk. Dette er årsaken til at moderne landbaserte anlegg er kompakte og relativt rigid oppbygde

konstruksjoner med et utseende som mer minner om fengsler eller sikringsanstalter. Det er inngjerdede store høye bygningsmasser av solid materiale uten vinduer i store deler av anleggene. Årsaken til at slike anlegg ofte bygges inn under ett tak er at man ønsker å redusere transportavstand mellom avdelinger og operasjonsområder for å minske risiko knyttet til håndtering og flytting av fisk og samtidig ha full kontroll på miljøet. Hensynet til smitterisiko er ivarettatt gjennom opprettelsen av trygge «tette» avdelinger og slusing mellom disse.



Figur: Skisse av sluse på 2x4 meter

Driftsområdet til Averøy Industripark AS er bygd rundt samme mal og med de samme formål hva sikkerhet, miljø og fiskehelse angår. All produksjon hos Averøy Industripark AS foregår under tak. Anlegget består av 2 produksjonsbygg. Et settefiskanlegg og et slaktefiskanlegg. Disse byggene er igjen adskilt i egne smittemessige avdelinger og biofilterenheter adskilt fysisk av bygningsvegger og sluser. Produksjonsbyggene har solide vegger og det er kun vinduer i den delen som huser administrasjonen og arealet for kantine, garderobes, verksted og lager. Alle portåpninger og dører er vendt i smittemessig fordelaktige retninger. Dersom det skjer et uhell og det kommer hull på ytterveggen i et kar i en avdeling, vil vann og fisk fra et eventuelt karhavari ikke nå ut til en annen avdeling så lenge ikke hovedskillevegg blir skadet i samme hendelse. Hver avdeling som rommer disse karene vil bli sikret med ringmur (betongbrystning), som er høy nok til å holde vannet i avdelingen inntil det får avløp. Ventilasjonen er styrt sentralt og alle luftinntak og luftuttak er plassert i deler av bygget som vender vekk fra andre produksjonsbygg.

Dødfisk vil bli håndtert på karnivå og tilført et lukket vakuumsystem for fjerning av all dødfisk fra den enkelte avdeling. Denne dødfisken samles opp sentralt i et eget rom i hvert produksjonsbygg. Alt biologisk materiale fra produksjonen vil bli ensilert og behandlet i tråd med gjeldende regelverk og fraktet bort fra anlegget til et godkjent mottak. Eller brukt på anlegget til annen industri.

Slamhåndteringen er tenkt løst lokalt på industriområdet. Normalt vil slam utgjøre 0,25-0,3 kg TSS per kg fôr. Med et tørrstoffinnhold etter prosessering på 10 % vil dette utgjøre rundt 2,5 kg slam per kg fôr. Slammet blir deretter utsatt for en ytterligere tørkeprosess og ved full tørking vil tørrstoffinnholdet være rundt 95 %.

Alt vann brukt i produksjonen eller spillvann som avrenning fra gulv blir samlet opp og går til et eget renseanlegg for avløpsvann. Avløpsvannet består i hovedsak av to elementer, spedevannstilsettingen og spylevann fra de mekaniske partikkelfiltrene, som vil ha en lysåpning på 40 - 60 µm. Avløpsvannet er således renses før det blir sluttbehandlet med Ozon før utslipp til sjø. Den totale mengden avløpsvann er beregnet til 2 500 liter per minutt.

Følgende tallgrunnlag er lagt til grunn for beregning av «utslipp», der en tar utgangspunkt i at en har full kontroll over innsatsfaktorene:

- Fôret inneholder 6,4 % (64 kg) nitrogen og 1,05 % (10,5 kg) fosfor.
- Fisken inneholder 2,76 % (27,6 kg) nitrogen og 0,38 % (3,8 kg) fosfor.

Med en antatt fôrfaktor på 1,1 vil det medgå 22.000 MT fôr til en brutto produksjon av 20.000 MT fisk. En samlet årlig produksjon på 20.000 MT fisk med et fôrforbruk på 22.000 MT fôr gir da under forutsetning av at det etableres et RAS-II anlegg med denitrifikasjon og fosforfelling følgende utslipp til sjø, som det søkes om utslippstillatelse til:

Totalt utslipp fra anlegget i Smedvågen	Nitrogen	Fosfor	Karbon
Rensegrad i standard RAS-anlegg	60%	80%	85%
Utslipp til sjø	342,4 MT	31,0 MT	396 MT

D. DRIFTSMESSIGE FORHOLD

Redegjørelse av produksjonsplan i forhold til god ivaretagelse av smittevernmessige prinsipper, brakkleggingsperioder, («Alt inn alt ut»).

Det planlegges en årsproduksjon på 20 000 MT som omfatter en produksjon på 4,8 mill smolt rundt 150 gram og en matfiskproduksjon basert på samme smoltgrunnlag frem til fisken er i størrelsesintervallet 3-5 kg. Produksjonsplanen innebærer at det tas inn 4 rognpartier a 1 500 000 rognkorn i året.

Arbeidet med en driftsplan som ivaretar Averøy Industripark AS sitt mål om en forutsigbar og bærekraftig produksjon både hva miljø og fiskevelferd angår, har vært grunnleggende for valg av løsninger innenfor så vel driftsstrategi, produksjonsløsninger, produksjonsutstyr og bygningsmasse. Utgangspunktet har vært at produksjon av laks er en biologisk produksjon og at dette skal være retningsgivende i forhold til de valg som tas. Det er benyttet allerede eksisterende produksjonsstrategier som har bevist i felt at de fungerer på produksjonen frem til postsmolt. For matfiskproduksjonens del foreligger det per i dag lite anvendt erfaring fra felt i Norge og man har derfor måtte søke kunnskap i utenlandske miljøer som har erfaring med produksjon av laksefisk opp til slaktestørrelse i landbaserte anlegg basert på resirkuleringsteknologi.

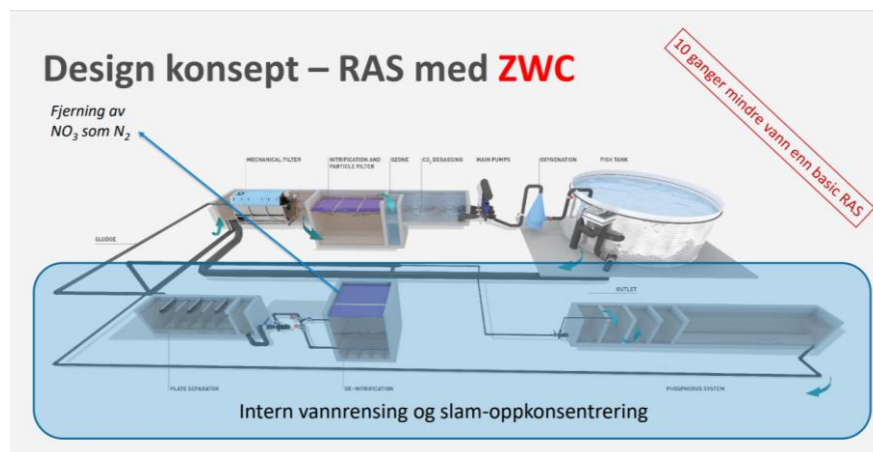
Biosikkerhet er et nøkkelord i forhold til muligheten for å kunne drive trygt og sikkert år etter år. Averøy Industripark AS bygger et helt moderne anlegg som tilfredsstiller alle krav til generasjonsadskillelser og smittebarrierer nedfelt i norsk lovgivning. Selskapet har lagt opp til en produksjonsplan som skal ivareta en rekke smittevernmessige prinsipper. Produksjonsplanen er basert på et «Alt inn- alt ut» prinsipp, som innebærer at driftsteknikken skal være basert på prinsippet om «isolert oppdrett». Alle driftsavdelinger er fysisk og driftsmessig atskilt fra hverandre og knyttet til

hverandre gjennom en såkalt smittesluse. Driften er i tillegg basert på prinsippet om «enveistrafikk», hvor ingen lakseindivider blir ført tilbake i produksjonsrekkefølgen gjengitt under;

- 1. klekkeri
- 2. Startfôring
- 3. Yngel
- 4. Påvekst
- 5. Smålaks
- 6. Slaktefisk

Basert på erfaringer fra Færøyene og enkelte selskaper i Norge, vil det ved første sortering av hver fiskegruppe ved 10 grams snittvekt, gjennomføres en utsortering av de aller minste individene som ikke ser ut til å takle en oppdrettssituasjon, hvorpå de blir bedøvet og avlivet. Dette gjøres for å unngå å ta med seg små og svake individer videre i produksjonen og utsette dem for fremtidige unødvendige lidelser og dårlig velferd. Dette vil også føre til en jevnere vekst mellom de gjenværende individene og slik unngår man unødige sterke hierarkidannelser som påvirker fiskens livskvalitet senere i produksjonen negativt.

Alle produksjonstrinn vil gjennomføres under en resirkuleringsteknologi kjent som «RAS-II eller «Zero Water Exchange System (ZWC)». Dette er den siste utviklingen innenfor resirkulering og baserer seg på at svært lite nytt vann tilføres produksjonsenheten per tidsenhet. Betydelig mindre enn hva som er tilfellet for et standard resirkuleringsystem. Det er i dette tilfellet en resirkuleringsgrad på 99,9 %.



Figur D.1: Skisse over prosess ZWC

Hovedforskjellen mellom et standard resirkuleringsanlegg og ZWC-anlegg er at et ZWC-anlegg benytter omtrent 10 % av den vannmengden som et tradisjonelt anlegg benytter. For å muliggjøre dette må ytterligere avfallsstoffer fra fisken fjernes. Dette skjer ved hjelp av tre ekstra funksjoner, en såkalt plateseparator for å fjerne suspenderte partikler, et fosforsystem for å fjerne oppløst fosfor og til slutt et denitrifikasjonssystem for å omdanne nitrat til nitrogengass. Disse tre enhetene representerer et internt vannrennings og slam-oppkonsentreringsanlegg.

Et ZWC-system muliggjør altså en relativt stor produksjon basert på bruken av svært lite vann. Det at vi bruker svært lite nytt vann i minuttet og skiller ut like lite brukt vann i minuttet gjør at det åpner seg for helt nye metoder for å rense, desinfisere eller sågar sterilisere både inntaksvann og avløpsvann. Samlet vannforbruk av ferskvann ved full produksjon i alle avdelinger er i denne produksjonen beregnet til ca. 190 l/min eller 11 300 l/time. Når det gjelder behovet for sjøvann, er dette under de samme forutsetningene beregnet til 2 300 l/min eller 138 000 liter/time.

Produksjonsplanen skisserer et regime hvor man tar inn ca. 1,5 mill rognkorn av laks 4 ganger i året. Rogna oppholder seg ca. 10 uker i klekkeriet før den blir flyttet til startfôringsavdelingen og fordelt på 6 kar med omtrent 250 000 individer i hvert kar. Fisken blir stående i startfôringsavdelingen i ytterligere 14 uker før den blir sortert og flyttet til Yngelavdelingen med en snittvekt rundt 10 gram. Her blir den stående i 10 uker til den når 40 gram og deretter sortert og vaksinert til påvekstavdelingen. Denne fisken vil bli lysstyrt for smoltifisering i samme avdeling og holdt på mørkekjøring de siste 6 ukene i avdelingen før fisken når 40 gram. Etter vaksinerings blir lyset slått på igjen og man er tilbake til 24 timers lys inntil fisken er passert ca. 75 gram hvorpå den skal være i smoltvinduet og blir satt over på høysalinitets driftsvann med en salinitet på 15-35 promille. Den blir stående i denne avdelingen i 11 uker inntil den blir 150 gram hvorpå den sorteres for siste gang og flyttes over til et nytt bygg, matfiskproduksjonsbygget hvor den blir satt i smålaksavdelingen og fordelt på flere kar. Her blir fisken stående frem til den er 1200 gram i snittvekt. Produksjonsløpet i denne avdelingen tar uker. Deretter flyttes fisken over til den siste avdelingen, nemlig slaktefiskavdelingen, hvor den blir stående i ulik lengde avhengig av når den blir slaktet ut. Når snittvekten er nådd 3 500 gram vil de første individene bli tatt ut til slakt og dette vil fortsette samtidig som man beholder det ønskede biomassetaket inntil karet tømmes helt. På dette tidspunktet vil de siste individene ha nådd en snittvekt på 5 300 gram.

Produksjonsplanen er lagt på bakgrunn av faste rammer innenfor en rekke velferdsparametre for å sikre en så trygg og stabil produksjon som mulig. Disse rammene er basert på produksjonserfaringer fra en rekke anlegg samt det siste av forskning og utvikling innenfor produksjon av laks.

	Avdeling	Størrelse	Varighet	Varighet	Temperaturområde	Antall enheter	Kubikk	Hydraulikk	Antall fisk	Tetthet	Saltvann
	Klekkeri	0-0,2 g	70 dager	10 uker	5-11,5 grader	6xskap			250 000/skap	Øvre skuffer	0,25 i salinitet
	Startfôring	0,2-10 g	97 dager	14 uker	11,5-14 grader	6x5m h= 2	3x40m3	h/D =0,4	242 500/skap	50 kg/m3	0,25 i salinitet
	Yngel	10-40 g	73 dager	10 uker	10-12 grader	6x8m h= 3	3x150m3	h/D= 0,375	210 000/kar	44,5 kg/m3	0,5 i salinitet
	Påvekst	40-150 g	80 dager	11 uker	12 grader	6x12m h= 4	3x450m3	h/D= 0,33	205 000/kar	54,7 kg/m3	2/35 i salinitet
	Smålaks	150-1200 g	150 dager	21 uker	12 grader	4x3x25m h=6	3x3000m3	h/D=0,24	100 000/kar	40 kg/m3	35 i salinitet
	Slaktefisk	1200-5300 g	230 dager	33 uker	12 grader	4x4x3x25 h=6	3x3000m3	h/D=0,24	33 000/kar	38,5 kg/m3	35 i salinitet

Figur D.2: Nøkkeltall produksjon

	Avdeling	Størrelsesintervall	Temperatur	Lysforhold	Salinitet
	Klekkeri	0,2 gram	4-11,5 grader	Mørke	0
	Startfôring	0,2 -10 gram	12 grader, Kortvarig opp mot 14 grader	Fullt lys	0,2-0,5
	Yngel	10-40 gram	12 grader, 10 grader ved vinterkjøring	10-15 gram fullt lys, 15-40 gram vinterkjøring	0,5
	Vaksinering	40 gram	10 grader	Vinterkjøring	0,5
	Påvekst	40-150 gram, smoltifisert	12 grader	Vinterkjøring til en uke etter vaksinerings, de 0,5 frem til fullt lys, deretter opp til 2, over 15 ved sjøvannsdryktighet	35
	Smålaks	150-1200 gram	12 grader	Fullt lys	35
	Slaktefisk	1200-5300 gram	12 grader	Fullt lys	35

Figur D.3: Nøkkeltall produksjon med driftskommentarer

Skrettings tilvekst-tabell for laks under 300 gram er lagt til grunn for vekstutviklingen og erfaringer fra landbaserte anlegg i Norge og utlandet for tilvekst etter 300 gram. Totalt vil en produksjonssyklus fra innlegg av rogn frem til slakt med en størrelse på 5,3 kg ta ca. 99 uker eller 1 år og 11 måneder.

E. SMITTEBEGRENSENDE RUTINER OG UTSTYRSLØSNINGER

Plan over vask og desinfeksjon, sanering av biofilter, behandling av inntaksvann (sjøvann, ferskvann), avløpsvann og biologisk materiale.

Desinfeksjon er en meget vesentlig del av alle zoo-sanitære strategier, i det den tjener til å uskadeliggjøre de uønskede mikroorganismene eller å redusere forekomsten til et nivå under den infektive dose. Det er i denne forbindelse også viktig å skille mellom desinfeksjon og sterilisasjon, hvor man i sistnevnte begrep forstår at alle stadier av infeksjøs mikroorganismer; hvilestadier etc. – drepes. Hensikten med desinfeksjonen er altså ikke nødvendigvis å fjerne alle sykdomsfremkallende organismer, men å redusere deres mengde eller levedyktighet til et nivå hvor de ikke lenger kan forårsake infeksjon.

Det finnes en rekke forskjellige desinfeksjonsmidler og metoder. Vanligst er det å inndele disse i følgende grupper: - Fysiske, som filtrering, varme og UV-bestråling - Kjemiske, som ozon, peroksyder, halogener - pH-regulering for eksempel ved syre eller lut - Bølger/stråler, såsom elektromagnetiske, akustiske eller radioaktive stråler.

I store trekk er det UV-bestråling eller behandling med ozon som er hyppigst anvendt ved behandling av inntaksvann til akvakulturanlegg, eller en kombinasjon av disse. Forut for denne behandlingen er en filtrering av vannet av stor betydning for effekten av vannbehandlingen uavhengig av metode. Spesielt er det vannets innhold av partikler og humusstoffer som kan skape problemer. Humusstoffer vil øke fargetallet og dermed redusere lysets gjennomtrengelighet, og UV-anlegget må da dimensjoneres større for å oppveie den nedsatte UV-transmisjonen. For ozon-behandlingen medfører humusstoffene et økt forbruk av ozon og dermed må doseringen av ozonet økes for fortsatt å gi den ønskede effekt. For begge desinfeksjonsmetoder gjelder det at et høyt innhold av partikulært materiale dels vil gi "gjemmesteder" for mikroorganismene og dels vil hemme effekten for UV ved å redusere fremkommeligheten for UV-strålene, -og for ozons vedkommende ved direkte å forbruke ozonet. Vannet må derfor i de fleste tilfeller filtreres mekanisk før desinfeksjonen og jo finere filtrering jo bedre sikkerhet blir det på den etterfølgende behandling. Dette er overbevisende demonstrert i et forsøk utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) hvor det ble vist en forskjell i bakterietall etter UV-bestråling, på mer enn 3 log10 enheter mellom ikke-filtrert vann og vann filtrert gjennom 50µm (Liltvedt, 1996).

Gjennom bruken av RAS-II teknologi (Zero Water Exchange System) har det åpnet seg nye metoder for rensing av vann benyttet i produksjon av laks på land. RAS-II teknologien muliggjør et vannforbruk som er mindre enn 10 % av det som er mulig i et tradisjonelt resirkuleringsanlegg. Dette har gjort flere filtreringsmetoder aktuelle for rensing av vann på et nivå som vi ikke har hatt muligheten til tidligere. Dette på bakgrunn av at disse finfiltreringene rent prosessteknisk ikke fungerer på store mengder vann. Membranfiltrering er en velkjent prosess benyttet iblant annet oljeindustrien i en årrekke. Membranfiltre er i utgangspunktet fysiske barrierer som er så finporete at de kan ta ut svært små partikler og organismer. Dette inkluderer blant annet alle typer parasitter, bakterier og virus samt alger. I biologisk forstand kan vi benytte ordet sterilisering for å beskrive prosessen. Som i alle slike kritiske prosesser er det viktig å etablere redundante systemer.

Det vil alltid være behov for vedlikehold av slike rengjørings- og desinfeksjonssystemer. Redundans bygges ofte inn i systemer som krever høy pålitelighet. I en rensing eller desinfeksjonsprosess kan to eller flere systemer bidra parallelt med samme oppgaver og speile hverandre, slik at dersom en av dem skulle miste deler eller hele sin funksjon, så kan den andre ta over og slik sørge for en stabilitet og sikkerhet for effekten til den samlede prosessen.

Dette prinsippet er det tatt høyde for i etableringen av filtrerings- og desinfeksjonsløsningene i dette prosjektet. I tillegg er det slik at ved for eksempel en total vannstopp til anlegget vil man umiddelbart kunne gå inn på 100 % resirkulering av vannet uten noen større negative effekter for fiskens velferd i opptil flere dager uten at dette vil påvirke fiskens velferd eller trivsel.

Ultrafiolett stråling (UV)

UV-behandling Ultrafiolett lys er elektromagnetisk stråling med bølgelengder fra 200-400 nanometer. Vanligvis inndeler man UV-lys i tre hovedgrupper etter bølgelengden:

- UV-C: 200-280 nm
- UV-B: 280-315 nm
- UV-A: 315-400 nm

Den største biologiske effekten har UV-C og det er derfor denne bølgelengden som bør anvendes. Det er i forsøk vist at UV-lys i bølgeområdet 250-265 nm absorberes sterkt av mikroorganismenes arvestoff (RNA- og DNA-molekyler), og at dette spekteret har den største inaktiverende effekt. I de såkalte lavtrykkslamper utstråles 90% av stråleenergien ved 254 nm. Effekten av UV-behandling er proporsjonal med strålingsintensiteten og doseringen av UV-behandling angis derfor vanligvis i milliwattsekunder per kvadratcentimeter vannoverflate som bestråles (mWs/cm²). Doseringen kan også angis i tilført energimengde, som uttrykkes i millijoule per kvadratcentimeter (mJ/cm²).

Ozon

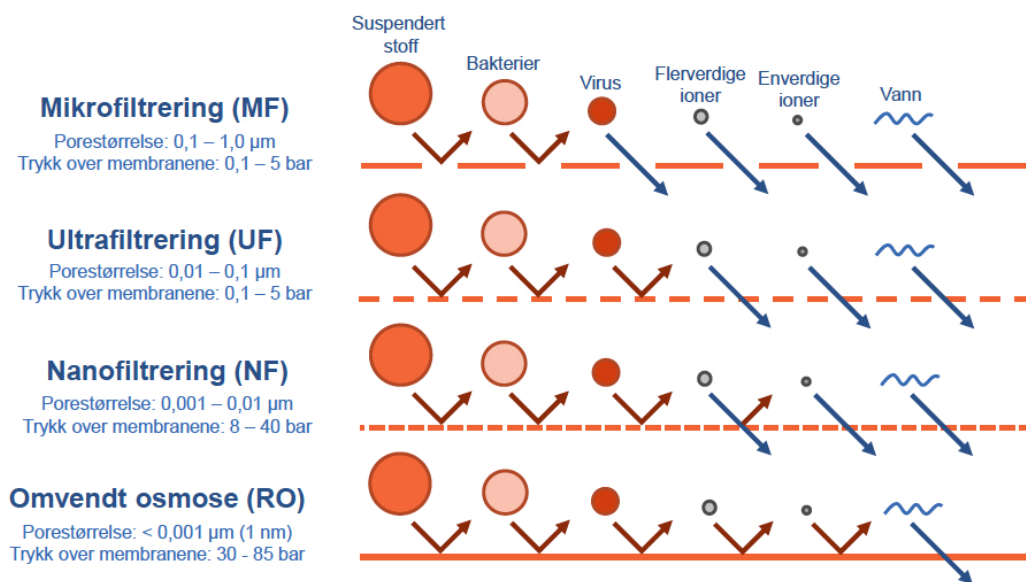
Ozon er et svært reaktivt molekyl sammensatt av tre oksygenatomer. Ozongass kan fremstilles ved å la tørr luft eller oksygen passere gjennom et felt med elektromagnetiske utladninger eller ved å UV-bestråle luft eller oksygen. I prosessen vil oksygenmolekyler bli splittet og de frie oksygenatomene vil reagere med intakte oksygenmolekyler og danne ozon. Denne gassen er sterkt oksiderende og regnes som et meget effektivt middel til å desinfisere vann. Ozon er giftig for fisk, og en viss holdetid eller deozonering er derfor nødvendig før behandlet vann ledes inn i anlegget. Ferskvann er enklest å ozonbehandle, da det ikke dannes spesielle giftige forbindelser i vannet – dette i motsetning til i sjøvann hvor en rekke oksiderte forbindelser dannes, især bromforbindelser. Disse kan være giftige for fisk og er samtidig vanskeligere å få luftet ut av vannet enn ozonet selv (Liltvet 1996). Det foreligger imidlertid gode data på bruk av ozon i sjøvann som viser at dette kan fungere godt uten synlige negative effekter for fisk eller mennesker når man holder seg innenfor bestemte terskelnivåer (Stiller et al 2020). Fiskepatogene mikroorganismer inaktiveres raskt av ozon i konsentrasjonsområdet 0,1-0,2 mg/l i naturlige vanntyper. I det norske dosekravet for godkjenning for anvendelse av ozon til desinfisering av inntaksvann, er det tatt høyde for at diverse organiske og uorganiske forbindelser forbruker ozon – det er derfor forlangt en rest-ozonkonsentrasjon på 0.1 mg/l etter 3 minutters kontakttid. Hvordan inaktivering av mikroorganismer foregår i detalj foreligger det lite informasjon om. Det er in vitro vist at ozon reagerer med baser i DNA/RNA-molekyler.

Alternative oksyderingsmetoder for vann til fisk forefinnes og prøves ut i moderne akvakulturanlegg i dag, som for eksempel AOT (Advanced Oxidation Technology), en høyeffektiv kjemisk prosess for rensing av blant annet vann.

Membranfiltrering

Produksjonssystemer som gir muligheten for bruk av svært lite nytt vann åpner for bruk av nye måter og filtrere nytt tilført vann på som i vanlige resirkuleringsanlegg og gjennomstrømningsanlegg vil være helt umulig, på bakgrunn av den store vannmengden som må filtreres per tidsenhet. Denne typen for finfiltrering kan i utgangspunktet sammenlignes med en desinfeksjon eller en sterilisering, da den kan fjerne både parasitter, bakterier, virus og andre mikroorganismer som kan føre til sykdom hos laks.

En membran er et materiale som slipper noe gjennom og holder noe annet tilbake – en selektiv barriere. En gitt membran er en barriere for komponenter av en viss størrelse eller med visse kjemiske egenskaper. I membranfiltrering av vann brukes trykk for å få rensert vann gjennom membranen, mens uønskede komponenter holdes tilbake. Membraner for filtrering av vann kan karakteriseres ved porestørrelse. Porestørrelsen avgjør hvilke komponenter som holdes tilbake (som vist i figuren under fra AkvaFresh). Ønsket vannkvalitet for inntaks- eller avløpsvannet bestemmer hvilken filtreringsprosess som kan benyttes.



Figur E.1: Oversikt over nivåene av membranfiltrering. Hentet fra AkvaFresh AS.

Hovedkomponentene i membranfiltreringsanleggene er forfiltrering/forbehandling, pumpe(r) og membranmoduler med totalareal basert på ønsket vannkapasitet. Vannkapasitet er den største begrensende faktoren knyttet til denne formen for desinfeksjon.

En oversikt over noen av de parasittene, bakteriene og virusene som fjernes ved en ultrafiltrering

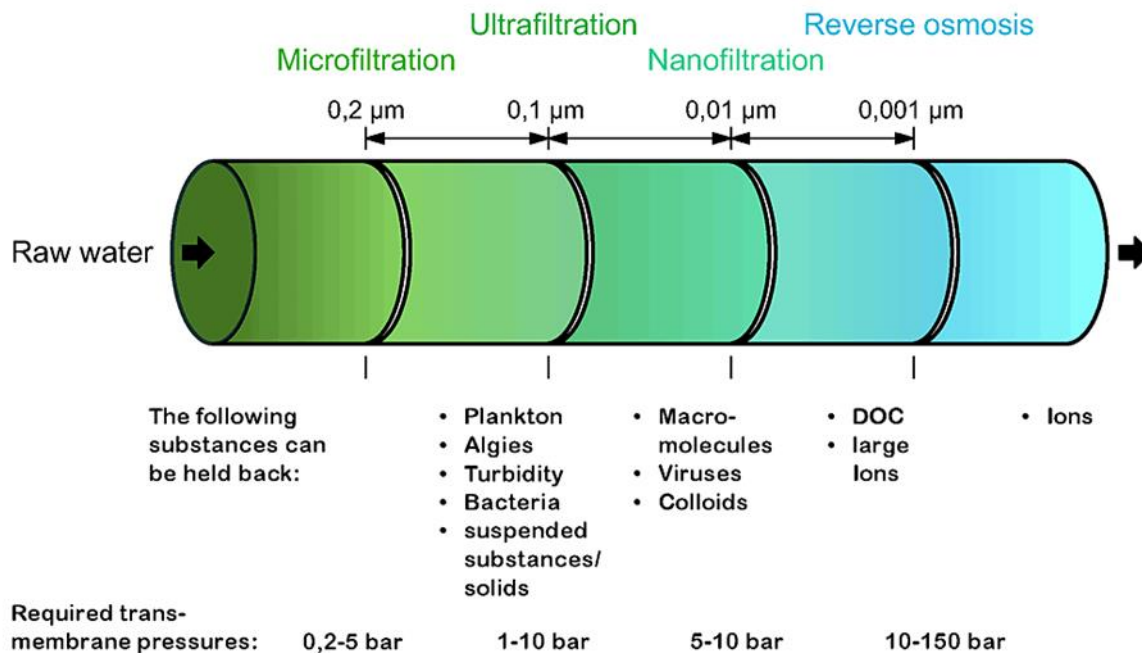
- Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis salmonis*) 540–850 opp til 5000–10.000 μm
- Gyrodactylus salaris 500 μm
- Paramoeba perurans (AGD) 20–30 μm

- Ichthyobodo sp. (Costia) 7 µm
- Aeromonas salmonicida 0,5–6 µm
- Branchiomonas cysticola (Epiteliocystis)
- Yersinia ruckeri (Yersiniose) 1–3 µm
- Moritella viscosa (Vintersår) 0,5–2,5 µm
- SGP-virus (Laksepox) 0,3 µm
- ILA-virus 0,09–0,13 µm
- PRV-virus (HSMB) 0,07 µm
- PMCV-virus (CMS) 0,05 µm
- IPN-virus 0,06 µm

Omvendt osmose (RO (Reverse Osmosis))

Omvendt osmose er den mest omfattende fjerningen av mikroorganismer, partikler og molekyler basert på membranteknologi. RO tar bort tilnærmet alt salt, som gir ferskvann fra sjøvann.

Ved nanofiltrering og omvendt osmose brukes tette diffusjonsåpne membraner. I disse prosessene utføres separasjonsprosessen ved diffusjon gjennom membranen. Drivkraften i alle tilfeller er differansetrykket. Mens differensialtrykk på opptil 2 bar er nødvendig for mikro- og ultrafiltrering, krever lavtrykks nanofiltrering differensialtrykk på opptil 8 bar og omvendt osmose opp til 85 bar.



Figur E.2: Skisse over hvilke typer mikroorganismer eller molekyler som fjernes ved de ulike filtreringsnivåene. Skisse hentet fra AkvaFresh AS.

Omvendt osmose (RO) brukes blant annet for avsalting av sjøvann, brakkvann og salt grunnvann. Omvendt osmose er kjent teknologi for å produsere drikkevann fra sjøvann og brakkvann.

RO-membraner er tette filmer, med porestørrelser mindre enn 1 nm (0,001 µm). Tilnærmet alt løst materiale holdes tilbake, hva som kommer gjennom er basert på løselighet og diffusjon i selve membranmaterialet. Trykk er drivkraften for separasjonen, og i RO-anlegg må trykk fra 30 til 85 bar benyttes.

RO kan også benyttes til produksjon av ferskvann til landbaserte anlegg. Ved hjelp av RO har man tilgang til ferskvann fra sjøvann og er uavhengig av en ferskvannskilde på land.

Eksempel på vannkvalitet ferskvann basert på avsalting via RO

Salinitet: 0,3 ‰

NaCl: 200 mg/l

Ca²⁺: 4 mg/l

Mg²⁺: 3 mg/l

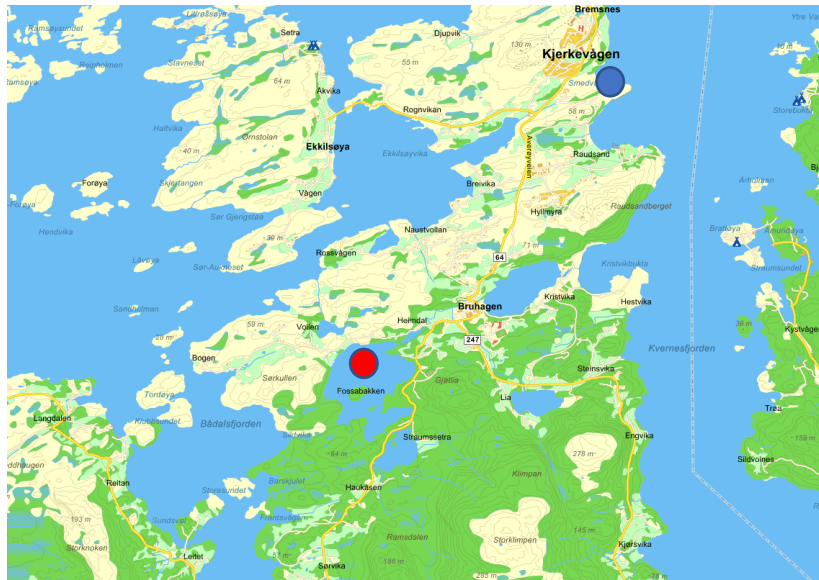
SO₄²⁻: < 15 mg/l

Suspendert materiale, parasitter, bakterier, virus: 0

Planlagte smittebarrierer hos Averøy Industripark AS

Vanninntak ferskvann

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at ferskvannet er av stor betydning i forhold til risiko for opptak av smitte via vannkildene. Dette i større grad enn hva som er tilfellet for sjøvann. Det er flere av de viktigste bakteriene og virusene som yersinia ruckeri, Branchiomonas cysticola og Pox-virus som har sitt utgangspunkt og reservoar i ferskvann. På bakgrunn av dette er det svært viktig å sørge for gode barrierer mot inntak av disse via ferskvannet. Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur E.3: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membraneteknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranene. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 11,3 m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et diesellaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlig med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgnkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

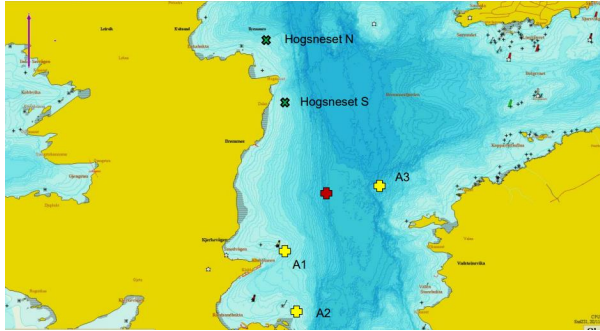
Det er gjort en vannanalyse av vannet fra NIVA i Bergen (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Rapporten beskriver at vannbehandlingen med filtrering og silikatbehandling ga veldig fine vannkvalitetsverdier i driftsvannet, med unntak av kobber. Råvannet viser en relativ høy total aluminium (Al) i råvannskilden, men den labile fraksjonen er lav (den mest giftige formen), mens i driftsvannet er både total-Al og fraksjonene lave. Jern er også en parameter som var relativt høy før rensing, men etter rensing så var konsentrasjonen lav og fin. Råvannet hadde også relativt høy TOC (total organisk karbon) og giftigheten til jern er normalt knyttet til høyt jern forhold til TOC. Så for dette uttaket ville det ikke vært et problem for fisken med tanke på jernkonsentrasjonen i kombinasjon med høy TOC. Kobber i driftsvannet lå høyere enn satt skadegrense som er på < 6 µg/L. Basert på informasjon om at vannprøven ble tatt fra tappekran med kobberrør så er trolig vannprøven kontaminert. Normalt ligger kobberkonsentrasjonene i råvann < 2 µg/L. Før bruk av vannet bør det undersøkes at ikke kobberverdiene er reelle. Det skal nevnes at silikatbehandlingen vil være beskyttende mot metaller i driftsvannet (også kobber). Natrium og klorid nivåene var relativt høye i både råvannet og driftsvannet som sannsynlig skyldes en sjøsaltepisode. Disse nivåene er uproblematisk i akvakultursammenheng med pH mellom 6,2 – 7,8. Ellers så resultatene normale og gode ut i forhold til fiskens behov og beskyttelse. Vannet har god bufferegenskap og høy pH og solid syrenøytraliserende egenskaper.

Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet fra Nordre Averøy Vannverk før inntak i produksjonen.

Skulle mot formodning ikke NVE godkjenne bruken av vann fra Nordre Averøy Vannverk, vil det bli benyttet RO-teknologi til å avsalte sjøvann som vil bli benyttet på ferskvannsdelen av produksjonen. Denne teknologien hindrer som kjent alle partikler over 0,0001 µm fra å bli med videre i prosessen. Dette inkluderer alle i dag kjente virus, bakterier og parasitter som kan forårsake smittsom sykdom hos laksefisk. Planlagt anlegg har et lite fotavtrykk og en vannkapasitet på 600 000 liter i døgnet. Estimert ferskvannsforbruk for akvakulturanlegget er rundt 274 000 liter i døgnet. Anlegget består av to adskilte enheter på hver 300 000 liter i døgnet, slik at en har en ekstra kapasitet og 100 % redundans. RO-anlegget forsyner et ferskvannsbasseng, dette har kapasitet til å forsyne anlegget med ferskvann i et døgn hvis begge anleggene skulle havarere.

Vanninntak sjø

Ved full produksjon i alle avdelinger er det totale sjøvannsforbruket beregnet til 2 300 l/min eller 138 000 liter/time. Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en dobbel ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyb på 130 m.



Figur E.4: Planlagt posisjon for inntak av vann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Alt vann som skal benyttes vil bli forbehandlet på følgende måte før det går inn i produksjonen;

- Grovfiltrering
- Filtrering (150 my)
- Finfiltrering (3 my)
- Ultrafiltrering (0,02 my)
- UV (50 mJ/cm²)

Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgntkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. På tross av dette er det allikevel lagt in en etterbehandling av dette rensede vannet med UV-ståler med en styrke på 50 mJ/cm², som er det dobbelte av det som er kravet i henhold til gjeldende forskrift.

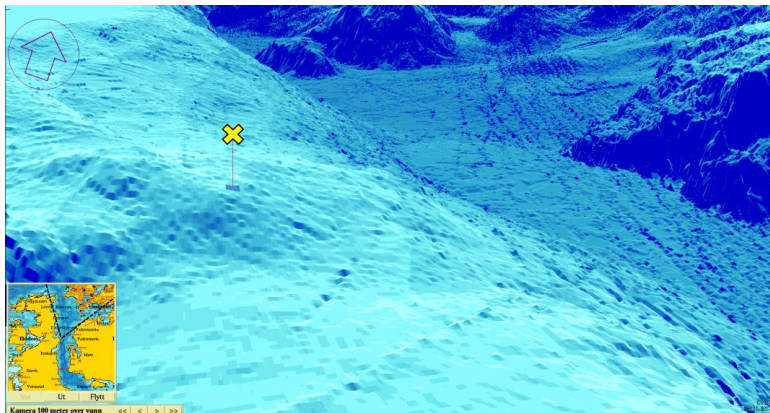
Driftsvann

Driftsvannet vil til enhver tid bli kjørt med driftsozon i en styrke på 300 redoks og en delstrøm av det vannet som sirkulerer i det enkelte resirkuleringssystem blir i tillegg UV-behandlet. Dette bidrar til en fjerning av partikulært materiale i vannet og en bedring av vannets fargetall. Samtidig vil det totale antallet mikroorganismer reduseres.

Rengjøring og desinfeksjon skal foretas mellom hvert parti. Dette innebærer at hver gang en avdeling tømmes for fisk, skal avdelingen vaskes ned og desinfiseres. Om biofilteret i sin helhet blir tatt ned og desinfisert vil avhenge av hvilke funn som gjøres i forbindelse med funnene i smitteovervåkningsprogrammet. Med bakgrunn i at man kan risikere å komme i en slik situasjon at smittsomme agens har etablert seg i resirkuleringssystemene er det etablert systemer for å sanere biofiltrene i anlegget regelmessig. Erfaringer fra andre selskaper med anlegg basert på resirkuleringsteknologi som Salmar ASA, Hardingsmolt AS, Smøla Klekkeri og Settefisk AS, Salangfisk AS samt Nordland Akva AS er implementert i driften og skal sikre at det skal være mulig å fjerne uønskede agens fra anlegget hvis de har kommet igjennom de smittebarrierene som er innført. Her vil hver enkelt avdeling/kar i anlegget bli tatt ned og mekanisk rengjort samt vasket i sirkulasjon før Ozon blir kjørt igjennom alt av rør, kar, luftesystemer, kjepler inkludert biofilteret. Dette skal nullstille bakterie- og virusforekomstene i avdelingen/karet og fjerne eventuelle uønskede agens før man flytter inn ny fisk i avdelingen/karet. Frekvensen på denne saneringen vil avhenge av funnene i smitteovervåkningsprogrammet. Det er basert på andre anleggs erfaringer fullt mulig å vaske ned, sanere og starte opp igjen en avdeling eller et kar igjen med ny biofilterkultur innen 14 dager. 7 dager med mekanisk nedvask, og en gjennomkjøring med ozon i sirkulasjon og 7 dager til modning av biofilteret med en ekstern poding fra en isolert biofilterkultur. Det vil bli etablert en egen isolert biofilterenhet som aldri skal være i kontakt med fisk. Denne vil til enhver tid produsere biofiltervann som kan benyttes til å «Kick-starte» biofilter som er tatt ned og desinfisert og som en negativ bieffekt av dette har fått drept alle nitrifiserende bakterier. Dette muliggjør en slik operasjon under vanlig produksjon i de brakkleggingspausene som er ved flytting av en fiskegruppe fra en avdeling til en ny avdeling i dette «All in All out» driftskonseptet.

Avløpsvann

Samlet mengde avløpsvann fra Averøy Industripark AS, inkludert ferskvann og sjøvann, er beregnet til ca. 2500 l/min. Avløpsvannet fra anlegget i Smedvågen består i hovedsak av to elementer, det erstattede spedevannet og spylevann fra de mekaniske partikkelfiltrene, som vil ha en lysåpning på 40 - 60 µm. Avløpet er dermed rensert før det går inn i ozoneringsenheten. Ozongeneratoren vil arbeide med en intensitet på ca. 1500 g/time ved en maks konsentrasjon på 10-12 wt %. Dette ozonerte vannet vil så ha en oppholdstid i avløpsrøret som er på ca. 4 minutter, noe som er betydelig over det som er nødvendig for en fullstendig desinfisering av avløpsvannet. Avløpsrøret er rundt 250 meter langt og har et utslippssted som ligger på 30 m dyp, noen meter over havbunnen.



Figur E.5: Bilde av bunntopografi ved utslippspunktet for avløpsvannet til Averøy Industripark AS

F. OVERSIKT OVER MULIGE OMRÅDER FOR INNTAK AV SMITTE

- Vannbåren smitte
- Vektorbåren smitte (mennesker, andre levende organismer og utstyr)
- Luftbåren smitte
- Smitte med levende innsatsfaktorer (rogn)
- Smitte fra annen akvakulturvirksomhet

Alle former for biologisk produksjon gir muligheter for spredning av infeksjonssykdommer mellom mottakelige individer. Spredningen kan skje over landegrensar, innad i en region, lokalt i nærmiljøet, i et anlegg, i en avdeling, eller mellom individer i et og samme kar. Ved oppdrett av fisk i settefiskanlegg vil det kunne skje overføring av smittestoff fra en rekke potensielle smitekilder. Sannsynligheten for og konsekvensen ved en slik spredning varierer med en rekke faktorer knyttet til smittestoff, individ, populasjon og miljø.

Akvakulturanlegg på land i Norge har stor variasjon i størrelse, teknologi og formål. Det er små kultiveringsanlegg som oppdretter noen få settefisk til utsett i lokale vassdrag, det er store kommersielle settefiskanlegg for laksefisk eller for marinfisk, genbanker, forskningsstasjoner, stamfiskanlegg, matfiskanlegg, fiskeslakterier m.m. I dag er det kun et anlegg i større skala som produserer laks frem til slaktevekt på land. I dag planlegges det imidlertid en rekke landbaserte anlegg som tar sikte på å ha hele produksjonen, fra rogn til slaktefisk, på en plass. Blant disse er Averøy Industripark AS. Dette er anlegg som i produksjonsvolum langt vil overgå produksjonen i et vanlig, åpent merdanlegg i sjø.

Teknologisk sett er det også stor bredde innen landbasert akvakultur. De enkleste anleggene er gjennomstrømningsanlegg, der driftsvannet bare brukes en gang og ikke renses verken før eller etter bruk. I den andre enden av skalaen er anlegg med avansert resirkuleringsteknologi (RAS-II) der driftsvannet gjenbrukes flere ganger og må renses og behandles mellom hver bruk. Vannkildene kan være ferskvann fra elver, dammer, innsjøer eller brønner, eller sjøvann tatt fra ulike dyp. I mange anlegg brukes ulike blandinger av ferskvann og sjøvann. Fiskekarene er innendørs i haller og/eller utendørs, gjerne overdekket av enten presenningstelt eller et enkelt fuglenett. Det fins også et lite antall damanlegg i drift i innlandet.

Resirkuleringsteknologien har de siste 10 årene blitt tatt stadig mer i bruk i norsk fiskeoppdrett. De siste årene har det blitt igangsatt en rekke nye settefiskanlegg basert på denne teknologien og det er en rekke på tegnebrettet. Erfaringene de siste ti årene viser at det er flere helserelaterte utfordringer. En av utfordringene ser ut til å være at flere forskjellige sykdomsagens ser ut til å trives godt i et lukket biofiltersystem og at disse sykdomsfremkallende agens er svært vanskelig å fjerne når de først har kommet inn. I et resirkuleringsanlegg er det slik at smittestoff som kommer inn i anlegget også blir resirkulert. Dette innebærer at patogener som kommer inn i anlegget blir værende og til og med kan oppformerer. Bakterier uten behov for en levende vert for sin formering, virus med et slikt behov. Virus kan imidlertid overleve lenge i miljøet uten vert og infisere fisk når verter blir gjort tilgjengelig, etter en brakkleggingsperiode for eksempel. Når man nå planlegger for hele produksjonsløpet i landbaserte anlegg basert på resirkuleringsteknologi vil mange av de kjente utfordringene kunne forsterkes samtidig som nye kommer til.

Erfaringer og screening av resirkuleringsanlegg de siste årene har vist at en rekke patogener trives godt i biofilteret og at de kan utløse sykdom på fisk som oppholder seg i anlegget. Det bygges fort opp biofilm på alt av utstyr i slike anlegg og bakterier og virus kan overleve lenge. Det er en klar risiko for at agens som først er kommet inn i et anlegg vanskelig lar seg fjerne. Spesielt hvis man ikke har rutiner for å nullstille eller sanere biofilteret med jevne mellomrom. I enkelte resirkuleringsanlegg blir biofilteret sett på som den viktigste enkeltbestandsdelen i produksjonen. For mange betyr et eldre biofilter, et filter som har mer hardføre bakterier som viser større funksjonsevne selv under varierende og dårlige vannforhold. Derfor er det stor uvilje mot å sanere slike biofilter og slå ned alle bakteriene. Slike produksjonsrutiner vil på lang sikt ikke være forenelige med en bærekraftig drift så lenge rogn og yngel som settes inn i anlegget er bærere av virus og bakterier som trives i et slikt produksjonsmiljø. For å sikre produksjonen mot etablering og oppformering av uønskede organismer er alle bygg hos Averøy Industripark AS inndelt i avdelinger som igjen er oppdelt i flere isolerte biofiltersystemer som forsyner sine kar. Hvert bygg, hver avdeling og hver biofilterenhet er altså oppbygd som en egen smitteenhet. Hvert biofiltersystem kan saneres og alle mikroorganismer drepes før det igjen settes inn en ny biofilterkultur og ny fisk. For at dette skal fungere er man nødt til å kjøre et «Alt inn Alt ut» konsept samtidig som man må ha en ekstern podingskultur for oppstart av biofilteret som kan settes inn umiddelbart etter nedvask og desinfeksjon.

På bakgrunn av erfaringer gjort i andre resirkuleringsanlegg har Averøy Industripark AS tatt høyde for dette i sitt anlegg på Averøya. Det er gjort en rekke tiltak på flere områder som samlet skal gjøre fisken på Averøy Industripark AS mindre utsatt for sykdommer, samtidig som slike vanskelig kan spres mellom ulike biofilterenheter. Averøy Industripark AS ser det som svært avgjørende for helseutviklingen i matfiskfasen at postsmolten som flyttes dit er sykdomsfri og at den ikke er bærer av sykdomsagens som kan slå ut i sykdom senere i produksjonen.

Enhver kontroll med infeksjonssykdommer må ta utgangspunkt i hvilke sykdommer som er de mest vanlige og hvilke smitteveier som er mulige for den enkelte sykdomsfremkallende organisme. I den forbindelse benyttes vanligvis en inndeling i tre hovedgrupper:

- 1. Vertikal smitte**
- 2. Horisontal smitte**
- 3. Vektorbåren smitte**

Vertikal smitte karakteriserer smitte som kan overføres fra foreldrefisk til avkom via rogn/melke. Enten inne i egget, såkalt "ekte" vertikal smitte, eller som kontaminasjon på overflaten av egg eller spermier. Horisontal smitte karakteriserer smitte som kan overføres fra fisk til fisk (ved nærkontakt mellom individet, eller via vannet). Passiv overføring av smitte med gjenstander eller utstyr regnes i denne sammenheng som en spesiell variant av horisontal smitte. Vektorbåren smitte er også en variant av horisontal smitte. Slik smitte kan være via mennesker, lakselus,

fugler eller andre levende organismer som kan bære smitten mellom mottakelige fisk. I tilfellet Averøy Industripark AS har vi valgt en noe mer detaljert tilnærming basert på de aktuelle forutsetningene som ligger i etableringen.

Vannbåren smitte

Med vannbåren smitte forstås opptak av smitte via vannkildene til anlegget og spredning av smitte mellom fisk via driftsvannet i anlegget. En av de mest åpenbare mulighetene for introduksjon av smitte til Averøy Industripark AS vil i mange tilfeller være via vannet. Derfor er systemer for behandling av inntaksvannet av særdeles stor betydning. Dette gjelder for både ferskvann og sjøvann som blir benyttet i produksjonen. For landbaserte anlegg vil vanninntaket potensielt utgjøre en stor risiko for å introdusere smitte inn i anlegget, og utløpsledningen vil potensielt lede store mengder smitte ut av anlegget. Til ferskvannsproduksjon krever lovverket vannkilde uten oppgang av anadrom fisk, men det kan gis dispensasjon dersom inntaksvannet desinfiseres. Tilsvarende er det ikke lov å ta inn udesinfisert sjøvann til produksjon i ferskvann. For landbasert produksjon av matfisk i saltvann er det ikke krav om desinfeksjon av inntaksvann, og uten behandling av sjøvannet vil denne produksjonsformen smittemesig tilnærmelsesvis være analog til matfiskproduksjon i åpne merder i sjøen. Såfremt ikke inntaksvann og avløpsvann behandles, vil disse representere en stor sannsynlighet for smitteintroduksjon og videre spredning internt i anlegget. Plasseringen av inntak og avløp vil være viktig for sannsynligheten knyttet til smitte til/fra nærliggende landbaserte anlegg eller vanlige marine eller ferskvannsbaserte reservoar. Lokalt strømningsmønster i forbindelse med plasseringen av både inntak og avløp vil være avgjørende for smitterisikoen.

Sykdommer som overveiende smitter horisontalt gjennom vann kontrolleres i hovedsak gjennom å redusere smitteutskillelse, og å bryte smitteveier mellom mottakelige grupper av fisk i tid og rom. For oppdrett i ferskvann skjer dette ved å sikre seg at vannkilden er smittefri, eventuelt supplert med at vannet blir desinfisert eller tilnærmet sterilisert. Ved utstrakt bruk av resirkulering blir det ekstra viktig å sikre seg at det vann man tilfører utenfra er smittefritt. I sjøvann kan risikoen for horisontal smitte reduseres ved hjelp av avstanden mellom det aktuelle sjøvannsinntaket og annen akvakulturvirkosomhet, både i sjøvann og på land. Dette gjelder også avstand til brønnbåtruter, lakseslakterier og tilvirkningsanlegg.

Betydningen av smitte via inntaksvann til settefiskanlegg eller landbaserte lukkede anlegg som produserer fisken frem til postsmolt eller helt frem til slakt, er stor. Når det gjelder å vurdere betydningen av smittetilførsel via ferskvann kontra sjøvann har kunnskapsutviklingen gått i stadig retning mot at potensielle patogener i ferskvann spiller en større rolle enn de som forefinnes i sjøvann for slike anlegg. Ny kunnskap har vist at blant annet, bakterien *Branchiomonas cysticola*, som forårsaker sykdommen epiteliocystis, som tidligere ble sett på som et marint patogen, har sitt utgangspunkt fra ferskvann. Relativt nye sykdommer som laksepox har også blitt funnet i anlegg som kun bruker ferskvann og pekt mot at utgangspunktet for viruset kan ligge i ferskvannskilden.

Moderne settefiskanlegg med store produksjonsvolum basert på resirkuleringsteknologi har behov for moderne smittehåndteringsrutiner. Alt vann som skal inn i et resirkuleringsanlegg må egentlig behandles som gift. Derfor er vanninntakene utstyrt med innretninger som opprettholder behovene for tilnærmet smittefritt vann. I resirkuleringsanlegg er en av de store fordelene at det tas inn svært lite nytt vann per tidsenhet sammenlignet med et gjennomstrømningsanlegg. Anlegget på Averøya er knyttet til en såkalt RAS-II standard som innebærer bruk av denitrifikasjon. Denne teknologien muliggjør en bruk av svært lite vann, selv i forhold til tradisjonelle resirkuleringsanlegg. Tradisjonelle gjennomstrømningsanlegg med en kapasitet på 5 mill smolt i årlig produksjon vil måtte ligge på et ferskvannsforbruk på ca. 50 000 liter i minuttet for å sikre god nok vannutskifting. Anlegget til Averøy Industripark AS vil med topp produksjon etter 4-6 år ligge på et maksforbruk av ferskvann på omtrent 190 liter ferskvann i minuttet. Normalt sett vil mengdene være mindre. Dette gir store fordeler og unike muligheter

knyttet opp mot barrieretiltak som ellers ville ha vært umulig å gjennomføre på grunn av volum, kapasitet, teknologi og kostnader. Både ferskvannsinntaket og sjøvannsinntaket til Averøy Industripark AS er utstyrt med behandlingsstrategier som speiler hverandre og består av ulike måter å filtrere bort eller drepe bakterier, parasitter og virus på. Det unike i dette tilfellet er den utstrakte bruken av membranfiltreringsteknologi som gir uante muligheter til å fjerne alle aktuelle agens som kan utløse sykdom hos laksefisk. Det samme gjelder avløpsvannet som blir grov- og finfiltrert og ozoneres med en styrke på 1500 g/time, slik at det praktisk talt er sterilt når det forlater anlegget og forlater avløpsrøret. I tillegg til dette vil driftsvannet kontinuerlig bli tilsatt en mengde ozon som holder de aller fleste patogene agens nede på et nivå som ikke utløser sykdom hos fisken samtidig som de positive nitrifiserende bakteriene i biofilteret fungerer som normalt.

Ferskvann

- Forfiltrering
- Finfiltrering (20 my)
- Membranfiltrering 0,004 mikrometer porestørrelse
- Dobbel UV (2x50 mJ/cm²)

Sjøvann

- Grovfiltrering
- Filtrering (150 my)
- Finfiltrering (3 my)
- Ultrafiltrering (0,02 my)
- UV (50 mJ/cm²)

Avløp

- Mekaniske partikkelfiltre
- Ozonering (1 500 g/time)
- Over 4 min oppholdstid

Ozon vil også bli benyttet i driftsvannet på Klekkeriet, Startfôringsavdelingen, Yngelavdelingen og Påvekstavdeling hvor det hovedsakelig benyttes ferskvann. Dette har vist seg å gi en positiv effekt på bakteriesammensetningen i andre resirkuleringsanlegg og har fungert som en sperre for oppformeringen av en rekke smittsomme agens.

Summen av tiltakene for behandling og desinfeksjon av både inntaksvann og avløpsvann har løftet anleggets sikkerhetsprofil opp til et nytt nivå som etter MarinHelse AS sin oppfatning vil redusere risikoen for opptak og utskillelse av smittsomme agens til et absolutt minimum. Det er kombinert ulike former for reduksjon og fjerning av mikroorganismer som tidligere ikke er blitt benyttet. Årsaken til at dette er muliggjort, er den resirkuleringsteknologien som skal benyttes og det minimale vannforbruket som følger av denne. Effekten av de samlede tiltakene på både inntaksvann og avløpsvann gjør at mulighetene for inntak og utslipp av smittsomme agens i praksis ikke er til stede. Det er MarinHelse AS sin oppfatning at de planlagte tiltakene bidrar til å øke forutsigbarheten for egen produksjon og ikke vil ha noen negative effekter på andre nærliggende akvakulturvirksomheter.

Vektorbåren smitte (mennesker, andre levende organismer og utstyr)

Vektorbåren smitte er som nevnt en variant av horisontal smitte. Slik smitte kan være via mennesker, utstyr, gnagere, fugler eller andre levende organismer som kan bære smitten mellom anlegg mellom produksjonsavdelinger og mellom mottakelige fisk. Det er vist at både fiskepatogene virus og bakterier kan overleve transport gjennom tarmsystemet til fugler og infisere fisk gjennom faeces. Det er derfor viktig at anlegg utformes på en måte som hindrer fugler og andre dyr adgang til oppdrettsfiskene. Dersom fugler og andre dyr har tilgang til et anlegg, vil sannsynligheten for smitteoverføring til et naboanlegg avta med økende avstand mellom anleggene. Det er ikke mulig å angi eksakt over hvilke avstander slik smitte kan skje, men både fugl og dyr kan sannsynligvis frakte smitte, eller smittet materiale som død fisk, over store avstander. Det nye anlegget på Averøya ligger på et industriområde med egen adkomstvei. Anlegget er inngjerdet og utstyrt med dreneringssoner mellom driftsbygningene. Selve produksjonsanlegget består av tette bygninger og anlegget er utstyrt med smittesluser ved inngang til anlegget, til driftsbygninger, mellom avdelinger og ved inngangen til hver biofilterenhet. Disse skal forhindre at smitte kommer inn i anlegget og at smitte blir spredt mellom bygninger og avdelinger inne i enkeltbygninger. Det er egne arbeidsklær til hver enkelt avdeling og disse må alle typer servicepersonell benytte seg av. Ingen produksjonskar står ute under åpen himmel. Med disse rammevilkårene skulle risikoen for vektorbåren smitte være redusert til et minimum.

Luftbåren smitte

Luftbåren smitteoverføring refererer til situasjoner hvor dråpekjerner (rester fra fordampede dråper) eller støvpartikler som inneholder mikroorganismer, kan forbli suspendert i luft over lengre tid. Disse organismene må være i stand til å overleve i lange perioder utenfor fiskekroppen og må være resistente mot tørking. Luftbåren overføring lar organismer komme tilbake til væskefasen på det området hvor de igjen kan smitte fisk. Det er bare et begrenset antall sykdommer som er i stand til luftbåren overføring hos mennesker og enda færre hos fisk. I sammenheng med akvakultur vil aerosoler f.eks. kunne dannes i forbindelse med lufting av vann, og når bølger slår mot strandkanten rundt et anlegg. Volumet av vann i aerosoler som dannes ved lufting antas å utgjøre en svært liten del av det totale volumet vann som luftes. Dermed vil også bare en svært liten del av den totale mengden smittestoff som kommer fra fisken mulig overføres til luft. I sum er dette trolig forklaringen på hvorfor luftbåren smitte har liten betydning og har fått lite fokus i akvakulturlitteraturen.

Sykdommer som kan overføres i luften hos mennesker inkluderer blant annet tuberkulose, vannkopper, legionærsyke, SARS og meslinger. Hos fisk er det sparsomt med data, men ser man på smitte mellom kar i samme avdeling eller i åpne avdelinger innenfor en svært kort avstand (få meter), så kan luftbåren smitte absolutt forekomme. Luftbåren overføring av fiskepatogener under slike betingelser har et potensial for spredning av fiskesykdommer, spesielt i anlegg der fiskekar står nære hverandre eller er i umiddelbar nærhet uten noen tildekking av vannoverflaten eller betydelige skillevegger mellom karene. Vannsprut fra kaskaderende vann, bevegelig utstyr eller overflateoppør fra pumper eller lufting, kan produsere vanndråper som kan være forurenset med patogener, og danne tåker som legger seg over tilstøtende flater og kan slik forurense tilstøtende fiskekar. Trekk eller ventilasjonsluftstrøm fra åpne vinduer, dører eller vifter kan forverre problemet ved å frakte disse vanndråpene ytterligere unna i avstand. Eldre laboratorieundersøkelser har vist at tre vanlige fiskepatogener, *aeromonas salmonicida* (furunkulose), *ichthyophtherius multifiliis* (hvitpriksyke) og *Amylodinium ocellatum* (ektoparasittsykdom i tropiske strøk) kunne overføres til fiskekar over 1 meter unna gjennom luftdråper flyttet av en liten ventilasjonsvifte (Wooster an Bowser 1996, Bishop et al. 2003, Roberts -Thompson et al 2006.). Wooster et. al 1996 gjorde undersøkelser knyttet mot bakterien *A. salmonicida*, som forårsaker sykdommen furunkulose hos fisk og konkluderte med at bakterien kunne karakteriseres som et luftbårent patogen. Bakterien kunne reise 104

cm fra verten ut i atmosfæren og tilbake til vannet og dermed gjøre det vanskelig å kontrollere. Bakterien kunne opprettholde sin patogenitet i ferskvannsforhold i 6–9 måneder og i saltvannsforhold i opptil 10 dager uten en vert.

Vanligvis er luftbåren smitte mellom akvakulturlokaliteter neglisjerbar ved opprettelsen av nye akvakulturanlegg, i dette tilfellet ser vi ingen behov for at smitteveien adresseres videre utover de generelle tiltak som er blitt vektlagt knyttet til ventilasjon og plassering av dører og sluser i de ulike driftsbygningene. Det er vurdert et behov for å UV-behandle all inn- og utluft fra ventilasjonssystemet i produksjonslokalene slik at evt. inntak og uttak av smittestoff fra produksjonen i aerosolform unngås. Men det er etter MarinHelse AS sin vurdering en svært liten risiko for at luftbåren smitte skal utgjøre noen målbar risiko for hverken Averøy Industripark AS eller omkringliggende akvakulturlokaliteter. En UV-behandling av inn- og utluft er derfor funnet uhensiktsmessig og vil ikke bli gjennomført.

Smitte med levende innsatsfaktorer (rogn, yngel, smolt)

Levende biologisk materiale (rogn/yngel/smolt/matfisk) som tas inn i eller ut av det landbaserte anlegget, utgjør sett i lys av dagens kunnskapsstatus og teknologiutvikling, kanskje den største sannsynligheten for smitteintroduksjon og videre spredning. Sykdomssituasjonen i akvakulturnæringen er til enhver tid dynamisk. Det er derfor fornuftig å basere anleggsutforming, anleggsplassering og drift på generelle, allmenngyldige biosikkerhetsprinsipper og ikke skjele for mye til spesifikke agens. Dette er en av de viktigste årsakene til at innføring av generasjonsskille i norsk lakseoppdrett har blitt en stor suksess gjennom å forhindre smitteutveksling fra voksen til ung fisk. I tillegg til generasjonsadskillelse fins det en lang rekke overordnede biosikkerhetstiltak, til dels pålagt av regelverket, som er ment å redusere mulig smittekontakt og samtidig de fiskevelferdsmessige og økonomiske konsekvensene ved eventuelle utbrudd av sykdom.

Noen av disse biosikkerhetstiltakene er:

- Regelmessig helsekontroll og utredning av eventuelle helseproblemer hos stamfisk
- Screening av stamfisk for de mest aktuelle smittsomme sykdommer før stryking
- Screening av rogn/melke og kjønnsvæsker for de mest aktuelle sykdommene før levering settefiskanlegg
- Desinfisering av rogn før levering ut fra stamfiskanlegg
- Desinfisering av rogn ved mottak i settefiskanlegg
- Dokumentasjon av helsestatus ved flytting av levende fisk mellom akvakulturanlegg, og fisken skal være klinisk frisk
- Smittehygieniske krav til transportmidlene som brukes ved flytting
- Regelmessig helsekontroll og utredning av eventuelle helseproblemer hos akvakulturdyr
- Relevant kompetanse hos ansatte på akvakulturanlegg
- Et internkontrollsystem som beskriver forhold relatert til smittehygiene, en såkalt biosikkerhetsplan
- Maksimalt antall fisk per smittemessig atskilt enhet
- Vaksinerings av oppdrettsfisk
- Regelmessig fjerning av død og syk fisk fra produksjonsenheter
- Brakklegging («alt ut- alt inn» prinsipp).

Averøy Industripark AS skal ikke kjøpe inn yngel eller smolt men ta inn rogn for startfôring og videre produksjon. Denne rognen innebærer en biologisk risiko. Sannsynligheten for vertikal overføring av smittsomme agens vil være avhengig av en rekke faktorer som blant annet mengden agens i gonadene hos stamfisken, og sannsynligheten for

videre spredning via egg, melke, kjønnsvæsker, yngel og smolt som vil avhenge av effektiviteten av en eventuell desinfeksjon. I vurderingen er det tatt som utgangspunkt at minimum det norske kravet om desinfeksjon er utført. Det vil si at vurderingen baseres på norske forhold og ikke om et agens under andre forhold kan overføres vertikalt. Begrepet vertikal overføring er benyttet uavhengig av om agens er på innsiden eller utsiden av egget. Det er gjort et utvalg av de listeførte sykdommene i Norge på grunnlag av betydningen de har i norsk oppdrettsnæring og hvor risiko for eventuell vertikal overføring er lite kjent eller ikke endelig kartlagt.

Vertikalt overførbare sykdommer, ekte eller uekte, har fått en stadig større betydning for sykdomsutviklingen både i ferskvannsfasen og sjøvannsfasen. En rekke viktige agens ser ut til å kunne overføres vertikalt og utløser sykdom stadig tidligere i produksjonen. Et ferskt eksempel på dette er PRV-viruset som forårsaker sykdommen HSMB. Et annet aktuelt virus i denne sammenhengen er ILA-viruset og da i sin godartede form HPRO som ved senere mutasjon kan endre sin genetiske kode slik at det blir det aggressive og sykdomsfremkallende HPRΔ.

Averøy Industripark AS vil kunne bruke rogn fra norske og islandske leverandører. Sykdomskontrollen på norsk og islandsk stamfisk og rognproduksjon er underlagt egne regler og vurderes som god.

Innføring av smittsomme sykdommer med rogn ses imidlertid på som en risikofaktor som det må tas hensyn til. Vertikal overføring av sykdommer er et stadig mer aktuelt tema knyttet til både virussykdommer og bakterielle sykdommer som for eksempel Yersiniose og HSMB. De siste 10 års forskning har i tillegg hatt en trend til å endre oppfattelsen knyttet til om enkelte virus eller bakterier er vertikalt overførbare i retning av at de er vertikal overførbare. Dette gjelder for eksempel virus som PRV (HSMB), HPRO (ILA) og PMCV (CMS). Disse virusene ble for få år siden sett på som ikke-vertikalt overførbare og av Vitenskapskomiteen for mattrygghet vurdert som av liten eller ikke målbar betydning for vertikal spredning av sykdommene i norsk oppdrett.

Agens	Sykdom	Prevalens i RV/melke	Sannsynlighet for vertikal overføring	Konsekvens
IPNV	IPN	Lav	Høy	Stor
PRV	HSMB	Høy	Høy	Middels
R. salmonarium	BKD	Svært lav	Høy	Stor
PMCV	CMS	Høy	Usikker	Usikker
Yersinia ruckeri	Yersiniose	Lav - middels	Usikker	Stor
ILAV	ILA	Lav	Usikker	Stor
ILA-HPRO		Lav-høy	Usikker	Usikker
SAV	PD	Ikke påvist	Overføres ikke vertikalt	

Figur F.1: Tabell hentet fra Magnus Devold, Patogen AS.

I dag er det et betydelig større fokus på risikoen for overføring av agens fra stamfisk til avkom via kjønnsproduktene. Erfaring fra felt har vist at såkalte «release criteria», altså hvilke agens en smolt har med seg i kroppen ved utsett i sjø, har stor betydning for hvilke sykdommer den samme smolten vil få erfaring med i sjøvannsfasen. Betydningen av at en smolt er fri for de fleste av de patogene som vi ser opplistet i tabellen over, er altså stor, og dette gjelder kanskje særskilt for anlegg som Averøy Industripark AS, som skal produsere frem fisk i lukkede systemer basert på resirkuleringsteknologi helt frem til slaktestørrelse.

Averøy Industripark AS har som mål å bestille rogn som er fri for følgende fem agens;

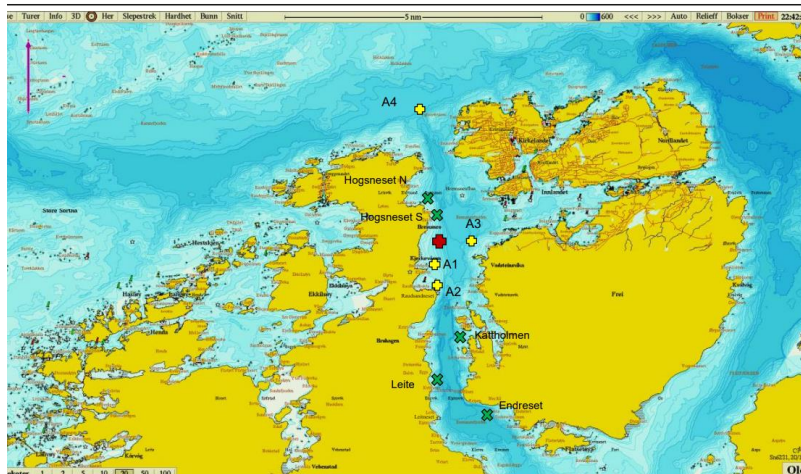
- Infeksiøs lakseanemi, ILA (HPR/HPR0)
- Bakteriell Nyresyke, BKD (Renibacterium salmonarium)
- Yersiniose (Yersinia ruckeri)
- Hjerte- og skjelettmuskelbetennelse, HSMB (PRV)
- Kardiomyopatisyndrom, CMS (PMCV)

Ved mottak av rogn, vil rognen før inntak i klekkeri, bli lagt i 30 min. driftsvann for svelling, for deretter å la rognen stå i en Buffodine-løsning for en ekstra desinfeksjon i 30 min., før den så legges inn i klekkeskapene. Dette er en fast rutine som er innført for å redusere risikoen for inntak av smittestoff som vil kunne være på utsiden av rognkornene eller i væsken som omgir rognkornene.

Når det gjelder risikovurderinger av det enkelte patogen og risikominimerende tiltak henvises det til vedlegg 2-10.

Smitte fra annen akvakulturvirkosomhet

Som det fremgår av kartmaterialet og anleggsskissene er Averøy Industripark AS sin driftsbygning plassert i et område med allerede eksisterende akvakulturtillatelser. Det er derfor naturlig å fokusere nærmere på den risiko som denne etableringen medfører for opptak av smitte fra disse akvakulturlokalitetene. Avstandsprinsippet står sterkt i all smittetenkning og kortere avstander på land, i vann og i luft vil ofte innebære større risiko for spredning av smitte. Denne risikoen må håndteres. Averøy Industripark AS mener at disse risiker er hensyntatt i planlegging, etablering og drift av anlegget. Hvis man ser på de samlede smittehygieniske tiltak som er planlagt på det nye lukkede anlegget på Averøya, så fremstår disse som svært solide og moderne med tanke på de utfordringer som vi kjenner til i norsk oppdrettsnæring i dag og som i stor grad dominerer helseutviklingen og fiskevelferden i slike anlegg. De er også dimensjonert og utviklet på en slik måte at eventuelle nye agens lettere kan holdes ute fra anlegget, isoleres og saneres. Det er vår oppfatning at de tiltak som er presentert som en total løsning for Averøy Industripark AS reflekterer den kunnskapen som er tilgjengelig i dag og at det vil bety en betydelig oppgradering i forhold til det som er normalt for lignende anlegg.



Figur F.2: Planlagt posisjon for inntak av vann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De fem grønne kryssene er de fem nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det er kun et forhold som etter vår oppfatning er av betydning i forhold til smitte fra annen akvakulturvirkosomhet i dette tilfellet, og det er smitteopptak via sjøvannsinntak. Ferskvannskilden har ingen annen oppdrettsaktivitet og smitte via luft og via fugler og andre pattedyr fremstår som overveiende usannsynlig all den tid driftsbygningene hos Averøy Industripark er lukket og slusesystemer er etablert på alle nivå. Driftsbygningene hos Averøy Industripark AS representerer hvert sitt lukkede system hvor ingen smitte kommer inn og ingen smitte kommer ut. Hver driftsbygning er igjen inndelt i avdelinger som igjen er delt inn i flere isolerte biofiltersystemer som hver for seg representerer den siste isolerte smitteenheden. Alle disse systemene er adskilt gjennom fast utformede sluser.

Når det gjelder sjøvannsinntaket til Averøya Industripark AS, så har Åkerblå AS gjennomført en modellering av strømforholdene knyttet til både sjøvannsinntak og utslippssted for avløpsvann. Dette i forhold til en ønsket optimalisering av både sted for sjøvannsinntak og sted for utslipp av behandlet avløpsvann i forhold til smitterisiko. På bakgrunn av denne har man besluttet at vanninntaket plasseres på 130 meters dyp rundt 1 km fra landområdet hvor Averøya Industripark AS skal etablere sitt anlegg. Valget av dette inntakspunktet begrunnes med at det er en dominerende strøm sørover inn fjorden langs bunnen. Vann som slippes ut nærmere overflaten transporteres i størst grad ut fjorden. Rester av utslippsvann bruker lang tid (flere dager) på å nå ned til inntakspunktet og det er fortynnet mer enn 38 000 ganger siden det forlot eget avløpsrør. Inntaksposisjonen som er valgt ligger på 130 m dyp i overkant av 1 km SØ for nærmeste akvakulturlokalitet som er Hogsnes. Analyse av modellert strøm ved inntaksposisjon gjennomført av Åkerblå AS (se vedlegg 9 i Skisseprosjektet) over et helt år viser vekslende strøm i N-S retning og at det ikke er signifikant strøm i Ø-V-retning. Simuleringene viser at den dominerende strømetningen på vestsiden av fjorden der Hogsnes ligger, er mot nord både nær overflaten og ved bunnen. Det er derfor ikke forventet at signifikante nivåer av partikulært utslipp fra dette anlegget vil nå inntakspunktet til Averøya Industripark AS. Inntaksvannet vil som beskrevet i avsnitt E deretter bli eksponert for et behandlingsregime som skal utelukke enhver form for opptak av kjente agens som kan påføre akvakulturdyr sykdom og lidelse. Her vil blant annet membranfiltreringsteknologi i kombinasjon med UV-behandling stå for de viktigste smittebarrierene.

Det er MarinHelse AS sin vurdering at disse tiltakene samlet utgjør en svært solid barriere mot inntak av smittestoff fra omkringliggende akvakulturlokaliteter og i praksis utelukker dette.

MULIGHET FOR SMITTESPREDNING TIL ANNEN AKVAKULTURVIRKSOMHET

En biosikkerhetsplan skal også etablere løsninger, systemer og rutiner som bidrar til å redusere eller fjerne risikoen for spredning av smittsom sykdom til de allerede eksisterende akvakulturvirkosomhetene i det aktuelle området. For landbaserte anlegg vil vanninntaket mulig utgjøre en stor risiko for å introdusere smitte inn i anlegget, og utløpsledningen vil potensielt kunne lede store mengder smitte ut av anlegget. Til ferskvannsproduksjon krever lovverket vannkilde uten oppgang av anadrom fisk, men det kan gis dispensasjon dersom inntaksvannet desinfiseres. Tilsvarende er det ikke lov å ta inn udesinfisert sjøvann til produksjon i ferskvann. For landbasert produksjon av matfisk i saltvann er det ikke krav om desinfeksjon av inntaksvann, og denne produksjonsformen er smittemessig tilnærmet analog til matfiskproduksjon i åpne merder i sjøen. Siden vanninntak og avløp representerer de to områdene hvor det er størst sannsynlighet for smitteintroduksjon og videre spredning, vil plasseringen av disse være viktig for sannsynligheten knyttet til smitte til/fra andre lokaliteter i sjø og til/fra eventuelt andre nærliggende landbaserte anlegg. Lokale strømningsmønster (vertikale og horisontale) vil ofte være mer avgjørende for vannslektskap og reell smitterisiko enn absolutte avstander i sjøavstand eller luftlinje.

Mattilsynets retningslinjer i forhold til saksbehandling av etableringssøknader knyttet til akvakulturanlegg, Retningslinje til behandling av søknader etter forskrift 17. juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m. sier under punkt 6. om anbefalte minsteavstander for landbaserte stamfisk- og yngel/settefiskanlegg at:

Punkt 6.1 Generelle forhold

Alle søknader om etablering eller utvidelse av akvakulturanlegg må være gjenstand for en konkret vurdering i det enkelte tilfellet, med særlig vekt på avstand til andre anlegg inkludert grupper av anlegg, annen akvakulturrelatert virksomhet og vassdrag, se § 7 andre ledd. Det er ikke fastsatt konkrete avstandskrav i kilometer i forskriften. De anbefalte minsteavstandene angitt i retningslinjen er derfor ikke konkrete avstandskrav som alene er avgjørende for om en nyetablering eller utvidelse av et akvakulturanlegg innebærer uakseptabel risiko for spredning av smitte. De anbefalte minsteavstandene er retningsgivende og må vurderes ut fra kunnskap om strømforhold, smittespredningsmodeller og lokale erfaringer med smitteforebygging og sykdomskontroll. Det kan i enkelte tilfeller foreligge spesielle forhold med hensyn på strømforhold, bunntopografi og omkringliggende geografi, som kan legitimere både kortere og lengre avstander. Behandling av inntaks- og/eller avløpsvann utover det som følger av vanlige driftskrav, kan legitimere kortere avstander. En søknad om etablering eller utvidelse av akvakulturanlegg som ikke tilfredsstiller de anbefalte minsteavstandene kan derfor ikke automatisk avslås kun med henvisning til konkrete avstandskrav. Likeledes kan det ikke automatisk gis godkjenning til etablering eller utvidelse av akvakulturanlegg i tilfeller hvor de anbefalte minsteavstandene tilfredsstilles.

Punkt 6.7 Landbaserte stamfisk- og yngel/settefiskanlegg (alle arter) – anbefalte minsteavstander

«Som hovedregel kan søknad om etablering eller utvidelse av landbaserte stamfisk- og yngel/settefiskanlegg gis godkjenning, dersom øvrige krav oppfylles og forutsatt at et eventuelt sjøvannsinntak oppfyller følgende anbefalte minsteavstander i forhold til andre oppdrettsaktiviteter:

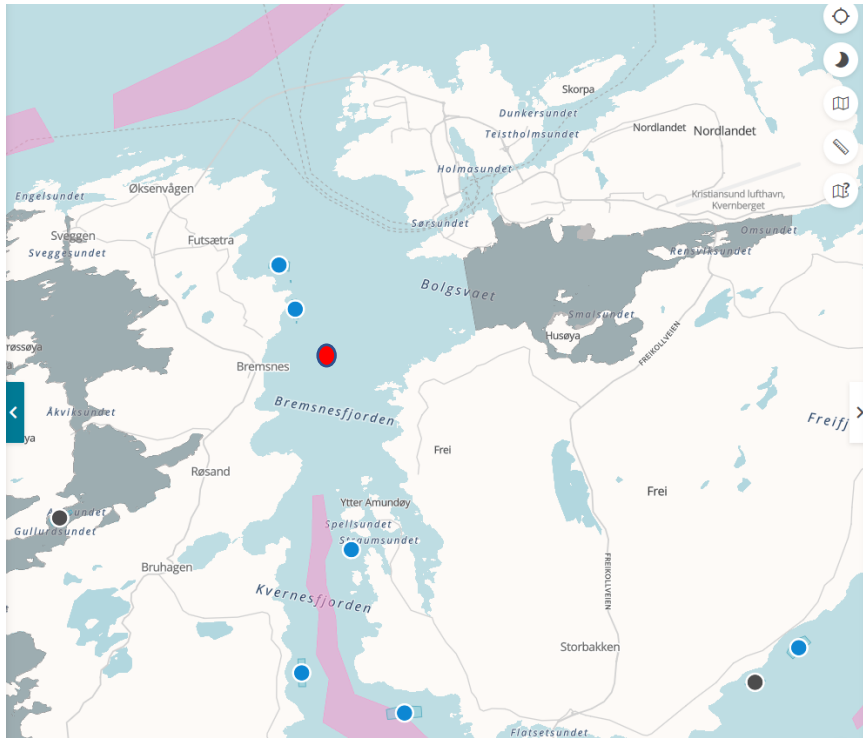
*Anbefalt minsteavstand på 5 km i sjø til: fiskeslakterier/tilvirkingsanlegg, fiskeoppdrettsanlegg og notvaskerier.
Anbefalt minsteavstand på 2,5 km i sjø til: viktige transportruter (farleder) for levende laksefisk.*

For landbaserte stamfisk- og yngel/settefiskanlegg skal plasseringen av avløpsledningen vurderes på tilsvarende måte som for landbaserte matfiskanlegg. Ved etablering av nye yngel/settefiskanlegg bør det også gjøres en vurdering av muligheten til å transportere fisk ut av anlegget på en smittemessig forsvarlig måte.»

I et svar fra Veterinærinstituttet på bestilling av kunnskapsstøtte til Mattilsynet vedr. smittespredning mellom landbaserte akvakulturanlegg av 10. juni 2020 VI referanse 20/04750, skriver Veterinærinstituttet som svar på spørsmål 5:

«Er det eventuelt noen virksomheter (produksjonsformer) som kan ha kortere innbyrdes avstander eller ingen avstandskrav, etter Veterinærinstituttets vurdering? Eventuelt hvilke? «Et eksempel på en anleggsform som bør kunne drives smittehygienisk forsvarlig uten avstandskrav til naboanlegg er innebygde anlegg basert på RAS-teknologi, der både innløps- og avløpsvann desinfiseres. Det bør være fysisk skille mellom anleggene i form av gjerde eller mur. Det kan også være fornuftig med en minimumsavstand som et ledd i avgrensningen av det enkelte anlegg mot omgivelsene, men dette er ikke vitenskapelig begrunnet. Dersom anleggene har mindre smittesikker oppbygging, bør avstand vurderes som smittereduserende tiltak. Det er imidlertid vanskelig å angi klarer grenser,

siden vektorer som fugl og andre dyr kan frakte smitte over store avstander. Individuell behandling vil være nødvendig, og det er i alle tilfeller nødvendig å vurdere plasseringen av vanninntak og vannutslipp kritisk.»



Figur G.1: Kart over det aktuelle området hentet fra Barentswatch. Figuren viser alle sjølokaliteter som ligger nærmere enn 5,1 km fra planlagt utslippssted for avløpsvann fra Averøy Industripark AS. Følgende lokaliteter ligger innenfor det angitte området:

- | | |
|--------------------------------|--------|
| • Lokalitet 12 871 Hogsnes | 1,7 km |
| • Lokalitet 30 337 Hogsneset N | 2,4 km |
| • Lokalitet 12 872 Kattholmen | 2,5 km |
| • Lokalitet 12 870 Leite | 4,5 km |
| • Lokalitet 12 879 Endreset | 5,1 km |

Som figuren over viser er det 4 lokaliteter som ligger innenfor en radius på 5 km fra det planlagte utslippsstedet for avløpsvannet.

Strømmodellering

Åkerblå AS har på oppdrag fra Averøy Industripark AS gjennomført en modellering av utslippsvannets spredning i det aktuelle området og sett på vannslektsskapet mellom utslippsstedet og de sjølokalitetene som ligger nærmere enn 5 km fra det angitte utslippsstedet (se vedlegg 9 i skisseprosjekt). For å belyse smitterisikoen er konsentrasjonen av utslippsvann som når de mest nærliggende lokalitetene angitt. Konsentrasjonene av utslipp ved alle nabolokaliteter er vurdert som meget lave. Simuleringene viser at det er forsvinnende små mengder som når opp til sjøoverflaten. Og det meste transporteres nordover langs vestsiden av fjorden. Alle lokalitetene ligger under 0,5 promille av utgangsnivået og er høyest i konsentrasjon ved havbunnen. Konsentrasjonen av beslektet vann

avtar gradvis når man nærmer seg vannspeilet og er i området rundt 25 m fra vannspeilet aldri over 0,1 promille. Dette innebærer i utgangspunktet at avløpsvannet er fortynnet mer enn 10 000 ganger før det når områder hvor fisken på nabolokalitetene befinner seg. Det er Hogsnes og Hogsneset Nord, som er de to lokalitetene med høyest konsentrasjon av beslektet vann. De andre lokalitetene Kattholmen, Leite og Endreset er mindre påvirket av utslippet, og kun i korte perioder overstiger konsentrasjonen 0.01 ‰ som innebærer en fortynning på over 100 000 ganger.

Økende avstand som faktor for å redusere risiko for smitte baseres både på redusert risiko for vannbåren smitte og på redusert risiko for vektorbåren smitte. Avløpsvann fra et anlegg vil gradvis fortynnes med økende avstand fra utslippsstedet, og samtidig vil en andel av de smittsomme agens i vannet blir inaktivert underveis til neste vert. Hvilken avstand som kreves for å oppnå tilstrekkelig lavt smittepress i vannet, det vil si under «minimum infektiv dose», avhenger av en rekke forhold; bl.a. mengden agens som slippes ut per tidsenhet, hvor stabilt agenset er i det marine miljøet og strømhastigheten.

Avløpsvann utgjør på generell basis kanskje den viktigste smitekilden fra et landbasert anlegg. Det er derfor av stor betydning for biosikkerheten til omkringliggende akvakulturlokaliteter at dette vannet er fritt for alle typer patogener.

I et svar på en bestilling fra Mattilsynet til Veterinærinstituttet den 5. april 2016 ref.: 16/18359 i forhold til spørsmål om vurdering av gjeldende retningslinjer for brakklegging og desinfeksjon av ulike typer oppdrettsanlegg og behov for FoU, sier Mattilsynet følgende:

Forskrift 1997-02-20 nr 192 stiller krav til desinfeksjon av inntaksvann til og avløpsvann fra akvakulturrelatert virksomhet, hvor metoden er vist å gi 99,9% inaktivering av ILA- side 6 av 8 Kunnskapsstøtte – Brakklegging og desinfeksjon virus. Kjemisk felling og UV-bestråling med UV-dose ≥ 25 mWs/cm² (mJ/cm²) er godkjent metode. ILA-virus er 99,9 % inaktivert ved UV-dose 7,5 mJ/cm². Nodavirus og IPN-virus er 99,9 % inaktivert ved henholdsvis 104 og 246 mJ/cm² (Liltved et al, 2006). Angående inaktivering av PD-virus finnes det ikke dokumentasjon, men på bakgrunn av det vi vet om virkningsmekanismene ved UV-bestråling, kan vi likevel anta at PD-viruset vil bli inaktivert ved UV-dose ≥ 25 mWs/cm². Forventet effekt av UV mot PD baserer seg på kunnskap om hvordan UV virker på forskjellige virustyper avhengig av virusmorfologi, størrelse, genom osv. Basert på virion-egenskaper hos Salmonid alphavirus antar vi at dette viruset ikke er veldig motstandsdyktig mot UV. Det ligger sannsynligvis nærmere ILAV enn Nodavirus og IPNV. UV-dose på 25mWs/cm² er en minimumsdose, og dersom praktisk mulig bør den økes.

Hos Averøya Industripark AS er det planlagt en avløpsbehandling som er langt over det som stilles som krav i forskrift. Avløpsvannet vil i tillegg til å bli utsatt for en finfiltrering og denitrifikasjon, bli ozonert. Med tanke på avløpsvannets holdetid før det treffer sjøvannet som er beregnet til rundt 4 minutter, er det mer enn nok tid for en grundig ytterligere desinfeksjon av vannet gjennom bruken av Ozon. Kombinasjonen av finfiltrering, denitrifikasjon, bruken av ozon med 4 minutter holdetid skal sikre mot at avløpsvannet som munner ut i sjøen ikke skal bære med seg infektive organismer av hverken parasitter, virus eller bakterier. Dette avløpsvannet blir altså deretter utsatt for en kraftig fortynning samtidig som det spres over en tidsramme før det ikke er detekterbart lengre.

Det er lagt inn en redundans i behandlingen av avløpsvannet slik at man er sikret at alle de smittehygieniske barrierene er oppe til enhver tid. Uavhengig av strømforsyning og om en av komponentene skulle falle ut.

MarinHelse AS finner det som svært usannsynlig at avløpsvannet som eventuelt skulle nå fisk på nabolokaliteter skal inneholde parasitter bakterier eller virus. Det er lagt inn betydelig mer sikkerhet knyttet til desinfeksjonen av avløpsvannet enn det som forlanges av forskrift og som alene er vist at gir en tilstrekkelig behandling av avløpsvannet. Skulle noen få agens på tross av dette forefinnes i avløpsvannet og uansett nå frem til lokalitetene vil deres antall og infektivitet være såpass lav at de ikke vil være i stand til å utløse sykdom. De planlagte barrierene på alt av vannforsyning og avløp fra Averøy Industripark AS vil beskytte anlegget på en god måte samtidig som de beskytter de omkringliggende akvakulturlokalitetene i nærområdet mot økt bakgrunnssmitte fra etableringen til Averøy Industripark AS.

G. KARTLEGGING, RISIKOVURDERING OG RISIKOMINIMERING KNYTTET TIL DE VIKTIGSTE SMITTEMESSIGE UTFORDRINGENE

I de senere år har begrepet "biosikkerhet" fått økende anvendelse innen biologiske produksjoner. Ifølge Verdens matvareorganisasjon (Food and Agricultural Organization - FAO) er biosikkerhet forebyggende tiltak som har som mål å redusere risikoen for introduksjon og overføring av smittestoffer og infeksjonssykdommer. De viktigste kildene og smitteveiene som fører til introduksjon av smitte i et oppdrettsanlegg er levende fisk, vann og vektorer. Figuren under fra Lillehaug et al. 2015, viser en generell presentasjon av ulike infeksjonsveier og graden av risiko knyttet til de ulike infeksjonsrutene.



Begrepet «risiko» benyttes for å gi uttrykk for både sannsynligheten for og konsekvensen av en hendelse. Risiko har således blitt et begrep som inkluderer to ulike forhold. Dette kommer også til uttrykk når en snakker om sykdommer i dagligtale. En snakker om risikoen for kreft, men ikke om risikoen for forkjølelse, der konsekvensene av sykdommen er mindre alvorlig. Transport av biologisk materiale som levende fisk og rogn, som kan inneholde smittestoffer, har økt i omfang i en voksende oppdrettsnæring. Samtidig etableres en rekke akvakulturanlegg både i sjø og på land som tilføres vannmasser og utstyr som mulig kan føre med seg smittestoff. Dette har skapt et behov for faglige vurderinger både av sannsynligheten for og konsekvensen av spredning av smittestoffer. Dette er vurderinger som i første rekke gjøres av fagpersoner ved vitenskapelige institusjoner, og de kalles risikovurderinger.

Begrepet «risiko» assosieres ofte med en fare eller trussel. Det er ikke nødvendigvis tilfellet ved en risikovurdering, der en liten eller lav risiko er et resultat som skal oppfattes som noe positivt.

Myndigheter, næringer og eiere av biologiske produksjoner iverksetter tiltak for å redusere sannsynligheten for introduksjon av nye smittestoffer og/eller for å redusere de uheldige konsekvensene ved introduksjonen av smitte. En bruker ordet risikohåndtering om tiltak som gjennomføres på grunnlag av risikovurderinger, herunder forebyggende eller risikoreduserende tiltak. En samlebetegnelse for risikovurdering og risikohåndtering er risikoanalyse.

En risikovurdering kan omfatte levende fisk, egg eller andre produkter. Omfanget kan være en enkelt fiskeart, eller fisk generelt i ferskvann eller sjøvann. Det kan omfatte én mikroorganisme eller smittestoffer mer generelt. I mange tilfeller finnes det begrenset mengde forskningsbasert kunnskap både om smittestoffets egenskaper og utbredelse, og mottakelighet og bærertilstand hos ulike fiskearter, samt betydningen av smitte hos villfisk. Mangelfullt kunnskapsgrunnlag svekker muligheten for å lage gode risikovurderinger, både kvantitative og kvalitative. Kunnskap basert på overvåking av helse og sykdom er grunnleggende for utarbeidelse av risikovurderinger. Dette kan være forekomst av sykdom og/eller dødelighet basert på registreringer i felt eller på laboratorieundersøkelser. Data fra oppdrettsanlegg er mulig å fremskaffe. Når det gjelder helse og sykdom hos villfisk, er det langt vanskeligere, i enkelte tilfeller umulig å fremskaffe pålitelige data. Det foreligger få risikovurderinger som omfatter flere smittestoffer med betydning for norsk akvakultur. I 2010 laget Veterinærinstituttet en risikoprofil for sykdommer i norsk fiskeoppdrett på oppdrag fra Mattilsynet (Brun og Lillehaug 2010). En omfattende rapport fra Havforskningsinstituttet gir også en beskrivelse av risikoen for enkelte infeksjonssykdommer (Taranger et al. 2015). I 2018 ga Veterinærinstituttet ut rapporten «Smitte mellom oppdrettsfisk og villfisk: Kunnskapsstatus og risikovurdering» som beskrev ulike risikobilder knyttet til smitte mellom oppdrettsfisk og villfisk. (Lillehaug et al. 2018).

Utvalgte patogener

En rekke arter av bakterier, virus, sopp og parasitter kan smitte og gi sykdom hos fisk i oppdrett i ferskvann og sjøvann. De ulike smittestoffene har ulike egenskaper, både når det gjelder reservoar, evne til å fremkalle sykdom hos ulike arter og overlevelse i ferskvann og sjøvann. Dette kaller vi for biofysiske egenskaper. Det er forskjell på de biofysiske egenskapene til de ulike agens. Biofysiske egenskaper kan også bety evnen til å motstå for eksempel tørke, desinfeksjonsmidler, UV-stråler, ozonering, overlevelse utenfor verten, vertsspesifisitet, om agenset er vertikalt overførbart etc. Dermed er det også forskjell fra agens til agens når det gjelder hvilke smitteveier som er mest relevante, og hvor stor sannsynlighet det er for overføring mellom anlegg.

En annen faktor ved det enkelte agens, når en skal vurdere potensialet for smittespredning, er begrepet «minimum infektiv dose»: Hvor mange agens, eller hvilken tetthet av agens, er nødvendig for å etablere en infeksjon hos et mottakelig individ. For etablering av infeksjon er det i teorien tilstrekkelig at eksempelvis én parasitt treffer én fisk i besetningen. I praksis har det imidlertid vist seg at dette vanligvis ikke er tilstrekkelig. Det er en kjent problemstilling at kohabitant-smitteforsøk ikke bestandig blir vellykket fordi infeksjonen ikke blir etablert hos kohabitantene. Årsaken til dette fenomenet er blant annet fiskens uspesifikke immunforsvar som klarer å håndtere smitte opp til et visst nivå. Det er trolig stor forskjell i størrelsen på minimum infektiv dose mellom ulike smittestoff. Det er for eksempel kjent at PD-virus og *Aeromonas salmonicida* er svært smittsomme mens for eksempel *Vibrio salmonicida* er mindre smittsomt. Økende avstand som faktor for å redusere risiko for smitte baseres både på redusert risiko for vannbåren smitte og på redusert risiko for vektorbåren smitte. Avløpsvann fra et anlegg vil gradvis fortynnes med økende avstand fra utslippsstedet, og samtidig vil en andel av de smittsomme agens i vannet

bli inaktivert underveis til neste vert. Hvilken avstand som kreves for å oppnå tilstrekkelig lavt smittepress i vannet, det vil si under «minimum infektiv dose», avhenger av en rekke forhold; bl.a. mengden agens som slippes ut per tidsenhet, hvor stabilt agenset er i det marine miljøet og strømhastigheten. En effektiv minimering av smittestoff i innløpsvann/avløpsvann før det tas inn/ut av anlegget vil således være av stor betydning for den gitte smitterisiko.

I oppdrett vil det være et stort antall mottakelige individer. Mange blir smittet og infeksjonen opprettholdes i miljøet. Dette blir kanskje ytterligere forsterket i en situasjon hvor man resirkulerer vannet på den måten Averøy Industripark AS har skissert i sine planer. I det følgende gis det en omtale av enkelte smittestoffer der sannsynligheten for og konsekvensen ved overføring av smitte fra ovenfornevnte kilder synes å være spesielt stor, eller det er lite kunnskap om disse forholdene. For en mer detaljert gjennomgang av de sykdommene nevnt under henvises det til vedlegg 2-10. Her vil også de risikominimerende tiltakene være utdypet nærmere.

Averøy Industripark AS har som mål å gjøre alt som er mulig for å ta inn patogenfri rogn til anlegget og ivareta denne smittestatusen gjennom å tilnærmet sterilisere alt av inntaksvann som blir benyttet i produksjonen. Dette sammen med tiltak knyttet til smitte fra omgivelsene (vann, luft, utstyr, mennesker og dyr), skal totalt sette gjøre produksjonen hos Averøy Industripark AS så forutsigbar som mulig.

På tross av at summen av disse smittebarrierene i produksjonen fremstår som solid, må man forvente at enkeltagens eller flere forskjellige agens vil kunne dukke opp gjennom produksjonen. Det viktigste i slike sammenhenger er å ha et godt system for kartlegging og tidlig oppdagelse av smittestoff samtidig som man har verktøy og muligheter til å fjerne smittestoff som kommer inn i produksjonen på en sikker og effektiv måte. Averøya Industripark AS har hele sin produksjon i lukkede driftsbygninger som igjen er delt inn i avdelinger som igjen er delt inn i isolerte biofilterenheter. For å komme inn i en ny biofilterenhet må man gjennom en smitteluse. Den nye RAS-II teknologien er i tillegg implementert i systemer hvor hvert enkelt biofiltersystem er sitt eget resirkuleringsanlegg. Dette bryter opp produksjonsenheter betydelig sammenlignet med tradisjonelle RAS-anlegg som har et resirkuleringssystem med en bioreaktor til hele avdelinger. Dette gir Averøy Industripark AS større muligheter til å avgrense smitte til mindre deler av den totale produksjonslinjen. Dette vil effektivisere de smittehygieniske tiltakene og blant annet redusere konsekvensene for fisken og bedriften og bidra til å gjøre saneringer mindre omfattende og tidkrevende. Averøy Industripark AS skal etablere saneringsrutiner og brakkleggingsrutiner som allerede er utprøvd og fungerer hos andre selskaper med lukkede systemer basert på resirkuleringsteknologi.

Erfaringer fra Nordland Akva AS, Salmar Settefisk AS, Nord Norsk Smolt AS, Hardingsmolt AS og Smøla Klekkeri og Settefisk AS, er implementert i driften og skal sikre at det skal være mulig å fjerne uønskede agens fra anlegget hvis de har kommet igjennom de smittebarrierene som er igangsatt. Her vil hver enkelt avdeling/kar i anlegget bli tatt ned og mekanisk rengjort samt vasket i sirkulasjon før ozon blir kjørt igjennom alt av rør, kar, luftesystemer, kjegler inkludert biofilteret. Resirkuleringssystemet til Averøy Industripark AS er mye mer kompakt og oversiktlig enn det som er vanlig i tradisjonelle resirkuleringssystemer, noe som gjør dette arbeidet mindre ressurs- og tidkrevende. Dette skal nullstille bakterie- og virusforekomstene i avdelingen/karet og fjerne eventuelle uønskede agens før man flytter inn ny fisk i avdelingen/karet. Frekvensen på denne saneringen vil avhenge av funnene i smitteovervåkningsprogrammet. Det er basert på andre anleggs erfaringer fullt mulig å vaske ned, sanere og starte opp avdelingen igjen med ny biofilterkur innen 14 dager forutsatt at man starter med en ekstern pøde av biofilterkultur. Fire dager med mekanisk nedvask, tre dager med ozon i sirkulasjon og 1 uke til modning av biofilteret med en ekstern pøding fra en isolert biofilterkultur. Dette muliggjør en slik operasjon under vanlig produksjon i de brakkleggingspausene som er mellom de fire planlagte årlige innleggene.

Vi viser til følgende vedlegg for en mer detaljert fremstilling av risikoanalysene knyttet til hvert enkelt aktuelle agens i settefiskanlegget og området rundt og nøyer oss med en oppsummering av de viktigste tiltakene i selve biosikkerhetsplanen.

- Vedlegg 1: Smitteovervåkningsprogram Averøy Industripark AS
- Vedlegg 2: Risikoanalyse -Inntak av smittestoffer via ferskvannsinntak til settefiskanlegg
- Vedlegg 3: Risikoanalyse - Inntak av smittestoffer via sjøvannsinntak til settefiskanlegg
- Vedlegg 4: Risikoanalyse - Vertikal smitte av ILA
- Vedlegg 5: Risikoanalyse – Vertikal smitte av BKD
- Vedlegg 6: Risikoanalyse - Vertikal smitte PMCV
- Vedlegg 7: Risikoanalyse – Inntak av Yersinia Ruckeri via vanninntak
- Vedlegg 8: Risikoanalyse – Inntak av Branchiomonas cysticola via vannsinntak
- Vedlegg 9: Risikoanalyse – Inntak av SGPV (Poxvirus) via vannsinntak
- Vedlegg 10 : Risikoanalyse – Inntak av PRV-smitte

Sannsynligheten for påvisning av meldepliktige sykdommer i resirkuleringsanlegget inkludert ILA vurderes som liten på bakgrunn av de iverksatte tiltak på inntakssiden av ferskvann og sjøvann. Allikevel fremstår risikoen for et uoppgdaget inntak via rogn og rognvæske som den største trusselen med henblikk på at fisken skal føres helt frem til slaktestørrelse. Selv om hver foreldrefisk blir screenet for ILA-virus kan sluttproduktet rognen i seg selv i praksis være vanskelig å dokumentere som fullstendig smittefri. Man vet av stamfiskundersøkelser at viruset er til stede i relativt mange stamfiskgrupper og at dette kan være en mulig smittekilde selv om all foreldrefisk blir undersøkt for viruset før de blir benyttet i avlen. En påvisning av meldepliktig sykdom vil ha stor helsemessig, driftsmessig og økonomisk betydning for selskapet og medfører dermed en risiko som må tas hensyn til. Dette er spesielt viktig med tanke på matfiskproduksjonsavdelingen som skal ta fisken fra 150-5300 gram. ILA er en alderssykdom og rammer som regel voksen fisk. Dette er en av årsakene til at det er såpass få utbrudd av sykdommen registrert i ferskvann. Skulle sykdommen ILA bryte ut i matfiskproduksjonsavdelingen er det av stor betydning at det ikke påvises samme smitte i de tidligere avdelingene. Nå går det kun fisk i en retning gjennom produksjonen til Averøy Industripark AS, men det er uansett viktig å implementere løsninger som tegner et klart skille mellom denne siste driftsbygningen og de øvrige. Derfor er det planlagt adskilte driftsbygninger med en egen inngang med egen personalavdeling samt egne røktere som røkter i begrensede antall resirkuleringsenheter som alle har egne smittesluser. Det er ingen forbindelser mellom de ulike driftsbygningene, kun transportrør som fisken blir sluset gjennom. Formålet er å dokumentere isolasjon av viruset til den avdelingen hvor et agens eventuelt skulle bli oppdaget.

Inntil nylig var IPN av betydning, men bruk av IPN-resistent rognmateriale (QTL-IPN) gjør at dette ikke lenger vurderes som et avgjørende problem og at det ikke foreligger et behov for fortløpende screening mot dette agenset.

ILA er som nevnt en sykdom som stort sett bryter ut sent i sjøvannsproduksjonen og det har vært flere regionale epidemier av denne sykdommen i Nordland fylke i 2014, 2015 og 2017. Sykdommen påvises sjelden i settefiskanlegg, men ble altså påvist hos resirkuleringsanlegget Nordland Akva AS i 2015 og spredt derfra til totalt fire matfisklokaliteter i Nordland, Troms og Finnmark. I perioden 2019-2020 ble det påvist en rekke utbrudd av ILA i Troms og Finnmark som er blitt knyttet til forekomsten av HPRO i RAS-anlegg i regionen. HPRO som kommer inn i et RAS-anlegg ser ut til å trives godt og kan oppformeres og spres til store deler av fisken. Forekomsten og nivået av dette viruset i liten fisk kan være utgangspunktet for mange av disse utbruddene og bidra til å forklare den store

oppgangen av utbrudd i regionen. Dette viser betydningen av å screene smolten for ILA før inntak av rogn og under produksjonen i et RAS-anlegg. Fra Averøy Industripark AS sin side viktig først å sette søkelys på at den rogn som tas inn ikke er bærer av ILA-virus. Deretter er det viktig å følge opp fisken fortløpende for å se om viruset allikevel skulle dukke opp. Dette særlig da man vet at ILA er en alderssykdom og at sykdommen ofte først manifesterer seg på gammel fisk nær slaktetidspunkt.

Averøy Industripark AS skal produsere deler av produksjonen frem til slaktevekt, noe som gjør denne sykdommen mer aktuell enn det som ellers er vanlig for et tradisjonelt smoltanlegg. Screening av foreldrefisk, kontroll av rogn og oppfølging av viruset gjennom anleggets overvåkningsprogram vil gjøre at viruset hurtig oppdages hvis det skulle dukke opp i anlegget. Selskapets evne til å reagere hurtig og effektivt på enkeltfunn gjennom å sanere den delen av anlegget som er rammet vil bidra til å redusere risikoen for en total brakklegging av anlegget. Det er svært usikkert hvordan forvaltningen vil håndtere et utbrudd av sykdommen ILA i et slikt landbasert anlegg med produksjon av fisken helt frem til slakt. For å unngå at hele anlegget må brakklegges og all fisk destrueres må hver avdeling være så godt smittemessig atskilt fra andre avdelinger at forvaltningen oppfatter dem som egne smittemessige enheter. Det er mulig at dette er lettere å akseptere når matfiskproduksjonen som i dette tilfellet foregår i en egen bygning på industriområdet atskilt fra den øvrige produksjonen. Risikoen for å utvikle ILA i anlegget er absolutt til stede selv om den vurderes som liten og anses av MarinHelse AS for å være den største trusselen mot en forutsigbar produksjon i anlegget.

Bakteriell nyresyke eller BKD er en annen meldepliktig sykdom på laksefisk. Dette er en alvorlig, kronisk sykdom som skyldes infeksjon med bakterien *Renibacterium salmoninarum*. Det er veldokumentert at sykdommen spres ekte vertikalt ved at bakterien kan befinne seg inne i rognkornet og dermed være utilgjengelig for desinfeksjonsmidler. I Norge har fokuset derfor vært på overvåkning av stamfisk og rogn som går ut i markedet. Når det gjelder bekjempelse er det for stamfisk en nulltoleranse, den vertikale smitteoverføringen gjør at det å holde stamfisk-populasjonene fri for BKD er det viktigste, forebyggende bekjempelsestiltaket. Et vanlig tiltak er å intensivere overvåkingen vår og sommer før stamfisken overføres til ferskvann. Da kan en oppdage BKD så tidlig at den påtenkte stamfisken stadig er mulig å slakte og erstatte med en smittefri populasjon. Dette vil begrense tapene sterkt. Denne strategien har vært god og ser man på antall utbrudd de siste 15 år, så er BKD en sykdom som kun opptrer sporadisk og det har ligget mellom 0-3 utbrudd de siste 10 årene. På bakgrunn av resultatene knyttet til denne håndteringen er det forsvinnende lite biologiske effekter av denne sykdommen i Norge i dag. På bakgrunn av dette ser vi ikke at det er nødvendig for det nye anlegget på Averøya å iverksette ytterligere tiltak overfor denne sykdommen utover de som allerede er implementert i driften på det nye anlegget hvor det skal være mulig å gjennomføre gode generelle smittehygieniske tiltak på alle nivåer. Foreldrene til rogn vil være individtestet fri for BKD og dette vil være den viktigste barrieren. På bakgrunn av de overfor nevnte momenter anser vi det som svært usannsynlig at vertikal smitte av BKD vil forekomme. Risikoen vil være ubetydelig.

Bakterien *Branchiomonas cysticola* som forårsaker sykdommen epiteliocystis er av mange resirkuleringsanlegg ansett som den sykdommen som har ført til størst helse- og velferdsmessige problemer de siste årene. Bakterien forårsaker en kraftig gjellebetennelse hos fisk og har vist seg å trives å oppformerer godt i resirkulert vann. Bakterien er funnet i ferskvannskilden til flere anlegg på villfisk og blir ført inn i anleggene regelmessig gjennom vanninntaket. Averøy Industripark AS har som en konsekvens av denne bakterien og andre viktige agens med sitt utgangspunkt fra ferskvann, opprettet effektive sperrer i vanninntaket som skal sørge for at denne bakterien ikke kommer inn og forårsaker sykdom på fisken. En inntaksbarriere på ferskvannet bestående av finfiltrering, ozonering og UV-behandling har vist seg å være en svært effektiv barriere mot bakterien. I vårt tilfelle kommer en membranfiltrering inn i stedet for ozonering og gjør sikkerheten enda større. Erfaringene fra andre anlegg som har vært igjennom en sanering på bakgrunn av denne sykdommen og i ettertid fulgt opp patogenstatusen gjennom et

overvåkningsprogram, har vist at bakterien etter en innføring av disse barrierene holdes borte fra anlegget. Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det en svært liten risiko for utbrudd av epiteliocystis, forårsaket av *B. Cysticola*, hos Averøya Industripark AS.

En annen sykdom som har økt i betydning og aktualitet de siste årene og som har vært plagsom for fisken i flere resirkuleringsanlegg i flere år er Yersiniose. Yersiniose skyldes en infeksjon med bakterien *Yersinia Ruckeri* tilhørende familien Enterobacteriaceae. Sykdommen kan opptre hos ulike fiskearter, men er hovedsakelig et problem hos laksefisk. I Norge assosieres den nesten utelukkende med atlantisk laks, hvor den gjerne manifesterer seg som en blodforgiftning med blødninger og sirkulasjonssvikt. Yersiniose opptrer vanligvis i settefiskfasen, men har de siste 5 årene, i stadig alvorligere grad, også opptrådt i sjøfasen. Det er antatt at smitten fortrinnsvis introduseres i settefiskfasen og da gjerne vertikalt med rogn men også via ferskvannsinntak. Fokuset fra forvaltningen sin side har derfor vært å fjerne smitten i ferskvannsfasen. Denne bakterien ser ut til å trives svært godt i partikkelrikt vann og anlegg med gjenbruk eller resirkuleringsteknologi er dermed spesielt utsatt. Det er derfor behov for styrke kontrollen av rogn ved inntak til anlegget samtidig som denne bakterien også, hvis den skulle forefinnes i ferskvannskilden, vil bli eliminert av tiltakene i vanninntaket. Med utgangspunkt i de solide ferskvanns- og sjøvannsbarrierene som det er lagt opp til hos Averøya Industripark AS samt de preventive tiltakene opp mot stamfisk og vertikal overføring, anser MarinHelse AS risikoen som liten for at yersiniose skal komme inn og etablere seg i anlegget. Hvis så skulle skje er det effektive måter å sanere rammede kar/avdelinger på inkludert det tilhørende biofiltersystemet.

I forhold til risiko for meldepliktige sykdommer som nevnt ovenfor vurderes HSMB som et unntak. Sannsynligheten for påvisning av HSMB i Averøya Industripark AS sitt anlegg er ikke ubetydelig, da denne sykdommen de siste årene har blitt svært utbredt i norsk oppdrettsnæring. Piscint orthoreovirus (PRV) er et svært utbredt virus hos oppdrettet og vill atlantisk laks i Norge og påvises svært hyppig og i en stor andel hos stamfisk. Stamfiskprodusenter har i dag store utfordringer knyttet til å levere rogn fra foreldrefisk som er testet negativ for PRV-viruset. Dette har ført til at mange produsenter som ønsker PRV-fri rogn, ikke får dette. Dette innebærer at viruset ofte blir brakt inn i ferskvannsanleggene via rognmaterialet.

HSMB påvises oftest hos ung laks i sjøvannsfase, men også i ferskvann. Sykdommen gir moderat, men varierende grad av dødelighet, og i kombinasjon med stress og håndtering blir utfallet gjerne mer alvorlig. Rammet fisk får ofte større sirkulasjonsforstyrrelser og skader i hjertemuskulaturen som igjen fører til opphopning av væske i bukhalen. Skader i skjelettmuskulaturen gjør at fisken ikke er like aktiv som vanlig. At HSMB-utbrudd i sjøen kan kobles til settefiskanlegg i form av sykdomsfrie virusbærere vurderes som svært sannsynlig. I anlegg som ikke utarbeider og legger til rette for gode rutiner for å kunne legge et resirkuleringssystem brakk og få sanert hele biofilteret og tilhørende utstyr samt kar, så kan man i teorien opprettholde og spre videre et virus som PRV-viruset.

«Husstammer» er et velbrukt kallenavn i slike sammenhenger. Averøya Industripark AS er av den oppfatning at de tiltak som er planlagt og de driftstiltak knyttet til fortløpende bruk av ozon i driftsvann og regelmessige brakklegging og sanering av biofiltersystemer gjør at denne sykdommen også vil kunne håndteres på en bedre måte enn tidligere. Dette gjelder alle former for «husstammer» som vil kunne etablere seg. Her inkluderer vi også HPRO-utgaven av ILA-viruset.

CMS, eller «hjertesprekk», har vært kjent i hele oppdretts Norge siden 1985, men PMCV (piscint myokardittvirus) som ser ut til å forårsake sykdommen, ble ikke identifisert før i 2010. CMS er et av de større sykdomsproblemene innenfor norsk lakseoppdrett. Sykdommen fører til redusert fiskevelferd og dødelighet for et høyt antall fisk hvert år, samt betydelige økonomiske tap for næringen. I Fiskehelserapporten for 2018, fremheves CMS som den viktigste infeksjøs sykdommen i norsk lakseoppdrett etter lakselus. I 2003 ble de direkte årlige kostnadene grunnet CMS, beregnet til å ligge på mellom 33,5 og 66,3 millioner norske kroner for industrien som helhet. Dette

da det i all hovedsak er stor fisk som rammes av sykdommen. Etter 2007 har antall CMS tilfeller registrert hos Veterinærinstituttet og private laboratorier, gått fra under 70 til over 100 per år. Dette gjelder også for 2020. CMS er derfor uomtvistelig en av de største tapsfaktorene i norsk oppdrettsnæring på stor fisk. CMS-utbrudd og CMS-relatert patologi er ikke beskrevet fra settefiskanlegg. Viruset PMCV blir imidlertid påvist i form av positive PCR resultat i denne fasen og en nylig avsluttet studie har vist at infisert stamfisk har overført viruset til befruktede egg. Dette indikerer at viruset kan være vertikalt overførbart. For Averøy Industripark AS er dette en sykdomsutfordring som kan føre til store tap. Siden sykdommen som regel rammer stor og hurtigvoksende fisk sent i produksjonsforløpet, så er dette en kostbar sykdom som også belaster produksjonen på andre måter grunnet den store biomassen av dødfisk som genereres. Fokuset må være på å sikre PMCV-fri rogn og ha tro på at inntaksbarrieren på sjøvann forhindrer et evt. inntak av virus med denne kilden. Kan vi sikre produksjonen PMCV-fri rogn, så er det MarinHelse AS sin oppfatning at risikoen for å få store problemer knyttet til sykdommen CMS som begrenset.

Sykdommen Laksepox påvises i hovedsak på smoltifiserende fisk mot slutten av produksjonssyklusen i et vanlig settefiskanlegg. Det er også i denne fasen av produksjonen at de mest omfattende konsekvensene av en slik infeksjon kan konstateres. «Laksepox» (Salmon gill poxvirus disease - SGPVD) forårsakes av Salmon gill poxvirus (SGPV) og fører til en kraftig gjellebetennelse hos fisken. I utgangspunktet kan man finne POX-viruset i settefiskanlegg både med og uten resirkulering og med og uten sjøvannstilsetning, samt at man finner det på fisk på sjølokaliteter. Siden «laksepox-viruset» er et nylig beskrevet virus, har man foreløpig ikke nok kunnskap om hvordan man kan hindre smittespredning. Det foreligger per i dag ikke kunnskap om virusets evne til å overleve i vann eller biofilm eller hvordan brakklegging og desinfeksjonsmåter kan bryte smitteskjeder og senke infeksjonspresset. Dette gjør det vanskelig å sette inn målrettede tiltak mot viruset og sykdommen. Viruset er antatt å stamme fra ferskvannskilden til settefiskanleggene og fokus har vært på å sikre vanninntakene og styrke denne smittebarrieren. Erfaringer fra perioden 2018-2020 viser imidlertid at dette viruset påvises hos fisk i resirkuleringsanlegg på tross av en ferskvannsbarriere bestående av både ozon og UV-bestråling. På bakgrunn av dette er det etablert en ytterligere barriere mot viruset, nemlig membranfiltrering. Siden Pox-viruset er et av de største kjente virusene skulle denne fysiske barrieren fungere godt og fjerne dette viruset samt andre effektivt fra inntaksvannet. Erfaringene så langt tilsier imidlertid at utbrudd av denne sykdommen på oppvarmet vann i resirkuleringsanlegg tilhører sjeldenhetene. Risikoen for utbrudd av denne sykdommen anser derfor MarinHelse AS som svært usannsynlig. Tatt den manglende kunnskapen knyttet til virusets egenskaper og muligheter for bekjempelse, bør fokuset være på andre forebyggende tiltak knyttet til utbrudd av sykdommen som er nærmere beskrevet i en egen prosedyre i anleggets internkontrollsystem.

H. PLAN FOR OVERVÅKING AV SMITTESITUASJONEN I ANLEGGET

Plan over rutinemessig pcr-screening av aktuelle bakterier og virus gjennom en produksjonssyklus

Vertikalt overførbare sykdommer, ekte eller uekte, har fått en stadig større betydning for sykdomsutviklingen både i ferskvannsfasen og sjøvannsfasen. En rekke viktige agens ser ut til å kunne overføres vertikalt og utløser sykdom stadig tidligere i produksjonen. Et ferskt eksempel på dette er PRV-viruset som forårsaker sykdommen HSMB. Et annet aktuelt virus i denne sammenheng er ILA-viruset. Enten i form av HPRO eller HPR-deletert.

Averøy Industripark AS skal bruke rogn fra norske og islandske leverandører. Sykdomskontrollen på norsk og islandsk stamfisk og rognproduksjon er underlagt egne relativt like regler og vurderes som god. Innføring av smittsomme sykdommer med rogn ses imidlertid på som en risikofaktor som det må tas hensyn til. Vertikal overføring av sykdommer er et stadig mer aktuelt tema knyttet til både virussykdommer og bakterielle sykdommer som for eksempel Yersiniose og HSMB. Det er satt opp et eget smitteovervåkningsprogram for driften hos Averøy Industripark AS. Dette programmet har som mål å overvåke et visst antall agens gjennom hele produksjonen. Blant disse agens er ILA (HPR0/HPR), Yersiniose og HSMB (PRV) som kanskje sees på som de store vertikalt overførbare utfordringene for resirkuleringsbaserte smoltanlegg i årene fremover. Utover disse tre agens har det på bakgrunn av andre anleggs erfaringer blitt vurdert å ta inn et fjerde agens, *Candidatus Branchiomonas cysticola*, som forårsaker epiteliocystis, som er blitt et stort problem i enkelte resirkuleringsanlegg. Kartlegginger av om denne bakterien forefinnes i inntaksvannet på ferskvannssiden skal imidlertid først gjennomføres før dette agenset eventuelt blir tatt med inn i overvåkningsprogrammet. Som et siste patogen er det besluttet å ta inn Poxvirus som har hatt en oppblomstring de siste årene og som vi ønsker å følge i startfasen av anlegget. I tillegg har smitteovervåkningsprogrammet som funksjon å dokumentere at de etablerte smittehygieniske barrierene fungerer.

For oppstarten hos Averøy Industripark AS vil følgende agens bli fulgt på månedlig basis;

- ILA (HPR/HPR0)
- Yersiniose (*Yersinia ruckeri*)
- Hjerne- og skjelettmuskelbetennelse, HSMB (PRV)
- Cardiomyopatisyndrom, CMS (PMCV)
- Epiteliocystis (*Branchiomonas cysticola*)
- Laksepox (SGPV)

I. PLAN FOR OPPLÆRING AV ANSATTE

Personer som arbeider med produksjon og stell av akvakulturdyr skal ha dokumentert og oppdatert kunnskap om fiskens behov, for slik å sikre at fisken trives og har god velferd. Det er av avgjørende betydning for den type biologisk produksjon som lakseoppdrett er, at de som planlegger og håndterer fisken i det daglige har den kompetansen som trengs for å føre fisken trygt gjennom produksjonen. Kunnskap knyttet til fiskens biologi, livssyklus og dens atferdsmønster, er kritiske i forhold til en vellykket drift. Averøy Industripark AS har som mål å lære opp sin stab målrettet mot den produksjonen som er planlagt og den driftsplanen som er lagt. Denne skal støttes opp med annen kunnskap knyttet til alle støttefunksjoner som er nødvendige for å sikre produksjonen. Dette innebærer et opplæringsprogram som skal gjennomføres før fisken tas inn i anlegget. Opplæringsprogrammet inneholder følgende emneområder:

- Beste praksis RAS
- Fiskevelferdskurs for settefiskanlegg
- Kurs i kjemikaliehåndtering
- Veterinær medhjelpkurs for ferskvann
- Rømmingssikringskurs
- Kurs i hygiene og biosikkerhet

J. BEREDSKAP- OG TILTAKSPLANER KNYTTET TIL DE VIKTIGSTE PROSESSTEKNISKE UTFORDRINGENE OG PRODUKSJONSLIDELSENE SOM KAN FØRE TIL HØY DØDELIGHET

Det er ikke bare alvorlige smittsomme sykdommer som skal inkluderes i en biosikkerhetsplan. Det finnes en rekke forskjellige tilstander og hendelser som kan føre til en svært negativ påvirkning på kvaliteten til fisken, gi høy dødelighet og kritiske avbrudd i produksjonen. Vi kan kalle disse produksjonshendelser eller produksjonslidelser. Noen av disse påvirker produksjonen og fisken negativt på en kronisk måte over lengre tid, mens andre har potensial til å drepe all fisk i anlegget i løpet av få timer. Begge typene har et potensial for å påvirke produksjonen betydelig, derfor må de risikovurderes på lik linje med infeksjøs sykdommer. Siden noen av disse hendelsene brått kan føre til svært høy dødelighet, ja sågar til totalhavari på enkeltavdelinger i samme resirkuleringssystem, så fordrer disse mulige hendelsene en beredskapsplan. De utvalgte produksjonslidelsene som har et mer utstrakt forløp, skal dekkes inn med klare tiltaksplaner som implementeres i driften og slik forhindrer at de får en uheldig påvirkning på produksjonen.

Følgende hendelser/lidelser er valgt ut:

- Rømming
- Vannstopp
- Oksygensvikt
- H₂S
- Syre/base forgiftning
- HSS
- Nefrokalsinose
- Nitrogenovermetning
- Alger og nematoder

Vi viser til vedlegg 11-14 for en mer detaljert fremstilling av risikoanalysene knyttet til hvert enkelt aktuelle hendelse/lidelse i akvakulturanlegget og området rundt, og nøyer oss med en oppsummering av de viktigste fokusområdene i selve biosikkerhetsplanen. Vi viser også til vedlegg 16 «Utdrag fra internkontroll landbasert akvakultur» for konkrete tiltaks-/beredskapsplaner knyttet til:

- Personskade
- Rømming
- Massedødelighet
- Utbrudd av alvorlig listeført sykdom

Når det gjelder massedødelighet, så er det opprettet dialog med selskapet Hordafôr som vil kunne stille med beredskap hvis det skulle inntreffe en hendelse som gjør at mye fisk dør på kort tid. Hordafôr har båter med våtbedøvere og kverningsteknologi som kan ta unna store mengder dødfisk i løpet av kort tid. De disponerer over fem spesialfartøy og fire vogntog. Det er svært usannsynlig at en hendelse skal ramme anlegget slik at all fisk dør samtidig. Anlegget er som nevnt tidligere bygget opp i adskilte og vannmessig isolerte biofilterenheter som ved maksimal produksjon mot slutten av produksjonen maksimalt inneholder 3 kar med hver 115 500 kg fisk. Dette innebærer et totalvolum på 346 500 kg fisk. Dette er et volum som kan ensileres direkte i ensileringsfartøyet.

Rømming

Forskrift om krav til teknisk standard for landbaserte akvakulturanlegg skal bidra til å forebygge rømming av fisk fra landbaserte akvakulturanlegg. Forskriften trådte i kraft 1. januar 2018 og er senere revidert i både 2019 og 2020. Forskriften stiller krav til innehavere av akvakulturtillatelse samt produsenter, leverandører, sertifiseringsorganer, prosjekterende og utførende foretak og inspeksjonsselskaper tilknyttet landbaserte akvakulturanlegg. For nye landbaserte anlegg prosjektert etter 1. januar 2018 må brukstillatelsen foreligge før fisk kan settes ut i anlegget.

Forskriften stiller krav om at alle landbaserte akvakulturanlegg for fisk skal ha en forsvarlig teknisk standard for å forbygge rømming av fisk.

Nye anlegg oppfyller kravet om forsvarlig teknisk standard ved å følge NS 9416:2013 Landbaserte akvakulturanlegg for fisk og øvrige krav i forskriften. Det prosjekterende og det utførende foretak skal på skjema utarbeidet av Fiskeridirektoratet dokumentere at anlegget er blitt prosjektert etter NS 9416:2013 og at det ferdige anlegget samsvarer med prosjekteringen. Dette skjemaet skal inneholde en tilstandsgrad for avdelingene ved akvakulturanlegget som registreres hos Fiskeridirektoratet.

Eksisterende anlegg må dokumentere forsvarlig rømmingsteknisk standard gjennom en rømmingsteknisk rapport. Den rømmingstekniske rapporten inneholder følgende dokumenter:

- En tilstandsanalyse av anlegget i samsvar med krav i forskriften
- Plantegning og prosessdiagram over avløpssystem og leveringssystem i anlegget
- Risikovurdering for drift av anlegget og leveranse av fisk
- Geoteknisk vurdering
- Vedlikeholdsplan

Det er krav om at den eller de som utarbeider den rømmingstekniske rapporten skal ha nødvendig kompetanse og være uavhengige. Tilstandsanalysen skal angi en tilstandsgrad (TG) for hver avdeling på anlegget og anlegget totalt. Tilstandsgraden vil angi om anlegget har forsvarlig teknisk standard (TG0, TG1 og TG2) eller uakseptabel standard (TG3). Tilstandsanalysene skal sendes til Fiskeridirektoratet slik at tilstandsgraden kan registreres.

Averøy Industripark AS vil følge kravene ved å følge NS 9416:2013 og fremlegge en rømmingsteknisk rapport knyttet til forebygging av rømming av fisk. Den vil ta utgangspunkt i de innretninger og systemer som er valgt for å unngå rømming av fisk slik at en brukstillatelse kan innhentes før innsett av fisk i anlegget.

Anlegget er designet på en slik måte at et karbrudd i en avdeling vil holdes internt i denne avdelingen og ikke kunne påvirke andre biofilterenheter. Fisk og driftsvann som havner på bakkenivå i en biofilterenhet vil ikke på noen måte kunne havne utenfor denne avdelingen. Gjennom at anlegget er basert på en resirkuleringsteknologi og over 99,9 % av det totale vannforbruket til enhver tid blir resirkulert er det flere rømmingssperre som umuliggjør at fisk skal komme ut av driftsvannet og ut i avløpsvannet fra en biofilterenhet. Alt avløpsvann fra anlegget skal behandles og grovpartikler, finpartikler og partikler ned til 150 mikrometer fjernes før det går inn i sluttdesifiseringen som skjer ved hjelp av UV- og Ozonbehandling og til slutt går i avløpsrøret som munner ut i sjøen. En rømming av fisk fra et slikt system vil ikke være mulig. Vi viser til vedlegg 16 (Utdrag fra internkontroll landbasert akvakultur) hvor tiltaksplan mot rømming er beskrevet mer konkret.

Vannstopp

I ethvert vanlig anlegg vil en vannstopp være en svært kritisk hendelse og man har rimelig kort tid på seg før fisken får store problemer og dør. Dette er ikke like kritisk i anlegg basert på resirkulering og spesielt i anlegg som benytter seg av Zero Water Exchange System. Navnet indikerer at man ikke bruker noe nytt vann i det hele tatt, men dette er ikke helt korrekt. Man har en resirkuleringsgrad på 99,99 % noe som indikerer at man bruker svært lite nytt vann. For hele Averøy Industripark med alle driftsbygninger, avdelinger og biofilterenheter er det snakk om 190 liter ferskvann i minuttet og 2 300 l sjøvann i minuttet. Ferskvannskilden er godt sikret gjennom en overkapasitet i nedbørsfeltet som gjør at ferskvann kan levers i avtalt mengde i hele to år uten nedbør. I tillegg har vannverket doble sikringer på alt av pumper og rør som fører vann inn til Averøy Industripark. Sjøvannsinntaket er doblet med to inntaksrør som er knyttet til hver sin pumpestasjon og strømtilførselen er sikret gjennom et av flere nødaggregat som er installert på industriområdet og i de forskjellige driftsbygningene samt inntaksstasjonen. Skulle alt svikte på en gang er det mulig å kjøre alle biofilterenheter på 100 % resirkulering, altså uten inntak av nytt vann i rundt 4 dager. I løpet av denne tiden burde avvik som er inntruffet kunne korrigeres for før fisken får utfordringer knyttet til sviktende vanntilførsel.

Oksygensvikt

Den viktigste flaskehalsen i et resirkuleringsanlegg er oksygen. Det er denne faktoren som først fører til at fisken får problemer og eventuelt dør. I de fleste RAS-anlegg er oksygenforsyningen lagt opp på en måte som til enhver tid sørger for at fisken får tilført oksygen. Dette er hos Averøy Industripark tenkt løst på samme måte. Oksygenforsyningen til Averøy Industripark består av en egen oksygenfabrikk som leverer oksygen samtidig som man har oksygentanker med innkjøpt oksygen tilgjengelig. Det er altså to systemer som hele tiden sørger for oksygentilførsel til alle avdelinger og kar. Oksygenet går i egne ledningssystemer fra de to oksygenreservoarene. Hvert kar får oksygen innløst via en oksygenkjegle samtidig som hvert kar er utstyrt med en nødoksygeneringsring som er plassert på bunnen av hvert kar. Hvis oksygennivåene i fiskekaret går ned vil nødoksygeneringen slå inn. Det samme skjer hvis strømmen skulle gå og oksygenmetningen går ned i påvente av at nødstrømsaggregatet får satt vannet i bevegelse og gjenopptatt produksjonen av oksygen i oksygenfabrikken.

Disse løsningene knyttet til oksygenforsyningen av RAS-anlegg blir i dag benyttet av en rekke selskaper. Det er MarinHelse sin oppfatning at de skisserte løsningene gir en god sikkerhet i forhold til fiskens helse og velferd.

H₂S

Hydrogensulfid (H₂S) er en svært giftig gass som produseres av bakterier som bryter ned slam som får ligge i fred og råtne. Det skal ikke mye opphopning og sedimentering av organisk materiale eller slam til for å produsere mengder med H₂S som er giftig for fisken. For å kunne produsere H₂S trenger bakteriene sulfat. Sulfat forekommer både i ferskvann og i sjøvann, men sjøvann inneholder ca. 1000 ganger mer sulfat enn ferskvann, og dette gjør anlegg med sjøvannstilsetning mer utsatt for H₂S-problemer enn de som bare benytter ferskvann. Det er lite konkret kunnskap om dagens situasjon for H₂S i RAS-anlegg, og det er vanskelig å finne dokumenterte hendelser og informasjon. Det er imidlertid tall fra forsikringsselskaper som viser at antallet episoder knyttet til H₂S de siste årene har vært over 70. Tallet er fallende de siste to årene og noe av årsaken til dette er økt kunnskap rundt problemstillingen og tilpasninger i bruken av sjøvann i driften i flere selskap og anlegg.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til hydrogensulfidgass kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt søkelys på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i risikovurderingen (se vedlegg 11). I forbindelse med etableringen av Averøya Industripark AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både bygningsmasse, utforming av resirkuleringssystem og driftsplan i tidlig planleggingsfase. Dette er av stor fordel. Det har vært et overordnet fokus på vannbevegelse både i selve karene og i det øvrige prosess-systemet. Dette vil bidra til å forebygge risikoen for opphopning av organisk materiale. Dette tiltaket kombinert med gode rutiner for nedvask og kontroll av evt. sedimentering i etterkant av en ferdig produksjon i en biofilterenhet i sammenheng med det etablerte «All in All out» konseptet, vil hurtig avdekke om det er en økt risiko for sedimentering og hvor. Hvis så skulle være tilfelle må det legges opp til å korrigere for disse svakhetene.

Summen av de foreslåtte tiltakene i risikovurderingen burde være tilstrekkelige til å redusere risikoen for H₂S-forgiftninger til et akseptabelt nivå. I tillegg burde det være gode muligheter til å stoppe anløp av utbrudd gjennom den foreslåtte overvåkning og de tiltak som er skissert under utbrudd.

Syre/base forgiftning

Man tilstreber til enhver tid å holde surhetsgraden i et RAS-anlegg i området 7,0-7,5 i pH. Dette for å sørge for at både fisk og nitrifiserende bakterier kan trives i produksjonsvannet. Siden både fisk og bakterier produserer syre som et avfallsprodukt når de vokser, må man hele tiden tilsette basiske stoffer til et resirkuleringssystem for å holde surhetsgraden innenfor det ønskede intervall. Det måles pH-verdier kontinuerlig i alle systemer når de er i drift og det tilføres alltid en base gjennom automatiske doseringspumper når man får lave verdier. Ved utilsiktet økt tilsetning av baser drives pH-nivåene oppover og når for høye nivåer blir nådd reduseres basetilsetningen. Overskrider pH-nivået en øvre grense utløses en alarm og saltsyre tilsettes i tråd med en egen prosedyre. Dette er vanlig praksis i flere RAS-anlegg i dag og dette vil også bli fulgt hos Averøya Industripark AS. Vedlikehold og ettersyn i tråd med gjeldende vaktinstrukser og sjekklistene skal sørge for at de omtalte funksjonene er operative til enhver tid.

HSS

HSS er en forkortelse for Hemoragisk Smolt Syndrom og er en lidelse uten klarlagt årsakssammenheng som først ble beskrevet i 1998. Lidelsen har forårsaket bakgrunnsstøy rent helsemessig i mange anlegg, men har i løpet av de siste 5 årene fått et betydelig oppsving i takt med økende antall RAS-anlegg. Man antar at utydelige smoltifiseringssignaler som er blitt en utfordring i mange RAS-anlegg er en av hovedårsakene til denne utviklingen. I tillegg ser man andre kliniske manifestasjoner knyttet til HSS i et mye større omfang enn det som er observert tidligere. I spørreundersøkelsen som gikk til fiskehelsepersonell og inspektører i Mattilsynet i forbindelse med Veterinærinstituttet sin Fiskehelse rapport i 2019, ble nyreforkalkninger rangert som det viktigste helseproblemet som var årsak til nedsatt velferd både hos laks i settefiskfasen. Nyreforkalkninger ble også vurdert som det helseproblemet som økte mest hos settefisk. HSS ble rangert som den viktigste sykdommen som ga dødelighet hos settefisk laks og kom på andreplass etter nyreforandringer som økende problem hos settefisk laks.

Det er MarinHelse sin oppfatning at denne utfordringen løses best gjennom en god og kvalitetssikret driftsplan som hensyntar fiskens behov for signaler i forbindelse med framdriften i dens egen livssyklus. Det er lagt til grunn en ny produksjonsplan for Averøy Industripark som baserer seg på erfaringer fra en rekke RAS-anlegg i Norge. Her blir fisken styrt gjennom produksjonen på en forutsigbar og trygg måte. En måte som hele tiden gir fisken understøttende miljøsignaler i forhold til fiskens utvikling av sjøvannsdyktighet. Det er samspillet mellom vannkvalitet, lys, temperatur og salinitet som er vektlagt i dette arbeidet. Hoveddrammene for driftsplanen er skissert i figuren under.

Avdeling	Størrelsesintervall	Temperatur	Lys	Salinitet
Startfôring	0-10 gram	12 grader	Fullt lys	0,2-0,5
Yngel	10-50	12 grader 10 grader ved vinterkjøring	0-20 gram fullt lys 20-50 gram vinterkjøring	0,5 0,5
Vaksinering	50 gram	10 grader	Vinterkjøring en uke etter vaksinering	0,5
Påvekst	50-90 gram	12 grader	Fullt lys 400 Døgngader	0,5-5 økende inntil smoltifisert
Postsmoltfase	90-5300 gram (smoltifisert)	12 grader	Fullt lys	>15

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene og den planlagte driftsplan hos Averøy Industripark AS er erfaringen fra sammenlignbare RAS-anlegg i Norge at utfordringene knyttet til HSS blir marginale og til dels fraværende. Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til HSS kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt fokus på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i denne risikovurderingen.

For mer detaljerte opplysninger om hvordan man planlegger å takle HSS-utfordringene vises det til selve risikovurderingen (se vedlegg 12).

Nitrogenovermetning

Gassblæresyke hos fisk er en ikke-infeksiøs sykdom som kan forekomme i tilfeller når vannet fisken oppholder seg i, er overmettet med gass (totalgassmetning). Høye gassovermetningsnivåer kan medføre en ikke-reversibel tilstand og dødelighet hos fisk i løpet av kort tid. Tilstanden beskrives gjennom funn av gassbobler i blodbaner og vev. Disse emboliene er svært smertefulle for fisken og utløser store mengder stress som varer i svært lang tid såfremt fisken ikke dør hurtig av skadene. Dannelse av gassbobler i nervevev og tynne blodkapillærer vil kunne forårsake blokkering av nerveimpulser og blodpropper, med påfølgende alvorlige konsekvenser. Avhengig av nivået av overmetning kan fisk som blir rammet oppleve alt fra ubehag til akutt dødelighet. Liten fisk er mer mottakelig enn stor fisk og det er beskrevet episoder hvor hele innlegg har gått tapt.

Averøy Industripark sine produksjonsavdelinger skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Et resirkuleringsanlegg resirkulerer vann ved hjelp av å flytte vannet med et stort antall

pumper. Vannet kjøres gjennom en rekke ulike sumper og kummer før og etter at vannet har gått gjennom fiskekarene. Dette sammen med bruken av oppvarmet vann og innløsning av store mengder oksygen øker risikoen for innsuging av luft og en forstyrrelse i gasslikevekten mellom vann og atmosfære inne i RAS-anlegg.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til totalgassmetning kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt søkelys på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i den vedlagte risikovurderingen (se vedlegg 13). I forbindelse med etableringen av Averøya Industripark AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både utstyrvalg og utformingen av resirkuleringssystem i tidlig planleggingsfase. Dette er av stor fordel. Det har vært et overordnet fokus på vannbevegelse både i selve karene og i det øvrige prosess-systemet i forbindelse med hydrogensulfidgass. Dette arbeidet vil også bidra til å forebygge risikoen for nitrogenovermetning i karene hvor fisken står.

Summen av de foreslåtte tiltakene i risikovurderingen burde være tilstrekkelige til å redusere risikoen for nitrogenovermetning til et akseptabelt nivå. I tillegg burde det være gode muligheter til å stoppe anløp av utbrudd gjennom kontinuerlig overvåkning av totalgassmålingene i avdelingene.

Nefrokalsinose

Nefrokalsinose er en "gammel" problemstilling, og ble første gang beskrevet hos laks. Tilstanden rapporteres ofte som et tilleggsfunn ved sykdommen hemoragisk smolt syndrom (HSS), og det har derfor blitt stilt spørsmålsteget om tilstandene er knyttet sammen. Nefrokalsinose er beskrevet som utfelling av kalsium- og magnesiumsalter i urinlederen og/eller samlerør hos fisk. Forkalkningene består i hovedsak av kalsiumfosfat. Dødelighet fra tilstanden er generelt lav i oppdrett, siden den ansees som kompensert så lenge fisken er i stand til å vokse. Tilstanden byr likevel på velferdsutfordringer for laksen, og det er sannsynlig at nedsatt nyrefunksjon svekker laksen og gjør den mer utsatt for sykdom og stress.

Det foreligger per i dag svært lite kunnskap til hva som ligger bak en utfelling av kalsiumfosfat i nyrene på laksefisk. Problemet er økende og det sees oftere i RAS-anlegg enn i gjennomstrømningsanlegg. Høye karbondioksydnivåer har vist seg å gi forkalkninger i flere studier, men nyere studier igjen viser at det må være andre sammenfallende forhold for å utløse forkalkningene. CO₂ alene har ikke nødvendigvis en slik effekt (Mota et al 2019). Basert på de siste års erfaringer med RAS-teknologi og nefrokalsinose, så ser det ut til at fiskegrupper som ikke smoltifiseres på vanlig måte er overrepresentert blant problemanleggene. Flere forskere har sett en mulig sammenheng mellom HSS og nefrokalsinose og da kan det være nærliggende å tro at deler av samme årsaksforhold ligger bak begge lidelsene. For mer detaljerte data knyttet til risikovurderingene rundt nefrokalsinose vises det til selve risikovurderingen (vedlegg 14).

Det er MarinHelse sin oppfatning at det vil være fornuftig å basere tiltakene rundt nyreforkalkninger på stabil og god vannkvalitet med lave CO₂-nivåer samt understøttelse av fiskens smoltifisering gjennom fornuftig bruk av positive og negative smoltifiseringssignaler ut gjennom produksjonen. Regelmessig overvåkning av nyrestatus gjennom de forskjellige produksjonstrinnene vil være av betydning for å kunne gå inn tidlig med korrigerende tiltak.

Alger og nematoder

Hver enkelt biofilterenhet i et resirkuleringsanlegg representerer i utgangspunktet et eget økosystem. Et økosystem er alle de levende organismene som finnes på et sted og miljøet de lever i. I dette økologiske samfunnet finner vi både fisken, bakteriene som spiser avfallsstoffene til fisken andre bakterier, parasitter, virus og en rekke med andre mikroorganismer som etablerer seg i slike systemer over tid. Det tilføres kontinuerlig en rekke næringsstoffer til slike systemer slik at oppvekstvilkårene til de fleste er svært gode. Erfaringene fra de siste årene har vist at blant andre en rekke alger og nematoder får fotfeste i miljøet og kan trives og oppformerer seg til slike nivåer at de skader fisken. Algen *Chlorella vulgaris* har allerede ført til store utfordringer i enkeltanlegg med høy dødelighet og det er rapportert om forekomster av nematoder som har angrepet gjellene til fisken.

For å unngå en overvekst av slike uønskede organismer som kan utgjøre en risiko for prestasjon og overlevelse av fisken er det viktig at det gjennomføres regelmessige undersøkelser for å avgjøre forekomst og artskonsentrasjon. Dette gjøres i stor grad gjennom mikroskopiering av gjellevev og vann fra de ulike biofilterenhetene. Hos Averøya Industripark AS er det lagt opp til ukentlige kontroller av vann- og gjellekvalitet. Skulle økende nivåer av de omtalte algene eller nematodene oppstå vil den aktuelle biofilterenheten bli vasket ned og desinfisert og derigjennom det enkelte økosystemet slått ut. En ny kultur blir igangsatt før ny fisk blir flyttet inn. Det er MarinHelse sin oppfatning at disse tiltakene skulle være tilstrekkelige til å unngå merkbare effekter på trivsel, vekst og overlevelse hos fisken.

K. AVBRUDDSKRITERIER FISKEVELFERD-DRIFT

En bærekraftig produksjon av laksefisk på land stiller krav til at fiskens helse- og velferd skal ivaretas på en forsvarlig måte som tar hensyn til at fisken har en egenverdi, uavhengig av den verdien den måtte ha for oss mennesker. Dette innebærer i praksis at man også til enhver tid vurderer om fiskens almenntilstand og forventede helseutvikling er i tråd med det til enhver tid gjeldende regelverk og den etiske ramme vi til enhver tid ønsker å holde oss innenfor. Som en direkte følge av dette må fiskeeier være forberedt på situasjoner/hendelser/lidelser hvor det må vurderes om produksjonen i et kar/biofilterenhet må avbrytes og fisken må slaktes/avlives av fiskevelferdsmessige hensyn. Avbruddskriteriene er en etablert beskyttelsesramme for å sikre fisken mot unødig lidelse og langvarig dårlig velferd.

Dette er svært vanskelige avgjørelser som bør baseres på grundige undersøkelser og observasjoner samt innsamling av drift- og velferdsdata som samlet gir et godt grunnlag for en riktig avgjørelse. Det er derfor etablert avbruddskriterier som dekker disse behovene. Fiskens helse- og velferdsutvikling registreres daglig og en gang i måneden skal anlegget sammen med fiskehelseansvarlig gjennomføre en velferdsvurdering som skal benyttes som et tilleggsunderlag i forhold til vurderinger om nødvendighet av tiltak på kar og avdelingsnivå for å bedre fiskens velferd eller å avbryte produksjonen.

Velferdsvurderingen skal baseres på følgende kriterier:

- Dødelighet per uke
- Almenntilstand
- % daglig fôropptak
- Månedlige velferdsskåring

Dødelighet/uke	Almenntilstand	% daglig fôropptak	Velferdsskår	Totalsskår
< 0,05 %	God	Under 20 % reduksjon	1,0-1,5	1
0,05-2,00 %	Redusert	20-50 % reduksjon	1,5-2,0	2
>2,00 %	Dårlig	Over 50 % reduksjon	2,0-3,0	3

Velferdsskåringen er etablert på bakgrunn av erfaringer gjort i felt i løpet av de siste 8 årene knyttet til hold av triploid fisk. Denne skåringen er en videreutviklet feltutgave basert på Havforskningsinstituttets SWIM-modell. SWIM (Salmon Welfare Index Model) er en semantisk modell for total velferdsvurdering av oppdrettslaks. Modellen, kalt SWIM 1.1, ble utformet for å gjøre det mulig for oppdrettere å foreta en formell og standardisert vurdering av fiskevelferd ved hjelp av et sett med utvalgte velferdsindikatorer. Denne måten å vurdere fiskens velferd på er gjennom et annet prosjekt TRIPWELL, blitt videreutviklet og forenklet for å kunne benyttes av vanlige røktere på kar-merdnivå. Vi viser til vedlegg 17 (Skjema velferdsskåring Averøy) og vedlegg 18 (Skåringsveileder TRIPWELL) for mer detaljert informasjon.

En samlet skår for disse fire avbruddskriteriene settes inn i en egen tabell og legges til grunn for en totalvurdering. For hver av de fire kriteriene gis en skår fra 1-3. Samlet poengsum representerer den totale velferdsskåren og vil da kunne ligge mellom 4-12.

Totalsskår	Velferdsstatus	Tiltak
4-6	God	Ingen
7-9	Redusert	Korrigerende tiltak igangsettes for å bringe enheten tilbake til god status
10-12	Dårlig	Korrigerende tiltak igangsettes for å bringe enheten tilbake til en bedre status. Hvis tiltak ikke har umiddelbar effekt skal oppdretter i samråd med fiskehelseansvarlig vurdere forsvarligheten av produksjonen og om utslakting/destruksjon er nødvendig

Ved svært høy dødelighet eller akutt svært høy dødelighet med dårlig prognoser knyttet til forventet velferdsutvikling kan behovet for en utslakting/destruksjon uavhengig av det foreliggende systemet for avbruddskriterier slå inn.

L. RELEVANT PROSEDYREVERK

De viktigste daglige driftsmessige prosedyrene knyttet til biosikkerhet baserer seg i stor grad på de risikovurderingene som er gjennomført i forbindelse med denne overordnede biosikkerhetsplanen. Disse vil bli etablert før igangsetting av anlegget og bli underlagt en hovedrevisjon med 6 måneders intervaller de første to årene med drift.



Per Anton Sæther
Veterinær
MarinHelse AS

Risikoanalyse- Inntak av smittestoff via ferskvannsinntak

Oppdrag

Averøy Industripark AS har søkt om etablering av et nytt landbasert resirkuleringsanlegg på industriområdet i Smedvågen.

I denne forbindelse er det fra Averøy Industripark AS sin side ønskelig med en analyse av risikoen for at det skal kunne tas inn smittestoff via ferskvannsinntaket som kan overføres til fisken i det landbaserte akvakulturanlegget og utløse sykdom på fisken i anlegget. Vi gjør oppmerksom på at risikovurderingene vil variere noe ut ifra hvilken bakterie- eller virustype som legges til grunn avhengig av bakteriens eller virusets egenskaper knyttet til dets motstandsdyktighet mot ulike desinfeksjonsmidler, forekomst og overlevelse i ferskvann. I denne risikoanalysen er det smittebarrierens generelle effekt på patogener som kan føres inn i anlegget via ferskvannsinntaket som vurderes. For risikoen knyttet til hvert enkelt patogen vises det til de patogenspesifikke risikovurderingene.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Følgende agens antas å være aktuelle i forhold til opptak via ferskvannsinntak; HPR0 (ILA), Yersinia ruckeri (Yersiniose), Branchiomonas cysticola (Epteliocystis), SGPV (Laksepox),

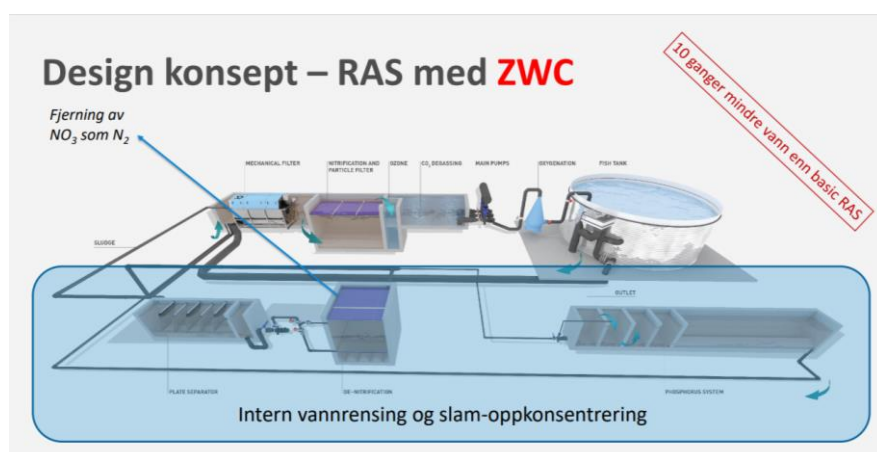
Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Overføring av patogener gjennom ferskvannsinntak		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Behandling av ferskvann med UV 2) Behandling av ferskvann med membranfiltrering 3) Bruk av driftsozon for å holde viruset i lav konsentrasjon 4) Overvåking av agensforekomst i akvakulturanlegget

					5) Regelmessig brakklegging av avdelinger i resirkuleringsanlegget og nedvask med vaskemidler og ozon
--	--	--	--	--	---

Bakgrunnsdata ferskvannskilde

Moderne settefiskanlegg med store produksjonsvolum basert på resirkuleringsteknologi har behov for moderne smittehåndteringsrutiner. Alt vann som skal inn i et resirkuleringsanlegg må behandles som gift. Derfor er vanninntakene utstyrt med innretninger som opprettholder behovene for tilnærmet smittefritt vann. I resirkuleringsanlegg er en av de store fordelene at det tas inn svært lite nytt vann per tidsenhet sammenlignet med et gjennomstrømningsanlegg. Maks inntak av ferskvann under full produksjon hos Averøy Industripark AS er stipulert til rundt 190 l/min. Med tanke på den planlagte produksjonen er dette svært lite vann sammenlignet med standard resirkuleringsanlegg. Årsaken til dette er at dette anlegget baserer seg på RAS-II teknologi.

Alle produksjonstrinn vil gjennomføres under en resirkuleringsteknologi kjent som «RAS-II eller «Zero Water Exchange System (ZWC)». Dette er den siste utviklingen innenfor resirkulering og baserer seg på at svært lite nytt vann tilføres produksjonsenheten per tidsenhet. Betydelig mindre enn hva som er tilfellet for et standard resirkuleringssystem.

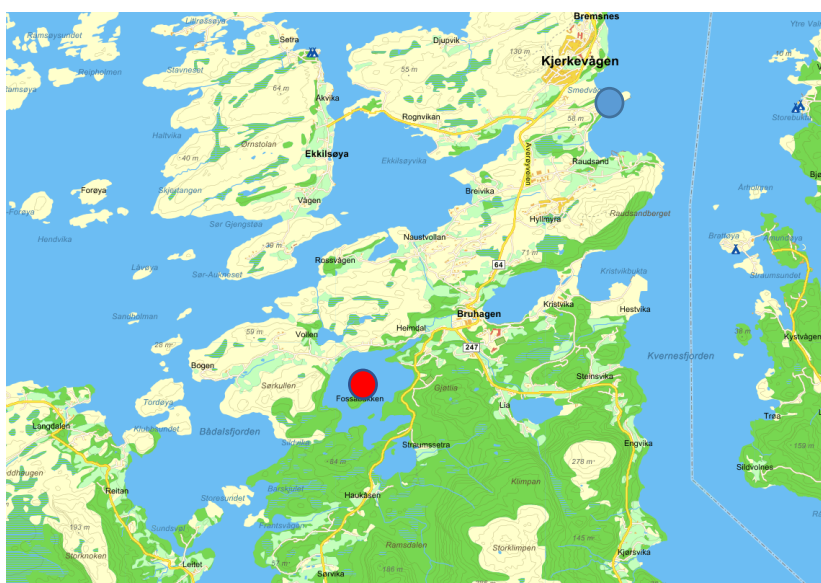


Figur D.1: Skisse over prosess ZWC

Hovedforskjellen mellom et standard resirkuleringsanlegg og ZWC-anlegg er at et ZWC-anlegg benytter omtrent 10 % av den vannmengden som et tradisjonelt anlegg benytter. For å muliggjøre dette må ytterligere avfallstoffer fra fisken fjernes. Dette skjer ved hjelp av tre ekstra funksjoner, en såkalt plateseparator for å fjerne suspenderte partikler, et fosforsystem for å fjerne oppløst fosfor og til slutt et denitrifikasjonssystem for å omdanne nitrat til nitrogengass. Disse tre enhetene representerer et internt vannrennings og slam-oppkonsentreringsanlegg.

Et ZWC-system muliggjør altså en relativt stor produksjon basert på bruken av svært lite vann. Det at vi bruker svært lite nytt vann i minuttet og skiller ut like lite brukt vann i minuttet gjør at det åpner seg for helt nye metoder for å rense, desinfisere eller sogar sterilisere både inntaksvann og avløpsvann. Samlet vannforbruk av ferskvann ved full produksjon i alle avdelinger er i denne produksjonen beregnet til ca. 190 l/min eller 11 400 l/time.

Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membran teknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranen. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 9 m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgntkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra Akvaplan Niva (vedlegg) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Bakgrunnsdata aktuelle agens

Følgende agens antas å være aktuelle i forhold til opptak via ferskvannsinntak; HPRO (ILA), Yersinia ruckeri (Yersiniose), Branchiomonas cysticola (Epiteliocystis) og SGPV (Laksepox).

Vi viser til egen risikovurdering for hvert enkelt agens og nøyer oss med å vise en oversikt over aktuelle agens sin størrelse siden det er de fysiske barrierene mot disse organismene som utgjør den sikreste måten å ekskludere dem fra vannkilden på.

En oversikt over noen av de parasittene, bakteriene og virusene som fjernes ved en ultrafiltrering

- Lakselus (Lepeophtherius salmonis salmonis) 540–850 opp til 5000–10.000 µm
- Gyrodactulus salaris 500 µm
- Paramoeba perurans (AGD) 20–30 µm
- Ichthyobodo sp. (Costia) 7 µm
- Aeromonas salmonicida 0,5–6 µm
- Branchiomonas cysticola (Epiteliocystis)
- Yersinia ruckeri (Yersiniose) 1–3 µm

- Moritella viscosa (Vintersår) 0,5–2,5 µm
- SGP-virus (Laksepox) 0,3 µm
- ILA-virus 0,09–0,13 µm
- PRV-virus (HSMB) 0,07 µm
- IPN-virus 0,06 µm

Konklusjon

Averøy Industripark AS har lagt opp til en inntaksbehandling av ferskvannet som fremstår som svært solid og moderne med tanke på de smittemessige utfordringene som vi står overfor i dag. Erfaringer fra drift med resirkuleringsanlegg de siste 10 årene har vist at det er gjennom ferskvannsinntaket de største helsemessige utfordringene ligger og ikke i sjøvannet. Dette har med å gjøre at mange av de mest vanlige virusene og bakteriene i oppdrettssammenheng har et ferskvannssopphav. Samtidig er de marine reservoarene færre i tillegg til det faktum at sjøvannsinntak ofte er plassert på svært dypt vann hvor slike patogener forekommer i lavere konsentrasjoner, hvis overhodet.

Ferskvannet blir grov- og finfiltrert før det blir behandlet videre. Denne forbehandlingen gjør vannet betydelig klarere og fri for partikler som kan påvirke membranfiltreringen negativt. Membranfiltrering er som kjent en fysisk barriere mot inntak av en rekke partikler og mikroorganismer basert på størrelse. Både bakterier og virus er svært små, men de membranfiltrene som allerede benyttes ved Nordre Averøy Vannverk har en porestørrelse som er betydelig mindre enn de minste kjente fiskepatogene virus. Når vannet er filtrert på denne måten blir vannet desinfisert ved en påfølgende UV-behandling. UV-behandlingen er i tillegg oppjustert i forhold til krav i forskrift. Dette utgjør totalt en svært god barriere mot smittestoff.

Det er ennå ikke gjennomført noen undersøkelser etter dette viruset i inntaksvannet, men det planlagte smitteovervåkningsprogrammet vil uansett oppdage viruset hvis det skulle komme seg igjennom barrierene.

Totalt sett vurderer MarinHelse AS risikoen for at det skal kunne tas inn smittestoff fra ferskvannskilden som ubetydelig for alle aktuelle agens. Hvis noen patogener allikevel skulle trenge gjennom barrierene er det avgjørende at slike blir oppdaget så tidlig som mulig gjennom overvåkningsprogrammet og at man kan igangsette tiltak som vask og desinfeksjon for å fjerne patogenet. Driftsozon vil uansett mest sannsynlig bidra til at eventuelle agens ikke utløser sykdom hos fisken.

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Risikoanalyse- Inntak av smittestoff via sjøvannsinntak, settefiskanlegg

Oppdrag

Averøy Industripark AS har søkt om etablering av et nytt landbasert resirkuleringsanlegg på industriområdet i Smedvågen.

I denne forbindelse er det fra Averøy Industripark AS sin side ønskelig med en analyse av risikoen for at det skal kunne tas inn smittestoff via sjøvannsinntaket som kan overføres til fisken i det landbaserte akvakulturanlegget, etableres og utløse sykdom på fisken i løpet av den planlagte produksjonen. Vi gjør oppmerksom på at risikovurderingene vil variere noe ut ifra hvilken parasitt-, bakterie- eller virustype som legges til grunn for vurderingen. Dette er blant annet avhengig av bakteriens eller virusets egenskaper knyttet til dets motstandsdyktighet mot ulike desinfeksjonsmidler, forekomst og overlevelse i sjøvann. I denne risikoanalysen er det smittebarrierens generelle effekt på patogener som kan føres inn i anlegget via sjøvannsinntaket som vurderes. For risikoen knyttet til hvert enkelt patogen vises det til de patogenspesifikke risikovurderingene.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

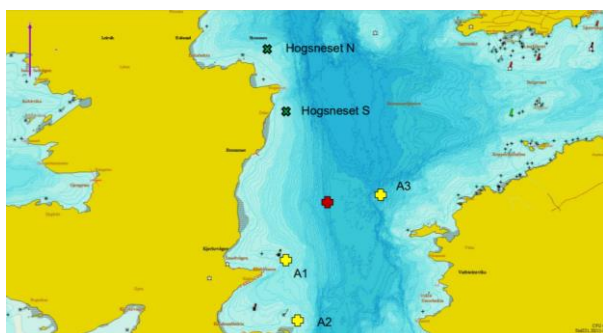
Aktuell vurdering:

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Overføring av smitte gjennom sjøvannsinntak		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Behandling av sjøvann med membranfiltrering 2) Behandling av sjøvann med UV 3) Bruk av driftsozon for å holde viruset i lav konsentrasjon i anlegget under drift 4) Overvåkning av agensforekomst i akvakulturanlegget 5) Regelmessig brakklegging av

					avdelinger i resirkuleringsanlegget og nedvask med vaskemidler og ozon i sirkulasjon
--	--	--	--	--	--

Bakgrunnsdata sjøvannsinntak

Ved full produksjon i alle driftsbygninger og avdelinger er det totale sjøvannsforbruket beregnet til 2 300 l/min eller 138 000 liter/ time. Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyp på 130 m.



Planlagt posisjon for inntak av vann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Alt vann som skal benyttes vil bli forbehandlet på følgende måte før det går inn i produksjonen;

- Grovfiltrering
- Filtrering (150 my)
- Finfiltrering (3 my)
- Ultrafiltrering (0,02 my)
- UV (50 mJ/cm²)

Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgnkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens

det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene.

Generelt når det gjelder risikoen for opptak av smitte til settefiskanlegg via sjøvannsinntak, er det svært lite forskning å vise til. Selv PD-viruset, som forekommer endemisk i sjø i området sør for Hustadvika og som blir ansett for å være et svært robust virus, med lang overlevelse nakent i sjøvann, er aldri påvist i settefiskanlegg som tar inn sjøvann i det angitte området. Andre aktuelle agens har man heller ikke gode bevis for at er tatt opp i settefiskanlegg gjennom sjøvannsinntak og slik smittet fisk med sykdommer. Da ser vi bort fra bakterien *Moritella viscosa*, som trives på dypt og kaldt vann. På et generelt grunnlag må man kunne si at virus som oppholder seg fritt i sjøvann ikke vil overleve særlig lenge, men dette er altså noe ulikt fra virustype til virustype. Samtidig som overlevelsen avtar vil viruset til en viss grad fortynnes horisontalt og vertikalt i vannmassene. Det foreligger imidlertid ny forskning som viser at virus kan spres i mer konsentrerte «elver» i overflatesjiktet og at det derfor kan være av større betydning at vannstrømmen ikke leder smitte fra et smittepunkt rett gjennom en sjølokalitet enn hvor langt unna smittepunktet er i luftlinje. I tillegg vet man at smitte fortynnes på sin eventuelle ferd ned mot havbunnen. Dette er kanskje den viktigste årsaken til at inntak av smittestoff via sjøvannsinntak ikke representerer den aller største risikoen for utbrudd av sykdom. De aller fleste sjøvannsinntak er lokalisert på dypt vann og særlig virus, men også enkelte bakterier, er sjeldnere å finne på slike dyp. Selve sjøvannsinntaket til Averøy Industripark AS er lokalisert på 130 meters dyp. De strømodelleringene som foreligger viser liten om noe inntransport av vann fra omkringliggende akvakulturvirksomhet i området. Siden virus og bakterier fra annen akvakulturvirksomhet blir sluppet fri i overflatesjiktet (sjømerder), vil overflatestrøm i større grad påvirke en eventuell spredning enn andre faktorer. Virus knyttet til organisk materiale vil ha et større potensial for lengre overlevelse og sedimentering mot havbunn, men mindre potensial for å fraktes over lengre avstander via strøm. Strømforholdene i det aktuelle området vil derfor være avgjørende for sannsynligheten for opptak av smitte. Vannslektsskapsanalyser foretatt av Åkerblå AS i det aktuelle området viser svært lite slektskap mellom de mest nærliggende lokalitetene og vanninntaket til Averøy Industripark AS.

Bakgrunnsdata aktuelle agens

Følgende agens antas å være aktuelle i forhold til opptak via sjøvannsinntak; HPR0, HPR-deletert (ILA), PRV (HSMB), PMCV (CMS), *Moritella viscosa*, *Tenacibaculum finnmarkense* og *Aeromonas salmonicida* (Furunkulose). Furunkulose er det ikke funnet hensiktsmessig å etablere en egen risikovurdering for, da membranfiltrering av sjøvann har vist seg svært effektiv i forhold til dette patogenet. Når det gjelder bakteriene som forårsaker vintersår og snutesår, henholdsvis *Moritella viscosa* og *Tenacibaculum finnmarkense*, så opptre disse i svært liten grad i sjøvannstemperaturer over 7 grader. Siden det er satt en driftsramme på 10-12 grader ved bruken av sjøvann, vil ikke disse bakteriene trives og kunne forårsake utbrudd av sykdom. Det er derfor ikke funnet hensiktsmessig å etablere egne risikovurderinger for disse to agensene heller.

De spesifikke smittetiltakene knyttet til sjøvannsinntaket hos Averøy Industripark AS er såpass utvidede i forhold til normale sjøvannsinntak at risikoen for inntak av disse typene smitte nevnt over som igjen skal lede til utbrudd av sykdom i anlegget, vurderes som neglisjerbar.

Vi viser til egen risikovurdering for hvert enkelt av de aktuelle agens listet opp over.

Konklusjon

Averøy Industripark AS har lagt opp til en inntaksbehandling av sjøvannet som fremstår som svært solid og moderne med tanke på de smittemessige utfordringene som vi står overfor i dag. Erfaringer fra drift med resirkuleringsanlegg de siste 10 årene har vist at det er gjennom ferskvannsinntaket de største helsemessige utfordringene ligger og ikke i sjøvannet. Dette har med å gjøre at mange av de mest vanlige virusene og bakteriene i oppdrettssammenheng har et ferskvannsopphav. Samtidig er de marine reservoarene færre i tillegg til det faktum at sjøvannsinntak ofte er plassert på svært dypt vann hvor slike patogener forekommer i lavere konsentrasjoner, hvis overhodet.

Sjøvannet blir grov- og finfiltrert før det blir behandlet videre. Denne forbehandlingen gjør vannet betydelig klarere og fri for partikler som kan påvirke membranfiltreringen negativt. Membranfiltrering er som kjent en fysisk barriere mot inntak av en rekke partikler og mikroorganismer basert på størrelse. Membranfiltrering blir ikke sett på som en form for desinfeksjon, men forsøk gjort med membranfiltrering mot bakterien *Moritella viscosa* fra sjøvann (Wiborg Dahle og andre 2013) viste at det under membranfiltreringen ble det oppnådd en LRV på 3,9, noe som tilsvarer en bakteriereduksjon på 99,99 %. Dette fyller rensekravet til hygienisk barrierer i drikkevannrensing (3 LRV for bakterier) og kravet til desinfeksjon av inntaksvann til akvakulturrelatert virksomhet (3 LRV for bakterien *Aeromonas salmonicida*). I dette forsøket ble det benyttet en membran med en porestørrelse på 0,04 my mens man ved dette oppsettet på sjøvannsinntaket vil ha en enda mindre porestørrelse, nemlig 0,02 my.

Både bakterier og virus er svært små, men de membranfiltrene som skal benyttes i forbindelse med sjøvannsinntaket har en porestørrelse som er betydelig mindre enn de minste kjente fiskepatogene virus. Når vannet er filtrert på denne måten blir vannet i tillegg desinfisert ved en påfølgende UV-behandling. UV-behandlingen er i tillegg oppjustert i forhold til krav i forskrift. Dette utgjør totalt en svært god barriere mot smittestoff

Totalt sett vurderer MarinHelse AS risikoen for at det skal kunne tas inn smittestoff fra sjøvannskilden som ubetydelig for alle aktuelle agens. Hvis noen patogener allikevel skulle trenge gjennom barrierene er det avgjørende at slike blir oppdaget så tidlig som mulig gjennom overvåkningsprogrammet og at man kan igangsette tiltak som vask og desinfeksjon for å fjerne patogenet. Driftsozon vil uansett mest sannsynlig bidra til at eventuelle agens ikke utløser sykdom hos fisken.

Totalt sett vurderer MarinHelse AS risikoen for at det skal kunne tas inn smittestoff via sjøvannsinntaket inn til settefiskanlegget som deretter kan overføres til fisken i anlegget eller utløse sykdom på fisken i settefiskanlegget, som ubetydelig.

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Risikoanalyse- Vertikal og horisontal smitte med ILA

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg på industriområdet i Smedvågen er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til inntak av rogn med bærertilstand av HPR/HPR0 virus som forårsaker sykdommen infeksjøs lakseanemi (ILA) og inntaket av viruset via vanninntakene til anlegget. Anlegget skal baseres på resirkulering og dette stiller større krav til at all rogn og råvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av ILA pga. vertikal overføring (HPR0/HPR)		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for HPR0. 2) Ekstra desinfeksjon av rogn ved ankomst anlegg 3) Screening for ILA under drift helt frem til slaktetidspunkt 4) Slusing mellom alle driftsbygninger og produksjonsavdelinger ned til biofilterenhet 5) Ekstra fysisk og røktermessig skille mellom driftsbygninger, produksjonsavdelinger

Utbrudd av ILA på grunn av inntak av sjøvann og ferskvann		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Utvidede barrierer i begge vanninntak med kombinasjonstiltak 2) Kjøring av ozon i driftsvann 3) Screening for ILA under drift helt frem til slaktetidspunkt 4) Slusing mellom alle driftsbygninger og produksjonsavdelinger ned til biofilterenhet 5) Ekstra fysisk og røktermessig skille mellom produksjonsavdelinger
---	--	----------------	----------------	---	--

Bakgrunnsdata ILA

ILA står for Infeksiøs Lakseanemi og er en alvorlig smittsom virussykdom som kun rammer laksefisk. Sykdommen er utbredt i de aller fleste land i verden som driver med oppdrett og får ofte store fiskevelferdsmessige følger for fiskegruppene som rammes og store økonomiske konsekvenser for eierne av disse fiskegruppene. I Norge får gjennomsnittlig 10 oppdrettslokaliteter utbrudd av denne sykdommen i året. Dødeligheten kan variere fra ubetydelig til massiv både på merdnivå og lokalitetsnivå. De siste ti årene har sykdommen opptrådt oftere i Nordland og Troms fylke enn i andre deler av landet. Basert på antall utbrudd i året og antall lokaliteter i drift er risikoen for å få ILA i Norge på rundt 2 %. For de tre nordligste fylkene i Norge lå sannsynligheten for å få ILA rundt 7 % (tallmateriale: Fiskeridirektoratet 01.01.2017, 165 mill fisk i sjøen i de tre nordligste fylkene, forutsetning 1 mill fisk per lokalitet) i perioden 2104-2017. Legger vi utbruddene i perioden 2017 -2020 til grunn er risikoen økt ytterligere. Man kan gradere risikoen ytterligere gjennom å skille mellom utbrudd basert på en spredning av deletert ILA-virus (sekundærutbrudd) og utbrudd basert på en mutasjon av HPR0-utgaven av viruset (primærutbrudd).

ILA er en blodåresykdom og det er celler på innsiden av blodårene i hele kroppen som rammes. De skadene som viruset forårsaker fører derfor til blødninger i de aller fleste organene i kroppen. Dette fører igjen til at fisken mister mye blod og derigjennom også de røde blodcellene som frakter oksygen til de forskjellige kroppsdelene. Fisk som rammes av denne sykdommen dør som regel i løpet av kort tid etter at infeksjonen har startet på grunn av sirkulasjonssvikt. ILA er i hovedsak et problem hos oppdrettslaks i sjøvannsfasen og er klassifisert som en alvorlig sykdom. Viruset smitter blodceller og blodkarsvev og kan gi blødning i indre organer som utvikler seg til anemi med variabel grad av dødelighet. De fleste ILA-utbruddene forekommer ved temperaturer mellom 5 og 15 oC.

Infiserte fisk kan smitte andre fisk opptil 4 uker før det oppstår tegn på sykdom. I mange tilfeller kan det gå flere måneder før sykdomsutbrudd skjer i oppdrettsanleggene. Et slikt forløp øker

sannsynligheten for at smitte spres fra lokaliteten. Viruset er til stede i slim, urin og avføring fra laks med ILA. I tillegg forekommer det i blod, og frigjøres dermed ved hudblødninger.

Data på virusoverlevelse i sjøvann er mangelfulle og til dels noe motstridende, men tyder på kort overlevelsestid. I et arbeid gjennomført av Vike et al 2014, «Infectious salmon anaemia in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Chile- transmission routes and prevention» ble det konkludert med at overlevelsen til ILA-viruset i naturlig sjøvann, under eksperimentelle forhold, viste seg å være begrenset til mindre enn 3 timer, noe som gjør det mindre sannsynlig at vannbåren smitte kan skje over lange avstander. Overlevelse i tilknytning til partikler er ikke kjent.

Om viruset

Infeksiøs lakseanemi-virus (ILAV) er et kappekledd, enkelttrådet virus med negative sense-RNA-genom. Det tilhører slekten Isavirus i familien Orthomyxoviridae. Det finnes både varianter som er ikkevirulente (HRP0) og virulente varianter som gir sykdom (HRPΔ). Det har lenge vært antatt at HRP0-varianter kan mutere til HRPΔ-varianter, og en slik sammenheng er nylig vist på Færøyene. Det er også påvist ILAV HRP0 og ILAV HRPΔ med nært slektskap på et settefiskanlegg i forbindelse med ILA-utbrudd i Norge i 2015 (Moldal). Infeksjonsporten for ILAV er slimhinner, inkludert gjeller, hud og trolig tarm (Aamelfot et al. 2015b, Mikalsen et al. 2001). ILAV-isolater har ved slektskapsanalyser blitt delt i en europeisk og en nord-amerikansk hovedgruppe. Sykdommen eller viruset er registrert i de fleste land som driver lakseoppdrett, inkludert Norge, Canada, USA, Chile, UK, Færøyene og Irland. De siste årene er det registrert 1-20 årlige utbrudd av ILA i Norge (Lyngstad et al. 2018). I perioden 2017-2020 er det registrert en endring i måten ILA-utbruddene har oppstått på samtidig som antall utbrudd har økt betydelig og da særlig i de to nordligste fylkene i landet. Et stort flertall av utbruddene i denne perioden har blitt karakterisert som såkalte primærutbrudd, hvor utgangspunktet for utbruddet har vært en mutasjon av et HRP0-virus til et deletert og patogent virus på den aktuelle lokaliteten. Årsaken til denne endringen i utbruddsdynamikk er usikker, men det kan se ut som om økningen i antall smolt produsert i RAS-anlegg har hatt betydning.

Undersøkelser har vist at HRP0-viruset kan oppformerer i store mengder i et resirkuleringsanlegg og slik føre til at viruset er godt spredt blant fisken i anleggene i tillegg til at det er svært høye nivåer av virus i hvert enkelt individ. Slike smoltgrupper med stor utbredelse og høye virusnivåer blant individene ser ut til å være mer utsatt for at en tilfeldig mutasjon skal føre til dannelsen av et deletert virus som er sykdomsfremkallende.

Det har lenge vært kjent at deler av den norske oppdrettsmolten er bærer av dette HRP0-viruset. Dette viruset er i utgangspunktet ikke farlig for fisken og fører ikke til noe sykdom. Det som imidlertid ser ut til å skje er at dette viruset endrer seg gjennom en tilfeldig mutering under oppformering slik at vi får dannet et litt modifisert virus som har mistet noen gener. Dette viruset er et HRP-deletert virus og det som vi på folkemunne kaller ILA-viruset i dag. Dette viruset er i stand til å utløse sykdommen ILA. Altså kan vi si at HRP0-viruset er utgangspunktet for ILA-viruset. Har du ikke dette HRP0-viruset i smolten din må du sannsynligvis få smitte fra en annen lokalitet med ILA-syk fisk eller fra utstyr, folk og båter som har vært i kontakt med ILA-syk fisk, for å få sykdommen.

Det har i en rekke år vært stor faglig uenighet om ILA-viruset smitter vertikalt og om betydningen av HRP0-viruset for nye utbrudd av sykdommen. De senere års forskning har imidlertid klarlagt at HRP0-viruset er ekte vertikalt overførbart. Hvor ofte dette skjer er ennå ikke kartlagt, slik at den

reelle betydningen dette har for spredningen av viruset og senere utbrudd av sykdommen er uklart. Det er imidlertid hevet over enhver tvil at dette gjør at smoltens bærerstatus i forhold til HPR0- viruset som utgangspunkt og risikofaktor for utbrudd av ILA, har økt betydelig. Dette vises svært godt gjennom de utbrudd av ILA som oppstod i perioden 2017-2020 i Norge. Her var i de første årene utbruddene spredt over hele landet fra Rogaland i sør til Finnmark i nord og de aller fleste av enkeltutbrudd. Det samme gjentok seg i perioden 2019-2020, men da var de fleste utbrudd lokalisert til Troms og Finnmark. Undersøkelser av viruset i disse fire årene gjennomført av Veterinærinstituttet viste svært lite smittemessig slektskap mellom de enkelte utbruddene og på horisontal smitte på bakgrunn av vannkontakt, brønnbåaktivitet eller andre kontaktpunkter. Man antar altså at de fleste utbruddene skyldtes et eget HPR0-virus som utgangspunkt og man antar at smolten er den mest sannsynlige bæreren av et slikt.

HPR0 viruset oppformerer hurtigere når fisk er stresset og i slike perioder øker risikoen for en mutering av viruset og det farlige HPR-viruset oppstår. Dette vil da på sikt kunne utløse et ILA-utbrudd. Det skal sies at mange fiskegrupper er bærere av dette HPR0-viruset uten at de noen gang får ILA. Risikoen for å utvikle ILA på bakgrunn av en bærerstilling av HPR0-viruset er vanskelig å beregne, men man kan anta at desto mer stress og håndtering en fisk utsettes for i sjøvannsfasen desto mer øker sjansen for at et HPR-virus dannes og ILA kan utvikles.

ILA-viruset (HPR0) er vertikalt overførbart (Marshall et al 2014) og det er vist gjennom forsøk og feltundersøkelser av virus at en snill HPR0-variant er utgangspunktet for en avkortet patogen variant av viruset. Det er antatt at tilfeldige mutasjoner i oppformeringsprosessen av et slikt HPR0-virus er årsaken til at dette aggressive og sykdomsfremkallende viruset oppstår og sykdommen ILA utvikles. I et feltforsøk i 2005 med ILAV-infisert stamfisk ble det vist at rogn og yngel klekt fra eggene var positiv for ILA-virus RNA. Det er flere publikasjoner som tidligere har gitt sterke indikasjoner på at vertikal smitte kunne spille en stor rolle i spredning av ILA-virus (Nylund m.fl. 1999, Nylund m.fl. 2007, Vike m.fl. 2009). Tidligere antok man at horisontal spredning av dette aggressive viruset var hovedårsaken til nye utbrudd. Denne infeksjonsruten har nå fått en svekket posisjon og man antar at utbrudd med utgangspunkt i smolt som er positive for HPR0 er av større betydning for nye utbrudd i nye områder.

Det er vist gjennom flere arbeider at HPR0-virus har vært utgangspunkt for senere HPR-dannelse og utbrudd av sykdommen ILA (Debes Christiansen et al 2017). Eksperimentelle smitteforsøk har vist at både yngel og settefisk/smolt i ferskvannsfasen er minst like mottakelig for ILAV som fisk i sjøvannsfasen. Modellering av sykdomsutbrudd i Troms viste at smitterisiko minket med avstand mellom oppdrettslokaliteter, og at horisontalsmitte kun forklarte 50 % av utbruddene (Aldrin m.fl. 2011). Eksperimentelt er det vist at lakselus kan overføre infeksjonen fra fisk til fisk ved å fungere som en mekanisk vektor (Nylund 1993). Betydning av lus for spredning av ILAV i felt er ikke kjent.

Sykdommen smitter imidlertid effektivt mellom fisk i samme gruppe og på samme lokalitet. Smitte mellom fisk på forskjellige oppdrettslokaliteter er mindre sannsynlig og skjer sjelden mellom lokaliteter som er mer enn 5 km unna hverandre. Sykdommen regnes ikke som den mest smittsomme via vannmassene. Det antas at viruset trenger hjelp for å flytte seg over større avstander i vannet og menneskelig aktivitet i samme område kan være viktig faktor i slike sammenhenger. Siden det ikke ser ut til at det finnes stasjonære lokale villfiskrelaterte smittereservoarer i sjøen kan dette indikere at ny smitte i nye områder kan ha et hyppigere

utgangspunkt i smolt. Noe sikkert marint reservoar av betydning er ikke funnet. Man antar at oppdrettslaks i dag er det avgjørende reservoaret for opprettholdelsen av denne sykdommen.

De aller fleste sekundære utbrudd av ILA i etterkant av et primærutbrudd antar man fremdeles skyldes horisontal smitte (nærhet til anlegg med ILA, kontakt med utstyr, folk, båter som har vært i kontakt med ILA-syk fisk.) Årsaken til denne typen smittespredning ligger ofte i at det ikke er opprettet klare nok skiller mellom lokaliteter rent smittemessig. Det benyttes samme folk som operatører på flere lokaliteter, felles landbaser, felles utstyr, osv. Dette utgjør en klar risiko for spredning av smitte mellom lokaliteter og har ofte sammen med for sen utslakting av syk fisk vært hovedfaktorer for flere regionale epidemier av sykdommen. Ren smitte i sjø via vannstrømmer er mindre sannsynlig og skjer sannsynligvis kun på avstander kortere enn 5 km. Fjerning av syk fisk er derfor et svært viktig tiltak for å redusere risiko for spredning av sykdommen til nye lokaliteter og nye driftsområder.

Muligheter for overlevelse i miljøet

ILA virus blir inaktivert etter 30 min. ved pH 4,0 i cellekulturmedium. Ved pH ca. 7 kan virus overleve lenge i cellekulturmedium. Det er ikke påvist nedgang i titer etter 14 dager ved 4 °C, etter 10 dager ved 15 °C eller etter fem omganger med frysing og tining (Falk & al., 1997). Ved smitteforsøk er det vist at ILA-virus kan overleve i muskelvev, slakteavfall og blod i mer en seks dager ved kjøletemperatur. Videre er det vist en høyere infektivitet etter tre dagers lagring på is enn på dag null og seks sannsynligvis som følge av en dekomponering av vevet og dermed en større frigjøring av virus frem mot dag tre og at en viss inaktivering av viruset resulterte i et fall i infektiviteten frem mot dag seks. ILA-viruset kan overleve mer enn 48 timer i ferskvann, men det ses en signifikant reduksjon i infektivitet etter 48 timer. I sjøvann er overlevelsen til ILA-viruset mer uklar da det foreligger forskjellige undersøkelser som viser større variasjoner. Man antar at overlevelsen til et nakent ILA-virus i sjøvann varierer fra timer til få dager noe avhengig av sjøvannstemperatur, men også her sees samme reduksjon i infektivitet. Det er ikke produsert data funnet vedrørende ILA -virusets overlevelse i sediment.

Når det gjelder overlevelse av ILA-virus i ferskt/frosset dødfisk materiale, finnes det lite relevante data å støtte seg til. ILA virus er imidlertid et lite bestandig kappevirus, og det er sannsynlig at nedbrytning av ILA virus og fiskevev vil gå parallelt. Tidligere undersøkelser har vist at laksefilet lagret på is hadde en økning i virustiteret fra slakting til dag 3, men at titeret ble redusert etter lagring i 6 dager. Ved tilsvarende forsøk med lagring av frossen laks, er det også påvist stigning i virustiteret (Thorud & Torgersen, 1996). ILA virus i vevshomogenat inaktiveres etter 8 timer ved maursyretilsetning ved pH < 4 (Torgersen, 1997). Dette skulle tilsi at det ikke er nødvendig med varmebehandling i tillegg til ensilering. Om varmebehandling av ensilert fôr skulle være ønskelig, er det angitt at ILA virus inaktiveres i løpet av 1 minutt ved 55 °C (Torgersen 1998).

Det er som nevnt ikke gjort mye arbeid knyttet opp mot overlevelsen til ILA-virus i sjøvann. I et arbeid gjennomført av Vike et al 2014, «Infectious salmon anaemia in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Chile- transmission routes and prevention» ble det konkludert med at overlevelsen til ILA-viruset i naturlig sjøvann, under eksperimentelle forhold viste seg å være begrenset til mindre enn 3 timer, noe som gjør det mindre sannsynlig at vannbåren smitte kan skje over lange avstander. I tillegg ble det vist at laks død av ILA, var smittsom i minst fem dager, noe som viste viktigheten av riktig og rask håndtering av død fisk.

Resultatene fra Stene et al. 2010, tyder på at ILAV brytes hurtig ned i blåskjell etter opptak, da det ikke er mulig å påvise ILAV få døgn etter smitte. Det er viktig å være klar over at PCR-baserte metoder ikke sier noe om ILAV eventuelt er infeksiosøst, og det ble derfor i dette arbeidet utført kontrollforsøk hvor materiale fra ILA-infiserte skjell ble injisert i mottakelig laksesmolt. Kun fisk som ble injisert med materiale fra nylig infiserte skjell ble virus-positive. Dette bekrefter at ILA-viruset har en meget kort "levetid" i skjellene. En samlet konklusjon fra dette arbeidet er altså at blåskjell ikke ser ut til å representere et reservoar eller fungerer som vektor for ILA-virus.

Reservoir og smitteveier

Som ILA-virusets viktigste reservoar regnes latent smittet oppdrettslaks. Regnbueørret og brunørret kan også regnes til et mulig reservoar. Brunørret og regnbueørret kan infiseres uten å gi sykdom og har trolig livslang persistens. Ettersom ILAV finnes hos villfisk, kan disse vertene utgjøre et reservoar for smitte til oppdrettsfisk (Johansen et al. 2011a). Ikke-virulent ILAV som finnes hos oppdrettsfisk er antatt å ha sitt opphav fra villaks (Christiansen et al. 2011, Lyngstad et al. 2012, Nylund et al. 2003). Det er ikke påvist smitte av ILAV fra oppdrettsfisk til villfisk (Nylund et al. 2007), men ILAV er funnet hos rømt oppdrettslaks og vil derfor kunne utgjøre en risiko for smitte til vill fisk. ILAV har også vist seg å smitte eksperimentelt fra blåskjell til laks (Molloy et al. 2014). Et annet potensielt reservoar sees også hos atlantisk sild, som er vist å kunne infiseres, men dette er mest sannsynlig av mindre betydning. De aller fleste sykdomsutbrudd har forekommet i sjøvann og siden ILA må kunne anses som en alderssykdom, så vil utbrudd med ILA ofte først ramme fisk som er eldre og har stått i sjø en stund.

For ILA er det klart vist at slakterier og tilvirkingsanlegg kan bidra med smitte via udesinfisert avfall og avløpsvann, og likeledes har man vist at det er økt risiko for smittespredning mellom nærliggende anlegg – i en epidemiologisk undersøkelse var det en viss reduksjon i utbruddsrisiko ved avstander over 5 km til den potensielle smittekilden.

Smitte i sjø via brønnbåttrafikk og annen aktivitet via servicebåter samt driftsrelatert aktivitet gjennom arbeidsbåter og utstyr er også sett på som risikoaktiviteter knyttet til spredning av ILA. (Jarp et al 1997), (Murray et al. 2002) (scheel et al. 2007). I noen av disse arbeidene er også skrogsmitte undersøkt. Økt smitterisiko knyttet til hyppigere besøk av brønnbåter er det konkludert med i samtlige undersøkelser, mens det ikke er sett noen klar sammenheng mellom andre typer båtbesøk, som fôrbåter og servicebåter, noe som indikerer at skrogsmitte ikke er noen effektiv måte å spre ILA-smitte på.

Ekte vertikal transmisjon hvor smittestoffet er tilstede inne i egg/sædcelle er nå dokumentert (Marshall et al. 2014). Dette gjelder for den snille villfiskvarianten av viruset HPR0 og dette har økt forståelsen for at en bærertilstand av HPR0 kan ha større betydning for spredningen og dannelsen av nye ILA-utbrudd enn det som er antatt tidligere.

Det vist at det i slim fra huden og i blodet kan være ganske store mengder av virus tilstede, og likeledes er det vist at det kan finnes betydelige mengder av ILA-virus i gonadevev slik at uekte vertikal overføring av HPR0-virus skjer. ILA-virus er påvist som kontaminasjon på rognkorn (Nylund et. al 1998) men langtidsoverlevelse på eggets overflate synes usannsynlig. Norske erfaringer viser også at trass i en høy forekomst av ILA -utbrudd over en lengere periode er det

ikke observert ILA-smitte i ferskvannsanlegg. Dette gjelder også for settefiskanlegg som tar inn sjøvann. Det er registrert et tilfelle av ILA på startforingsyngel i et anlegg i Norge i 1998. Hvorvidt inntak av sjøvann kan være forklaringen her, er litt uklar – vanlig prosedyre i anlegget var å innblande 2-3% sjøvann i vann til klekkeriet, men på grunn av driftsproblemer med UV-anlegget i perioden forut for utbruddet, skjedde dette ikke. Sommeren 2015 ble det påvist ILA i et settefiskanlegg i Nordland, her ble det også tatt inn sjøvann, men PCR-undersøkelser foretatt i anlegget før funn av virulent ILA-virus indikerer at dette utbruddet hadde en HPR0-utgave som utgangspunkt for ILA-påvisningen. Basert på forekomsten av HPR0 i rogngrupper er det større sannsynlighet for at dette HPR0-viruset har hatt sitt utgangspunkt fra rogn levert anlegget enn smitte via sjøvannsinntaket.

En mulig smitte til ferskvannsanlegg via migrerende ål kan ikke utelukkes– men ettersom utbrudd i ferskvann er meget sjelden forekommende er denne risikofaktoren nok ikke av stor betydning, men må likevel tas med i vurderingen av, om en vannkilde er sikker eller ikke. Likeledes er det påvist ILA-virus i lakselus, og spredning i og mellom anlegg via lus og villfisk må absolutt betraktes som mulig. Smitte via fugl er også en mulighet – det er usannsynlig at viruset overlever passasje gjennom tarmen- men ved regurgitasjon av infisert fisk eller ved å bære smitte på kroppsdeler etter å ha beitet på infisert materiale, kan denne smitteveien også være en mulighet selv om den kan virke noe søkt. Smitte via infisert utstyr, arbeidsklær og personale som jobber både på flere lokaliteter i sjøanlegg eller i tillegg på ferskvannsanlegg er også en mulig smittevei.

Følsomhet overfor desinfeksjon

De fleste vanlig anvendte desinfeksjonsmidler har god effekt overfor ILA.

Konklusjon

Siden ILA er en av de mest alvorlige sykdommene man kan få i et akvakulturanlegg og at konsekvensene ved et eventuelt utbrudd av denne sykdommen i et resirkuleringsanlegg/settefiskanlegg er kolossale, er det viktig å iverksette tiltak som reduserer denne risikoen betydelig og helst fjerner den. Risikoen må ansees som høyere i et resirkuleringsanlegg som i tillegg skal produsere fisken helt frem til slaktevekt enn i et vanlig smoltanlegg. Det er derfor av stor betydning at de tiltak som planlegges er fokusert mot å unngå at viruset i sine to former får innpass i anlegget. Dette fordrer at rognen og vannkildene blir gitt størst oppmerksomhet og at ressursene kanaliseres til tiltak rundt disse.

Det anbefales derfor at det kun tas in rogn i anlegget som er screenet på individnivå mot ILA (HPR0/HPR). I tillegg bør all rogn som legges inn overflatedesinfiseres ved mottak. Det skal i tillegg tas månedlige uttak av vevsprøver for overvåkning av bærersituasjonen utover i produksjonen helt frem til levering sjø. Dette for å avdekke en eventuell introduksjon til anlegget så hurtig som mulig slik at rogn/ynge/smolt/slaktefisk kan fjernes så hurtig som mulig. MarinHelse AS mener at inntak av HPR0 med rogn er den klart mest sannsynlige innfallsporten for dette viruset. De inntaksbarrierene som er beskrevet for begge vanntyper til Averøy Industripark AS er på mange måter revolusjonerende i sin bruk og representerer ekstra smittebarrierer utover det som er vanlig

i lignende anlegg i dag. Vi er av den oppfatning at disse skulle innebære en svært god sikring mot smitte via disse kildene.

På bakgrunn av de overfor nevnte momenter anser vi det som svært usannsynlig at vertikal og vannbåren smitte av HPR0/HPR vil forekomme. Risikoen vil være ubetydelig. For å redusere konsekvensene av et evt. utbrudd av sykdom er det imidlertid en forutsetning at de risikominimerende tiltakene nevnt over med screening under produksjonen og forsterkede tiltak knyttet til etableringen av interne smitteenheter i produksjonslokalene blir gjennomført.

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Referanser

Aspehaug V, Mikalsen AB, Snow M, Biering E, Villoing S (2005). Characterization of the infectious salmon anemia virus fusion protein. *J Virol*. 79(19):12544-53.

Chen R, Holmes EC (2006). Avian influenza virus exhibits rapid evolutionary dynamics. *Mol Biol Evol* 23 (12): 2336 – 2341.

Christiansen DH, Østergaard PS, Snow M, Dale OB, Falk K. (2011). A low-pathogenic variant of infectious salmon anemia virus (ISAV-HPR0) is highly prevalent and causes a non-clinical transient infection in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the Faroe Islands. *J Gen Virol*. 92(Pt 4):909-18. Epub 2010 Dec 9.

Debes Christiansen, Mcbeath, Aamelfot et al 2017. First field evidence of the evolution from a non-virulent HPR0 to a virulent HPR-deleted infectious salmon anaemia virus

Cook-Versloot M, Griffiths S, Cusack R, McGeachy S, Ritchie R (2004). Identification and characterization of infectious salmon anaemia virus (ISAV) haemagglutinin gene highly polymorphic region (HPR) type 0 in North America. *Bull Eur Ass Fish Pathol* 24 (4): 203

– 208.

Devold M, Krossøy B, Aspehaug V, Nylund A (2000). Use of RT-PCR for diagnosis of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in carrier sea trout *Salmo trutta* after experimental infection. *Dis Aquat Org* 40: 9 – 18.

Devold M, Falk K, Dale OB, Krossøy B, Biering E, Aspehaug V, Nilsen F, Nylund A (2001). Strain variation, based on the hemagglutinin gene, in Norwegian ISA virus isolates collected from 1987 to 2001: indications of recombination. *Dis Aquat Org* 47: 119 – 128.

Devold M, Karlsen M, Nylund A (2006). Sequence analysis of the fusion protein gene from infectious salmon anemia virus isolates: evidence of recombination and reassortment. *J Gen. Virol.* 87 (Pt7): 2031-40.

Einer-Jensen K, Ahrens P, Forsberg R, Lorenzen N (2004). Evolution of the fish rhabdovirus viral haemorrhagic septicaemia virus. *J Gen Virol.* 85(Pt5):1167-79.

Godoy MG, Aedo A, Kibenge MJ, Groman DB, Yason CV, Grothusen H, Lisperguer A, Calbucura M, Avendaño F, Imilán M, Jarpa M, Kibenge FS (2008). First detection, isolation and molecular characterization of infectious salmon anaemia virus associated with clinical disease in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Chile. *BMC Vet Res.* 4:28.

Karlsen M, Hodneland K, Endresen C, Nylund A (2006). Genetic stability within the Norwegian subtype of salmonid alphavirus (family Togaviridae). *Arch Virol* 151(5):861-74. Epub 2005 Dec 15.

Kibenge FSB, Garate ON, Johnson G, Arriagada R, Kibenge MJT, Wadowska D (2001a). Isolation and identification of infectious salmon anaemia virus (ISAV) from Coho salmon in Chile. *Dis Aquat Org* 45: 9 – 18.

Kibenge FSB, Godoy MG, Wang Y, Kibenge MJT, Gherardelli V, Mansilla S, Lisperger A, Jarpa M, Larroquete G, Avendano F, Lara M, Gallardo A (2009). Infectious salmon anaemia virus (ISAV) isolated from the ISA disease outbreaks in Chile diverged from ISAV isolates from Norway around 1996 and was disseminated around 2005, based on surface glycoprotein gene sequences. *Viro J* 6:88.

Krossøy B, Devold M, Sanders L, Knappskog PM, Aspehaug V, Falk K, Nylund A, Kurath, G, Garver, KA, Troyer, RM, Emmenegger, EJ, Einer-Jensen, K, Anderson, ED (2003). Phylogeography of infectious haematopoietic necrosis virus in North America. *J*

Gen Virol. 84 (pt 4): 803-14.

Lyngstad TM, Hjortaas MJ, Kristoffersen AB, Markussen T, Karlsen ET, Jonassen CM, Jansen PA. (2011). Use of molecular epidemiology to trace transmission pathways for
187

infectious salmon anaemia virus (ISAV) in Norwegian salmon farming. *Epidemics.*
3(1):1-11. Epub 2010 Nov 24.

Markussen T, Jonassen CM, Numanovic S, Braaen S, Hjortaas M, Nilsen H, Mjaaland S
(2008). Evolutionary mechanisms involved in the virulence of infectious salmon anaemia
virus (ISAV), a piscine orthomyxovirus. *Virology.* 374(2):515-27. Epub 2008 Feb 20.

[Sergio H. Marshall](#)^{a,b,c,e}, [Ramón Ramírez](#)^{a,c,e}, [Alvaro Labra](#)^{b,c,d}, [Marisela Carmona](#)^{a,b,c,e} and [Cristián Muñoz](#)^{a,c,e}

[Sergio H. Marshall](#)^{a,b,c,e}, [Ramón Ramírez](#)^{a,c,e}, [Alvaro Labra](#)^{b,c,d}, [Marisela Carmona](#)^{a,b,c,e} and [Cristián Muñoz](#)^{a,c,e} Bona Fide Evidence for Natural Vertical Transmission of Infectious Salmon Anemia Virus
in

Nylund A, Alexandersen S, Jakobsen P, Rolland JB (1995a) Infectious salmon anaemia
(ISA) in brown trout. *J Aquat Anim Health* 7: 236 - 240.

Nylund A, Devold M, Mullins J, Plarre H (2002). Herring (*Clupea harengus*): A host for
infectious salmon anemia virus (ISAV). *Bull Eur Ass Fish Pathol* 22 (5): 311 – 318.

Nylund A, Devold M, Plarre H, Isdal E, Aarseth M (2003). Emergence and maintenance of
infectious salmon anemia virus (ISAV) in Europe: a new hypothesis. *Dis Aquat Org* 56:
11 – 24.

Nylund A, Plarre H, Karlsen M, Fridell F, Ottem KF, Bratland A, Saether PA (2007).
Transmission of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in farmed populations of
Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Arch Virol.* 152 (1):151 – 79. Epub 2006 Aug 28.

Nylund A, Karlsbakk E, Nylund S, Isaksen TE, Karlsen M, Korsnes K, Handeland S,
Martinsen R, Mork Pedersen T, Ottem KF (2008). New clade of betanodaviruses detected
in wild and farmed cod (*Gadus morhua*) in Norway. *Arch Virol* 153:541–547.

Page RDM (1996). TREEVIEW: An application to display phylogenetic trees on personal
computers. *Computer Applications in the Biosciences* 12:357-358.

Plarre H, Devold M, Snow M, Nylund A (2005). Prevalence of infectious salmon anaemia
virus (ISAV) in wild salmonids in western Norway. *Dis Aquat Organ.* 66(1):71-9.

Posada D (2008). jModelTest: Phylogenetic Model Averaging. *Mol Biol Evol.* 25(7):1253-6.

Posada D, Crandall KA (1998). MODELTEST: testing the model of DNA substitution.

Bioinformatics. 14(9):817-8.

Rimstad E, Mjaaland S, Snow M, Mikalsen AB, Cunningham CO (2001). Characterization of infectious salmon anemia virus genomic segment that encodes the putative hemagglutinin. *Journal of Virology* 75 (11): 5352 – 5356.

Risikoanalyse- Vertikal smitte med BKD Averøy Industripark

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg i Smedvågen i Averøy kommune er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til inntak av rogn med bærertilstand av bakterien *Renibacterium salmoninarum* som forårsaker sykdommen Bakteriell nyresyke (BKD). Landnlegget skal baseres på resirkulering og produsere fisken helt frem til slaktevekt. Dette stiller større krav til at all rogn som blir levert anlegget er fri for agens og at vannkildene er frie for bakterier av denne arten som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av BKD på grunn av vertikal overføring		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1)Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for BKD 2) Ekstra desinfeksjon av rogn ved ankomst anlegg 3)Screening for BKD under drift helt frem til slaktetidspunkt
Utbrudd av BKD som et resultat av at bakterien er kommet inn via råvannskildene		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Behandling av begge typer inntaksvann

Bakgrunnsdata BKD

Bakteriell nyresjue på laksefisk er en alvorlig, kronisk sykdom som skyldes infeksjon med bakterien *Renibacterium salmoninarum*. Sykdommen rammer i hovedsak laksefisk. Sykdommen er meldepliktig i Norge og står på liste 3; Nasjonale sykdommer. Sykdommen blir ofte forkortet BKD, som står for Bacterial Kidney Disease også ble også tidligere kjent som Dee Disease. Sykdommen ble sannsynligvis identifisert for første gang nesten samtidig i USA og Skottland på 1930 tallet. BKD har siden blitt påvist hos diverse laksefisk verden rundt (Brynildsrud et al. 2014), både vill og i oppdrett. De fleste tidligere påvisninger i Norge har vært i forbindelse med kultiveringsarbeid på laks og sjørøye, men i dag registreres BKD oftere i noen få (0-3) årlige tilfeller hos laks i sjøoppdrett. BKD er en kronisk, snikende sykdom, som ofte medfører livslang bærertilstand. Endemisk smittet villfisk representerer antakelig det viktigste infeksjonsreservoaret. Bakterien kan også smitte vertikalt fra hunnfisken til avkommet. Kliniske sykdomstegn kan være sparsomme, og 'typiske tegn' kan ta tid å utvikle. Typiske patologiske forandringer etter langvarig infeksjon inkluderer utstående øyne og buk, hudsår, anemi og hvite knuter, særlig i et svullent nyre, men også på andre indre organer som lever, milt og hjerte.

Smittestoff og smitteveier

Bakteriell nyresjue (Bacterial Kidney Disease - BKD) forårsakes som nevnt av bakterien *Renibacterium salmoninarum*. I Norge oppstår BKD hovedsakelig etter horisontal smitte fra infisert villaks til oppdrettslaks holdt i merd i sjøen. Infisert/syk fisk vil da skille ut bakterien, slik at horisontal spredning øker prevalensen i populasjonen. Smitten kan videre opprettholdes i populasjoner gjennom vertikal smitte fra infiserte foreldredyr til avkom. Vaksinasjon med en levende *Arthrobacter* sp. basert vaksine har vist seg å gi en viss grad av kryssbeskyttelse mot *R. salmoninarum* i atlantisk laks (Salonius et al. 2005), men det finnes ingen godkjent kommersiell vaksine i Norge. Antibiotikabehandling reduserer dødelighet, men eliminerer ikke infeksjonen (Elliott et al. 2014). Stamfiskkontroll for *R. salmoninarum*infeksjon er derfor det viktigste forebyggende bekjempelsestiltaket. Infeksjonen kan overføres fra en generasjon til neste gjennom infisert rogn. Under naturlige forhold hos oss regnes ikke BKD som noen vesentlig trussel mot de viltlevende laksefiskbestandene, da en kun har sett enkeltfisk med BKD i noen få vassdrag. I de tette bestandene som holdes i kultiveringsanlegg eller oppdrett, kan derimot BKD ramme hardt med stor dødelighet. Ved kjønnsmodning kan bærertilstand endres til aktiv infeksjon med mye bakterier, uten at en ved obduksjon ser de typiske patologiske forandringer som tar noe tid å utvikle.

BKD er en sykdom som i første rekke forekommer hos laksefisk. Bakterien *R. salmoninarum* har imidlertid også blitt påvist hos noen få fiskearter utenfor laksefamilien, for eksempel japansk Ayu, *Plecoglossus altivelis* (Nagai og Iida 2002) og stillehavsløse (Merluccius productus). Risikoen for BKD-infeksjon fra eller til ville eller oppdrettede marine fiskearter er derfor ikke totalt fraværende, men regnes som svært lav. Hovedrisiko for overføring av *R. salmoninarum*-infeksjon vil derfor være mellom vill og oppdrettet laksefisk. Bakterien har en begrenset evne til å overleve i miljøet (Austin og Austin 2007), og prevalensen blant infisert oppdrettslaks/regnbueørret i merd i sjøen i Norge er generelt lav. Dette tyder på en ikke alt for høy infektivitet. Diverse overvåkningsaktiviteter rettet mot *R. salmoninarum*-infeksjon i oppdrettsfisk og villfanget stamfisk til kultivering tyder på en lav prevalens i både oppdrettet og vill laksefisk i Norge (Gjevre og

Svendsen 2018). Det er spekulert i at *R. salmoninarum* kan bæres i lavt antall i en parasittisk tilstand i vill laksefisk uten tegn til sykdom (Austin og Austin 2007), og at diverse faktorer som kjønnsmodning, stress osv kan føre til at bakterien aktiveres og gir sykdom. Gitt den lave prevalensen blant norsk oppdrettsfisk antas risikoen for smitte fra oppdrettsfisk til villfisk å være svært liten.

Forekomst

Global utbredelse i de områder der det forekommer laksefisk naturlig eller etter utsett, med mulig unntak av Australia. BKD ble første gang påvist i Skottland på vill laks fra elvene Spey og Dee på 1930-tallet.

I Norge ble BKD første gang påvist av Veterinærinstituttet i 1980 på avkom fra vill stamlaks. I Norge har BKD aldri vært påvist hos innlandsørret, eller hos anadrome arter i vassdrag som renner ut i Oslofjorden. De fleste BKD utbrudd har forekommet på Vestlandet der flere vassdrag må regnes som endemisk "smittet". Videre har det i de senere år vært noen utbrudd i oppdrettsanlegg i Nord-Norge, dels på fisk importert fra Island. De siste 10 årene har forekomsten vært liten, fra 0 til 3 diagnostiserte tilfeller pr. år. Kjente, mottakelige arter er laks og brunørret/sjøørret (*Salmo* spp), stillehavslaks, regnbueørret (*Oncorhynchus* spp), røye (*Salvelinus* spp) og harr (*Thymallus thymallus*). BKD-situasjonen hos villaks i Norge må betraktes som endemisk med en stabil veldig lav prevalens i noen områder, noe som representerer et lavt, men stabilt trusselnivå overfor oppdrettslaks i sjøen.

Sykdomstegn og obduksjonsfunn

BKD er en kronisk sykdom og livslang bærertilstand mht. infeksjonen forekommer. Kliniske sykdomsutbrudd har ofte kommet i april-mai i klekkerier som driver kultiveringsvirksomhet på laks og sjørøye. I oppdrett har en oftest hatt påvisninger av BKD etter unormal dødelighet på smolt en tid etter sjøutsett.

Ferskvann: Ødeleggelse av nyrene kan gi osmoregulatoriske (saltbalansen) problem slik at fisken får utstående øyne og væske i bukhulen. Typiske obduksjonsfunn er anemi (bleke organer) og lyse hvite knuter i en svullen nyre. I nyren kan knutene bli ganske store og konfluerende, mens det ved spredning av infeksjonen til andre organer sees mange, små, hvite knuter (<2 mm) som er lettest synlig i mørke organ som milt. Små fisk som blir funnet døde, kan bli karakterisert som uegnet for undersøkelse, fordi en uttalt renibacteriose på disse kan minne om forråtnelse. Tidlig i forløpet kan det forekomme små hudblødninger som utvikles til små, kraterformede hudsår. Kjønnsmoden regnbueørret kan ha en forbigående tilstand med bare hudsår – kalt "spawning rash".

Sjøvann: På slaktefisk finner en såkalte svimere med hvite knuter i nyre, ev flere organer, sparsom væske i bukhole, av og til utstående øyne pga plasskrevende betennelsesvev i øyehule. Ved lav temperatur kan en ha kroniske forløp med bukholebetennelse der det kan se ut som bukholeorganene er pakket inn i "bomull" (fibrin).

Diagnostikk

Før de typiske ertsreaksjoner i form av hvite knuter er tydelige kan diagnosen by på utfordringer. De syke fiskene vil være anemiske og vev er delvis fordøyd av renibakteriene. Dette kan til forveksling likne kadaverose, og ved direkte nativ mikroskopi er det vanskelig å se de ubevegelige bakteriene, og Gram-farging gir ikke alltid sterkt gram-positiv farge. Dyrker en fra nyrene på blodagar, vil en ikke få oppvekst da renibakteriene krever spesialmedium for å vokse.

Aktuelt prøvemateriale er syk eller nylig død fisk med forandringer forenlige med det beskrevet over. Histopatologi eller direkte mikroskopi av Gramfarget materiale fra lesjoner kan benyttes for utvelgelse av materiale for laboratorietesting mht *R. salmoninarum*.

Histopatologisk er forandringene ved BKD granulomatøse betennelsesforandringer og nekroser i varierende grad. På yngel/unger kan en se tilfeller med lite ertsreaksjoner, men med store nekroser fulle av bakterier som imidlertid kan være svært vanskelige å se ved standard HE-farging. Ved histologi er diagnosen enkel når den karakteristiske betennelsesreaksjonen er tilstede, og en benytter da immunhistokjemi for å påvise bakterien i lesjonene.

Ved mulig første gangs påvisning må en sikre materiale for å verifisere diagnosen bl.a ved å dyrke bakterien. Enklest gjøres dette ved å fryse ned vev fra lesjoner i nyre og evt andre organer. Sår og knuter i organer med bløt tekstur (nekroser) vil oftest inneholde mye bakterier, mens harde knuter (granulomer) har svært variabelt bakterieinnhold.

PCR har gitt gode resultater for indirekte påvisning av *R. salmoninarum* og brukes nå rutinemessig i kombinasjon med andre metoder.

Andre aktuelle prøver enn hel fisk er nyrevevsavtrykk eller utstryk fra lesjonsmateriale for IFAT, evt Gram, PAS. Det er også aktuelt med formalinfiksert, ferskt eller frosset vev fra lesjoner i nyre eller andre organer. Ved stamfisk-kontroll er prøvematerialet nyrevev eller melke/rognvæske, ferskt kjølt eller frosset for kontroll mht agensforekomst vha ELISA.

BKD er en meldepliktig sykdom der tiltak kan gi store økonomiske konsekvenser. Diagnosen skal derfor verifiseres ved at en har sykdomsfunn forenlig med BKD samt påvisning av infeksjon med *R. salmoninarum* vha minst to laboratorietester basert på ulike biologiske prinsipper. Selv om bakterien kan ta flere uker å dyrke fram, er dette ikke vanskelig fra syk fisk og bør alltid gjøres ved nye utbrudd. En systematisk innsamling av slike isolater kan på sikt gi kunnskap om spredningsmønstre vha molekylære markører, og danne grunnlag for å utvikle vaksiner som dekker de eventuelle varianter av bakterien som opptrer.

Forebygging og kontroll

Da det ikke finnes effektive medikamenter eller vaksiner, er bekjempelsestiltaket først og fremst å unngå infeksjon, og slakte eller destruere infiserte bestander. I kultiveringsarbeidet legges stor vekt på å unngå BKD i klekkeriene, slik at en ved utsett ikke forverrer den naturlige sjukdomssituasjonen. I oppdrett blir BKD i stamfiskbestander ikke tolerert og utsett av smolt med mulig smitte blir enten forbudt eller strengt regulert.

Når det gjelder bekjempelse er det for stamfisk en nulltoleranse, den vertikale smitteoverføringen gjør at det å holde stamfisk-populasjonene fri for BKD er det viktigste, forebyggende bekjempelsestiltak. Et vanlig tiltak er å intensivere overvåkingen vår og sommer før stamfisken overføres til ferskvann. Da kan en oppdage BKD så tidlig at den påtenkte stamfisken stadig er mulig å slakte og erstatte med smittefri populasjon. Dette vil begrense tapene sterkt.

For smolt før utsett i settefiskanlegg gjelder at grupper med sykdom bør ikke settes ut. Ved begrenset utbrudd og god intern smittehygiene kan sykdomsfrie grupper vurderes satt ut på få, isolerte lokaliteter.

For smolt rett etter utsett: Lokalitet båndlegges, men fisken blir ikke forlangt utslaktet, slik at tidspunkt for utslakting blir en vurdering av ulempene ved båndlegging, fare for sykdomstap etc. Da BKD var mer utbredt på 80-tallet ble slaktefisk-oppdretter i enkelte tilfeller oppmerksom på sykdommen kort tid etter sjøsetting. De fjernet så fisken umiddelbart og unngikk da videre BKD-problemer.

For slaktefisk gjelder at et "alt ut – alt inn" prinsipp skal følges. Om en oppdager BKD på slaktefisk som har stått i sjø over lengre tid, er det mindre håp om å unngå smittespredning innen anlegget. Båndlegging av anlegget mht ut- og innførsel av levende fisk og hygieniske tiltak ved utslakting og brakklegging etterpå er viktigste tiltak.

Ved ethvert BKD utbrudd i Norge er det uhyre viktig å spore smitten. Det snikende forløpet gjør at selv ganske beskjedne sykdomsutbrudd kan være tegn på at noe har gått galt f.eks i et avlssystem. Infiseres alle stamfiskpopulasjoner har en fått et nær u håndterlig BKD problem, da ingen så langt har greid å "rense" en populasjon for denne smitten.

Effektive vaksiner er så langt ikke tilfredsstillende dokumentert og er helt uaktuelt så lenge en har lite BKD problemer. Vaksine kan gjøre sykdomsforløpet enda mer snikende og skjule en langsom smitteutbredelse som eller ville blitt stoppet.

Bakterien er følsom for erythromycin. Slik behandling er neppe aktuelt for annet enn ved kultiveringsarbeid med utrydningstruede stammer der en ikke kan erstatte infisert avlsmateriale med BKD fri fisk. Samtidig har en injisert erythromycin på stamfiskene. Injeksjonsbehandling av stamfisk har til tider også vært prøvd innen kommersielt oppdrett, men kan ikke anbefales annet enn om alle kilder til BKD fri stamfisk skulle være borte.

Konklusjon

Bakteriell nyresyke er en sykdom som i perioden 2005-2011 ble fulgt i et større nasjonalt overvåkningsprogram. Over 22.000 prøver ble tatt i denne perioden, alle var negative. Ser man på antall utbrudd de siste 15 år, så er BKD en sykdom som kun opptrer sporadisk og det har ligget mellom 0-3 utbrudd de siste 10 årene. Den strategien som har blitt valgt for kontroll og oppfølging av denne sykdommen i Norge har vært svært god og kostnadseffektiv. Denne strategien har hatt en utvidet kontroll og overvåkning av stamfiskpopulasjoner som hovedfokus. På bakgrunn av resultatene knyttet til denne håndteringen er det forsvinnende lite biologiske effekter av denne sykdommen i Norge i dag. På bakgrunn av dette ser vi ikke at det er nødvendig for det nye

anlegget i Smedvågen å iverksette ytterligere tiltak overfor denne sykdommen utover de som allerede er implementert i driften på det nye anlegget hvor det skal være mulig å gjennomføre gode generelle smittehygieniske tiltak på alle nivåer. Rogna vil være individtestet fri for BKD og dette vil være den viktigste barrieren. Vannbehandlingen er oppgradert betydelig i forhold til sammenlignbare anlegg og forutsatt at de planlagte fysiske barrierene gjennom membranfiltrering samt påfølgende UV-bestråling i doble systemer og forøket styrke har effekt, vil risikoen være tilnærmet fraværende og dette skulle eliminere risikoen for at bakterien skulle tas opp med råvannstypene.

På bakgrunn av de overfor nevnte momenter anser vi det som svært usannsynlig at vertikal smitte og smitte via inntaksvann av det omtalte agens vil forekomme. Risikoen vil være ubetydelig.

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Referanser

- Bell, G. R., Hoffmann, R. W., and Brown, L. L. 1990. Pathology of experimental infections of the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas), with *Renibacterium salmoninarum*, the agent of bacterial kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*, 13: 355–367.
- Benediktsdóttir, E., Helgason S., and Gudmundsdóttir, S. 1991. Incubation time for the cultivation of *Renibacterium salmoninarum* from Atlantic salmon, *Salmo salar* L. broodfish. *Journal of Fish Diseases*, 14(1): 97–102.
- Bruno, D. W. 1986. Histopathology of bacterial kidney disease in laboratory infected rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson, and Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 9(6): 523–537.
- Bruno, D. W., and Munro, A. L. S. 1986. Observations on *Renibacterium salmoninarum* and the salmonid egg. *Diseases of Aquatic Organisms*, 1: 83–87.
- Bruno, D. W. 1988. The relationship between auto-agglutination, cell surface hydrophobicity and virulence of the fish pathogen *Renibacterium salmoninarum*. *FEMS Microbiological Letters*, Volume 51, Issue 2: 135–140.
- Bruno, D. W. 2004. Prevalence and diagnosis of bacterial kidney disease (BKD) in Scotland between 1990 and 2002. *Diseases of Aquatic Organisms*, 59(2): 125–130.
- Elliott, D. G., Wiens, G. D., Hammell, K. L., and Rhodes, L. D. 2014. Vaccination against Bacterial Kidney Disease. In *Fish Vaccination*. Ed. by Gudding, R., Lillehaug, A. and Evensen, Ø. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9781118806913.ch22 Evelyn, T. P. T., Prosperi-Porta L., and Ketcheson, J. E. 1986. Experimental intra-ovum infection of salmonid eggs with *Renibacterium salmoninarum* and vertical transmission of the pathogen with such eggs despite their treatment with erythromycin. *Diseases of Aquatic Organisms*, 1: 197–202.
- Fryer, J. L., and Saunders, J. E. 1981. Bacterial kidney disease of salmonid Fish. *Annual Review of Microbiology*, 35: 273–298.
- Grayson, T. H., Coopers, L. F., Wrathmell, A. B., Roper, J., Evenden, A. J., and Gilpin, M. L. 2002. Host responses of *Renibacterium salmoninarum* and specific components of the pathogen reveal mechanisms of immune suppression and activation. *Journal of Immunology*, 106(2): 273–283.

Hall, M., Soje, J., Kilburn, R., Maguire, S., and Murray, A. G. 2014. Cost-effectiveness of alternative disease management policies for Bacterial kidney disease in Atlantic salmon aquaculture. *Aquaculture*, 434: 88–92.

Kent, M. L., Traxler, G. S., Kieser, D., Richard, J., Dawe, S. C., Shaw, R. W., ProsperiPorta G., Ketcheson, J., and Evelyn, T. 1988. Survey of salmonid pathogens in ocean-caught fishes in British Canada. *Journal of Aquatic Animal Health*, 10(2): 211–219. 4 |

Bacterial kidney disease Mackie, T. J., Arkwright, J. A., Pryce-Tannatt, T. E., Mottram, J. C., Johnston, W. P., Menzies, W. J. M., and Martin, W. 1933. Second Interim Report of the Furunculosis Committee. HMSO, Edinburgh, 81 pp.

Nagai, T., and Iida, Y. 2002. Occurrence of bacterial kidney disease in cultured ayu. *Fish Pathology*, 37(2): 77–81. Pfeil-Putzien, C., Hoffmann, R., and Popp, W. 1985. Preliminary report on the occurrence of bacterial kidney disease in Germany. *Bulletin of European Association of Fish Pathologists*, 5: 30–31.

Rimaila-Päränen, E. 2002. First case of bacterial kidney disease (BKD) in whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Finland. *Bulletin of European Association of Fish Pathologists*, 22(6): 403–404.

Smith I. W. 1964. The occurrence and pathology of Dee Disease, Edinburgh: Department of Agriculture and Fisheries for Scotland. pp. 1–13.

Weins, G. D. 2011. Bacterial kidney disease (*Renibacterium salmoninarum*). In *Fish Diseases and Disorders Vol 3. Viral, Bacterial and Fungal Infections*. 2nd Edition. p. 338–374. Ed. by Woo, P. T. K. and Bruno D. W. CAB International.

Risikoanalyse- Vertikal og vannbåren smitte med CMS

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg i Smedvågen i Averøy kommune er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til inntak av rogn med bærertilstand av PMCV-virus som forårsaker sykdommen Kardiomyopatisyndrom (CMS). Det er også nødvendig å vurdere risikoen for at dette viruset blir tatt inn med vannkildene. Landanlegget skal baseres på resirkulering og produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at all rogn og driftsvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Forekomst av de aktuelle agens i rogn eller råvann som tas inn til Averøy Industripark. Forekomst av agens i produksjonssystem og opptak av smitte gjennom produksjonsvann.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av CMS (PMCV) hos Averøy Industripark		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for pmcv. 2) Ekstra desinfeksjon av rogn ved ankomst anlegg 3) Screening for PMCV under drift helt frem til slaktetidspunkt 4) Ekstra fysisk og røktermessig skille mellom driftsbygninger og produksjonsavdelinger ned til biofilterenhet
Utbrudd av CMS på grunn av inntak av sjøvann og ferskvann		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Utvidede barrierer i begge vanninntak 2) Kjøring av ozon i driftsvann 3) Screening for PMCV under drift helt frem til slaktetidspunkt 4) Ekstra fysisk og røktermessig skille mellom driftsbygninger og produksjonsavdelinger ned til biofilterenhet

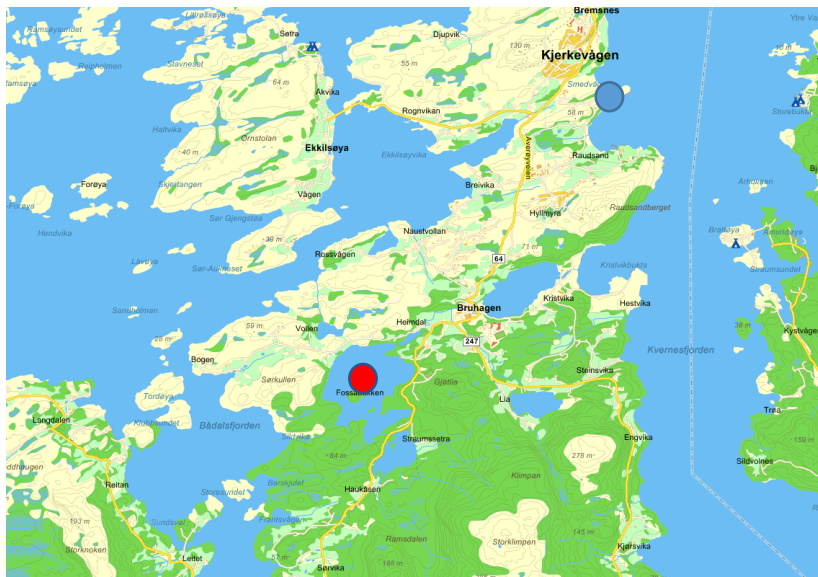
Planlagte smittebarrierer hos Averøy Industripark AS

Rogn

Smitte i eller på rogn vil være en av de viktigste innfallsportene for dette viruset og må hensyntas. I utgangspunktet er det et mål å kun ta inn rogn fra foreldre som på individnivå er testet fri for PMCV-virus. Dette er ikke like lett hvert eneste år, men vil bli etterstrebet. Det vil i tillegg bli gjennomført en ekstra overflatedesinfeksjon ved mottak av rogn før den tas inn i driftsbygningen og legges inn i klekkeskapene. Forsøk gjennomført har vist at det forekommer PMCV-virus på rognoverflaten og at dette kan fjernes eller reduseres ved en ekstra desinfeksjon ved mottak av rogn.

Vanninntak ferskvann

Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membranteknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranen. PMCV-viruset er 0,4-..... mikrometer i størrelse og blir stoppet effektivt av et slikt filter. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-

anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

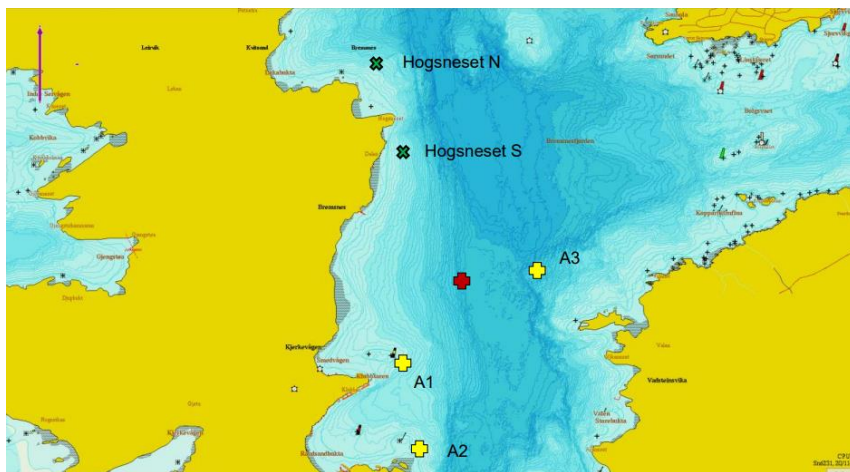
Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 9 m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgntkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra Akvaplan Niva (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Vanninntak sjøvann

Det planlagte sjøvannsinntaket Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyp på 130 m.



Planlagt posisjon for inntak av sjøvann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgnkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. PMCV-viruset er mellom 0,4-0,7 mikrometer stor, slik at dette vil stoppes effektivt.

Bakgrunnsdata PMCV

CMS, eller “hjertesprekk”, har vært kjent i hele oppdretts Norge siden 1985, men PMCV (piscintmyokardittvirus) som ser ut til å forårsake sykdommen ble ikke identifisert før i 2010. CMS er et av de større sykdomsproblemene innenfor norsk lakseoppdrett. Sykdommen fører til redusert fiskevelferd og dødelighet for et høyt antall fisk hvert år, samt betydelige økonomiske tap for næringen. I Fiskehelserapporten for 2018, fremheves CMS som den viktigste infeksjøsye sykdommen i norsk lakseoppdrett etter lakselus og situasjonen har vært lik de siste to årene. I 2003 ble de direkte årlige kostnadene grunnet CMS, beregnet til å ligge på mellom 33,5 og 66,3 millioner norske kroner for industrien som helhet (*Sluttrapport: «Epidemiologisk studie av Kardiomyopatisyndrom (CMS): Spredning, risikofaktorer og sykdomsforløp i norsk lakseoppdrett (CMS-Epi)»(901118)*). Da det i all hovedsak er stor fisk som rammes av sykdommen, kan det bety tapt biomasse og betydelige økonomiske tap for oppdretter. Etter 2007 har antall CMS-tilfeller registrert hos Veterinærinstituttet og private laboratorier, gått fra under 70 til over 100 per år. CMS er derfor uomtvistelig en av de største tapsfaktorene i norsk oppdrettsnæring og vil kunne ha en innvirkning på produksjonen i Smedvågen siden man skal ta fisken helt frem til slakt.

CMS er en kronisk sykdom i hjertet hos atlantisk laks. Sykdommen rammer oftest fisk med god vekst og i godt hold. Diagnosen stilles på grunnlag av kliniske symptomer, funn ved obduksjon og histopatologisk undersøkelse. Fisk som er affisert av CMS har redusert kardiovaskulær kapasitet og tåler derfor dårlig stressende påkjenninger. Obduksjonsfunnene er sirkulasjonsforstyrrelser og evt. blødning til hjertesekken som skyldes at sykdommen svekker muskulaturen i hjertets forkammer og tilhørende blodkar slik at veggen revner, derav navnet «hjertesprekk». Magesekken kan være full av ufordøyd fôr, da fisken dør brått under jakten på fôr. Dødeligheten utvikler seg egentlig langsomt, men det kan oppstå episoder av forøket dødelighet i forbindelse med stressende håndtering, jakt etter fôr, ugunstige miljøforhold eller generelt sykdomsstress. Andre faktorer som rask vekst, ernæring og mangel på fysisk aktivitet har også blitt utpekt som mulige risikofaktorer.

CMS-induserte hjertelesjoner er ikke nødvendigvis dødelige per se, men de reduserer den kardiovaskulære kapasiteten og etterlater berørte fisker skjøre (Brun et al., 2003; Hjeltnes, 2014; Johansen, 2013; Skrudland et al., 2002). Berørt fisk vil dermed ikke tåle selv mindre belastning eller fysisk belastning. CMS representerer et viktig fiskevelferdsspørsmål, og derfor anbefales det å holde all håndtering og stress til et minimum inntil slakting, for å redusere både lidelse og tap.

Tidlig slakting, og bedøvelse og avblødning på stedet, brukes ofte for å redusere tap (personlig kommunikasjon Harald Takle, Marine Harvest). Stressreduksjon, og spesielt tidlig slakting, har den ekstra fordelen med å redusere den totale tiden og mengden av virusutgytelse og dermed infeksjonstrykket på stedet.

Horisontal spredning med vannbåren smitte forekommer og regnes som den kvantitativt viktigste smitteveien for PMCV (*Kardiomyopatisyndrom (CMS) hos laks Sykdomsutvikling – Agens – Epidemiologi, Garseth, Svendsen, Fritsvold og Mikalsen*). Generelt introduseres virus og andre patogener til anlegg primært ved inntak av fisk og gjennom vann. I tillegg kan introduksjonen skje ved kontaminering via utstyr, personell og skadedyr. Anlegg med mange fisk og høyt smittepress fra omkringliggende anlegg har høy risiko for å få CMS. Det er også vist at risikoen for å få CMS er større i anlegg hvor det har vært påvist CMS på forrige utsett, enn der det ikke er påvist CMS tidligere. Det spekuleres i om dette kan knyttes til overlevelse av viruset i miljøet, men PMCV er ikke påvist i miljøprøver i forbindelse med CMS-utbrudd. Det er mer sannsynlig at risikofaktoren er driftsrelatert med settefisk av samme opphav. I tillegg har et treårig forskningsprosjekt ved Veterinærinstituttet funnet at følgende parametere hadde innflytelse på risikoen for å få CMS:

- Utsettstid: Vårutsett hadde betydelig mindre risiko for å få CMS enn høstutsett.
- Tidligere utbrudd av HSMB i fiskegruppen: I alle områder hadde fiskegrupper som hadde hatt utbrudd av HSMB større risiko for også å få CMS.
- Tidligere utbrudd av PD i fiskegruppen: I alle områder hadde fiskegrupper som hadde hatt utbrudd av PD større risiko for også å få CMS.
- Tid i sjø: Utbrudd av CMS var mer vanlige jo lenger fisken hadde stått i sjø i alle regioner. (*Sluttrapport: «Epidemiologisk studie av Kardiomyopatisyndrom (CMS): Spredning, risikofaktorer og sykdomsforløp i norsk lakseoppdrett (CMS-Epi)»(901118)*).

Det samme forskningsprosjektet har også sett på muligheten for vertikal smitte av viruset og at smolten har med seg PMCV fra settefiskfasen. Det er høy forekomst av PMCV i stamfiskpopulasjonen og det er blitt påvist PMCV på settefisk i settefiskanlegg med og uten sjøvanstilsetting, uten at det har vært kliniske tegn på CMS. CMS-utbrudd og CMS-relatert patologi er ikke beskrevet fra settefiskanlegg. Viruset PMCV blir imidlertid påvist i form av positive PCR resultat i denne fasen. I en studie som undersøkte prevalensen av viralt RNA fra piscine orthoreovirus (PRV) og PMCV i stamfisk og avkom ble RNA-sekvenser av PMCV funnet i prøver av hjerte og milt hos hovedandelen av stamfisk i både sjø- og ferskvann. Viruset ble også påvist i om lag 17 % av de fertiliserte eggene, så vel som i 25 % av nylig klekket yngel. Selve virusmengden som ble påvist var derimot lav (høye Ct-verdier), og ved startfôring ble viruset ikke lengre påvist. I studien ble det konkludert at «det er mulig at RNA fra PMCV overføres fra stamfisk til avkom, men hvorvidt arvematerialet blir overført som infeksiose viruspartikler er ikke kjent». Resultatene fra denne studien bekrefter dermed tilstedeværelsen av PMCV i tidlige stadier av produksjonssyklusen, men hvorvidt dette kan tilskrives en ekte, vertikal overføring eller er et resultat av kontaminering med viralt RNA gjenstår å avklare.

I de seneste årene har det blitt påvist CMS så tidlig som 3 mnd. etter sjøsetting og det er lite som tyder på at villfisk har noen betydning for spredning av viruset. Trenden mot tidligere og tidligere påvisning av sykdommen gjør at man er bekymret for at utbrudd kan finne sted allerede i ferskvannsfasen, akkurat som det har gjort med sykdommen HSMB.

Fra felt har det blitt rapportert at det ses store forskjeller i hvilke fiskegrupper som blir berørt

under et CMS-utbrudd på samme lokalitet, og at det ofte er fisk fra de samme settefiskleverandørene som rammes år etter år. I prosjektet ble det tydelig observert en sammenheng mellom settefiskleverandør og risikoen for utbrudd av CMS, også på tvers av lokaliteter. Resultatene indikerer at PMCV kan overføres fra stamfisk til yngel, enten ved at virus er assosiert til egget og ikke fjernes under desinfeksjon, eller ved re-kontaminasjon etter desinfeksjon. Det ble funnet at desinfeksjon fjernet det meste virus RNA, men ikke alt, et aspekt som må undersøkes nærmere. Det ble påvist PMCV ved PCR-analyser av yngel, men bare i små mengder og i en liten andel av avkommet. Dette kan tyde på at viruset ikke replikerer aktivt i avkommet i settefiskfasen. Det vites heller ikke om det som ble funnet var infektivt virus som kan gi sykdom, eller om det bare var rester av viruset arvemateriale. For å konkludere med at denne smitteveien har noe å si for spredningen av CMS, bør det gjennomføres kontrollerte laboratorieforsøk med PMCV-positive egg og/eller yngel. I påvente av mer kunnskap om mulig overførsel vertikalt, bør fokuset være på bedre biosikkerhet i settefiskfasen hvor viktige elementer vil være:

- Kun smittefri rogn og yngel tas inn i anlegget, seleksjon av stamfisk
- Eliminering av kontaminering på overflaten av egget gjennom desinfeksjon av rogn (dette vil ikke ha effekt ved ekte vertikal smitte der viruset befinner seg inne i egget og hvor effektivt dette er mot PMCV er foreløpig ikke beskrevet)
- Trygge ferskvannskilden til klekkeri og settefiskanlegg
- Desinfeksjon av inntaksvann for sjøvann og ferskvann (usikkert om dette har effekt mot PMCV)
- Skille i tid og rom mellom generasjoner («All in–All out» prinsippet og brakklegging)

På Færøyene erfarte man at CMS ble eliminert i forbindelse med reorganiseringen av næringen etter ILA epidemien tidlig på 2000-tallet. Her trekkes synkronisert brakklegging og landbasert stamfiskhold frem som viktige biosikkerhetstiltak. (*Kardiomyopatisyndrom (CMS) hos laks Sykdomsutvikling – Agens – Epidemiologi, Garseth, Svendsen, Fritsvold og Mikalsen*)

I CMS-Epi prosjektet ble 12 lokaliteter fulgt fra utsett til slakt hvor fisken ble screenet regelmessig for PMCV. Viruset ble påvist på samtlige lokaliteter, men bare halvparten utviklet klinisk CMS. Det viser altså at ikke alle fiskegrupper som er smittet med viruset utvikler CMS. De første påvisningene av PMCV var med høye CT-verdier, som så fortsatte noen få måneder, før en kraftig økning i både forekomst av virus og virusnivå fulgte. Denne økningen fant sted kort tid før, eller samtidig med, påvisning av klinisk CMS på lokaliteten. Det gikk mellom 3 og 13 måneder fra påvisning med PCR til klinisk utbrudd i de fiskegruppene der det ble sykdomsutbrudd.

Tidlig PCR-påvisning av PMCV er altså ikke ensbetydende med at fiskegruppen vil gjennomgå et klinisk CMS-utbrudd i løpet av produksjonsperioden, og det gjør PCR-screening upålitelig som et verktøy for tidlig påvisning av sykdomsutbrudd. Man bør i tillegg bruke histopatologi og kliniske symptomer, men på det tidspunkt da det ses klinisk CMS er det trolig for sent å gjøre noe for å hindre et utbrudd. PCR-screening kan imidlertid være nyttig for å følge helhetsbildet på en lokalitet. En utvikling med økt forekomst, samt økte virusnivå, kan være et varselsignal. Brukt sammen med vurderinger av fiskehelsen på lokaliteten/settefiskanlegget, kan dette danne basis for avgjørelser om å iverksette forebyggende tiltak. CT-verdiene var lavest i "død/svimer" gruppen, noe som indikerer at dette kan være den mest hensiktsmessige fisken å prøveta (*Sluttrapport: «Epidemiologisk studie av Kardiomyopatisyndrom (CMS): Spredning, risikofaktorer og sykdomsforløp i norsk*

lakseoppdrett (CMS-Epi)»(901118)). PMCV ble detektert helt frem til slakt, noe som tyder på at fisken ikke kvitter seg med infeksjonen, selv når det kliniske utbruddet er over. Dette samsvarer med rapporter om høy forekomst av PMCV i stamfisk. Dette er et aspekt som en bør tenke over i forbindelse med smittevern; at fisk som tilsynelatende er klinisk frisk godt kan ha høye mengder av PMCV, og dermed kan bidra til å spre smitte ved flytting i forbindelse med for eksempel slakt (*Sluttrapport: «Epidemiologisk studie av Kardiomyopatisyndrom (CMS): Spredning, risikofaktorer og sykdomsforløp i norsk lakseoppdrett (CMS-Epi)»(901118)).*

Oppdrettslaks er det viktigste kjente reservoaret for PMCV. Viruset er også påvist hos en liten andel villaks og hos vassild, men vassild-isolatet er ulikt den genotypen som blir isolert i forbindelse med CMS-utbrudd og overføring av PMCV fra vassild til oppdrettslaks er derfor lite trolig. I 2017 ble det rapportert om funn av PMCV og CMS relatert patologi hos rensefisk i Irland (*Sluttrapport: «Epidemiologisk studie av Kardiomyopatisyndrom (CMS): Spredning, risikofaktorer og sykdomsforløp i norsk lakseoppdrett (CMS-Epi)»(901118)).*

Når det gjelder virusets evne til å overleve i miljøet og hvor resistent det er mot biologiske, kjemiske og fysiske påvirkninger, mangler vi spesifikk kunnskap om dette siden PMCV-viruset ikke lar seg dyrke. Det er imidlertid et nakent virus (som IPNV) og trolig mer motstandsdyktig mot ytre påvirkninger som temperatur, pH, desinfeksjonsmidler og uttørking enn kappekledd virus. Dette bør tas høyde for når det kommer til biosikkerhetstiltak. (<https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/kardiomyopatisyndrom-cms:>)

Biosikkerhetstiltak

Så langt er det viktigste kjente reservoaret til PMCV oppdrettet atlantisk laks (Bockerman et al., 2011; Hjeltnes et al., 2016; Wiik Nielsen, Lovoll, et al., 2012). Følgelig representerer introduksjon av atlantisk laks til et anlegg en risiko for å innføre PMCV, og generelt vil det å holde både antall introduksjoner og kilder til opprinnelse av fisk lav redusere denne risikoen (Jarp, Gjevne, Olsen, & Bruheim, 1995; Jarp & Karlsen, 1997). En PCR-basert screening for PMCV kan gi informasjon om infeksjonsstatus for forskjellige fiskegrupper slik at risikoer knyttet til introduksjon, flytting eller annen håndtering av fiskegrupper kan vurderes. Kunnskap om et smittestoffs resistens mot desinfeksjonsmidler, UV-stråling, organisk materiale, suboptimal saltholdighet og temperaturer er avgjørende for vurderingen av biosikkerhetsrisikoer. Så langt er de biofysiske egenskapene til PMCV ikke kjent, og forskning har blitt hindret av mangelen på levedyktige cellekulturer. Imidlertid bør biosikkerhetsvurderinger tas med i betraktningen at PMCV er et nakent virus og derfor forventes å være ganske robust. Dette inkluderer økt sannsynlighet for overføring av PMCV fra utstyr og personell, men ikke minst overføring gjennom vann. I settefiskanlegg utgjør dermed bruk av sjøvann en risiko for PMCV-innføring, og selv om effekten av obligatorisk desinfeksjon av vann kan være gunstig, er det foreløpig ikke dokumentert.

Størstedelen av laksen i Norge produseres i åpne merder i sjøfasen, fisken er innesperret i merdene, mens vann, avfallstoffer, fôrrester og patogener får lov til å passere inn og ut. Oppdrettsfisk på sjølokaliteter samhandler derfor kontinuerlig med miljøet og vil alltid være utsatt for vannbårne smittestoffer fra nabolokaliteter og fra marine reservoarer (Pettersen, Rich, et al., 2015). Generelt inkluderer tidsmessige og romlige biosikkerhetstiltak å benytte prinsippet om "alt inn-alt ut" kombinert med brakklegging, og dessuten, strategisk beliggenhet for sjølokaliteten når det gjelder avstand til nabolokaliteter og brønnbåtruter. Det viktigste tiltaket for å forhindre spredning av PMCV mellom merder og lokaliteter er å redusere det totale infeksjonstrykket. Dette

kan utføres enten ved utslakting av syk fisk i enkeltmerder eller hele lokaliteter (Bang Jensen et al., 2013).

Et sett med tiltak brukes til å blokkere vertikal overføring. Effekten av standard eggdesinfeksjonsprosedyre brukt i Norge (100 ppm iodophore i 10 minutter) mot PMCV er foreløpig ukjent. Patogenscreening og deretter kassering av gameter fra test-positiv stamfisk er et ofte brukt tiltak for vertikalt overførte midler. PMCV-screening av stamfisk er ikke standard prosedyre, men en av de norske avlsbedriftene, Salmobreed, rapporterer at de på forespørsel fra kunden kan tilby egg fra stamfisk screenet for PMCV (personlig kommunikasjon Rudi Ripman Seim, Salmobreed). Den praktiske verdien av dette tiltaket er begrenset når utbredelsen blant stamfisk er høy, for eksempel etter sykdomsutbrudd i stamfiskbestandene. Etableringen av spesifikk patogenfri stamfiskbestand kan løse denne utfordringen. Lakseoppdrettsnæringen på Færøyene er nå nesten fri for CMS og PMCV-viruset. Sykdommen ble praktisk talt utryddet fra den færøyske industrien på begynnelsen av 2000-tallet da industrien ble omorganisert i kjølvannet av en alvorlig smittsom lakseanemi (ISA) epidemi. I dag fortsetter den færøyske lakseoppdrettsnæringen å utøve dette høye biosikkerhetsnivået, inkludert "alt inn-alt ut"-prinsippet på stedet, og streng områdebasert synkronisert brakklegging. Stamfisk holdes i landbaserte anlegg, og deteksjon av PMCV eller CMS i en fiskegruppe er hittil blitt møtt med frivillig sanering (personlig kommunikasjon Debes H. Christensen, Færøys mats- og veterinærmyndighet, og Peter S. Østergard, Aquamed).

Konklusjon

Selv om det er relativt sparsomt med informasjon om betydningen av de forskjellige smitteveiene til PMCV-viruset, så foreligger det nok kunnskap til å treffe biosikkerhetstiltak som kan virke preventive mot utbrudd av sykdommen. Siden Averøy Industripark AS skal produsere slaktefisk vil det være en betydelig større risiko for utbrudd av sykdommen CMS enn i vanlige smoltanlegg. På bakgrunn av dette anser MarinHelse AS at det per i dag er svært viktig at denne sykdommen blir sett på som en mulig tapsfaktor av større betydning. MarinHelse AS er av den oppfatning at fokuset i første rekke bør rettes mot å unngå å ta inn rogn som er fra foreldre som har testet positivt for viruset. Dette samt de smittebarrierene som er på fersk- og sjøvannsinntakene skulle være tilstrekkelige til å redusere risikoen for å få denne sykdommen betydelig.

På bakgrunn av de overfor nevnte momenter anser MarinHelse AS det som svært usannsynlig at vertikal og vannbåren smitte av PMCV vil forekomme. Unngår man å ta inn PMCV-positiv rogn skulle risikoen være ubetydelig.



Per Anton Sæther

Referanser

Sluttrapport: «Epidemiologisk studie av Kardiomyopatisyndrom (CMS): Spredning, risikofaktorer og sykdomsforløp i norsk lakseoppdrett (CMS-Epi)»(901118)).

. (Kardiomyopatisyndrom (CMS) hos laks Sykdomsutvikling – Agens – Epidemiologi, Garseth, Svendsen, Fritsvold og Mikalsen)

Amin A, Trasti J (1988) Endomyocarditis in Atlantic salmon in Norwegian sea farms. Bull Eur Assoc Fish Pathol 8: 70–71 Antere I, Ikonen E (1983)

A method of distinguishing wild salmon from those originating from fish farms on the basis of scale structure. ICES J Mar Sci 26: 1–7 Böckerman I, Wiik-Nielsen CR, Sindre H, Johansen R, Tengs T (2011)

Prevalence of piscine myocarditis virus (PMCV) in marine fish species. J Fish Dis 34:955–957 Brocklebank J, Raverty S (2002)

Sudden mortality caused by cardiac deformities following seining of preharvest farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and by cardio - myopathy of postintrapitoneally vaccinated Atlantic salmon parr in British Columbia. Can Vet J 43: 129–130 Brun E, Poppe T, Skrudland A, Jarp J (2003)

Cardiomyopathy syndrome in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*: occurrence and direct financial losses for Norwegian aquaculture. Dis Aquat Org 56: 241–247 Bruno DW, Noguera PA (2009)

Comparative experimental transmission of cardiomyopathy syndrome (CMS) in Atlantic salmon *Salmo salar*. Dis Aquat Org 87: 235–242 Ferguson HW, Poppe T, Speare DJ (1990)

Cardiomyopathy in farmed Norwegian salmon. Dis Aquat Org 8: 225–231 Fiske P, Lund RA, Hansen LP (2004)

Identifying fish farm escapees. In: Cadrin SX, Friedland KD, Waldman JR (eds) Stock identification methods: applications in fishery science. Elsevier, Amsterdam, p 659–680 Fritsvold C, Kongtorp RT, Taksdal T, Ørpetveit I, Heum M, Poppe TT (2009)

Experimental transmission of cardiomyopathy syndrome (CMS) in Atlantic salmon *Salmo salar*. Dis Aquat Org 87: 225–234 Garseth ÅH, Fritsvold C, Opheim M, Skjerve E, Biering E (2012)

Piscine reovirus (PRV) in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L and sea trout, *Salmo trutta* L. in Norway. J Fish Dis doi:10.1111/j.1365-2761.2012.01450.x Haugland Ø, Mikalsen AB, Nilsen P, Lindmo K and others (2011)

Cardiomyopathy syndrome of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is caused by a double-stranded RNA virus of the Totiviridae family. J Virol 85: 5275–5286 Løvoll M, Wiik-Nielsen J, Grove S, Wiik-Nielsen CR and others (2010)

A novel totivirus and piscine reovirus (PRV) in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with cardiomyopathy syndrome (CMS). Virol J 7: 309 Lund RA, Hansen LP (1991)

Identification of wild and reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., using scale characters. Aquacult Fish Manag 22: 499–508 Poppe TT, Sande RD (1994)

Cardiomyopathy in farmed Atlantic salmon: a review, introducing an ultrasound technique for clinical examination. Norwegian School of Veterinary Science, Oslo Poppe TT, Seierstad SL (2003)
First description of cardio - myopathy syndrome (CMS)-related lesions in wild Atlantic salmon *Salmo salar* in Norway. Dis Aquat Org 56: 87–88 Rodger H, Turnbull T (2000)

Cardiomyopathy syndrome in farmed Scottish salmon. Vet Rec 146: 500–501 Tengs T, Böckerman I (2012)
A strain of piscine myocarditis virus (PMCV) infecting Atlantic argentine Argentina silus (*Ascanius*). J Fish Dis 35: 545–547 Wiik-Nielsen CR, Ski PMR, Aunsmo A, Løvoll M (2012)

Prevalence of viral RNA from piscine reovirus and piscine myocarditis virus in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., broodfish and progeny. J Fish Dis 35: 169–171

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Risikoanalyse- Utbrudd av Yersiniose på grunn av bærertilstand på rogn/yngel eller via ferskvannsinntak

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg i Smedvågen i Averøy kommune er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til inntak av rogn med bærertilstand av bakterien *Yersinia Ruckeri* som forårsaker sykdommen yersiniose eller rødmunnsjuka som den også blir kalt. Det er også nødvendig å vurdere risikoen for at denne bakterien blir tatt inn med vannkildene. Landanlegget skal baseres på resirkulering og produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at all rogn og driftsvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Forekomst av bakterien som forårsaker yersiniose i rogn eller inntaksvann som tas inn til Averøy Industripark AS. Forekomst av agens i produksjonssystem og opptak av smitte gjennom produksjonsvann.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av yersiniose hos Averøy Industripark AS		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1)Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for Yersiniose 2) Ekstra desinfeksjon av rogn ved ankomst anlegg 3) Behandling av begge typer inntaksvann 4)Screening for Yersinia ruckeri under drift helt frem til slaktetidspunkt 5) Beredskapsplan for tiltak under utbrudd av POX 6) Kjøring av driftsozon for å holde virusnivå under grensen som må til

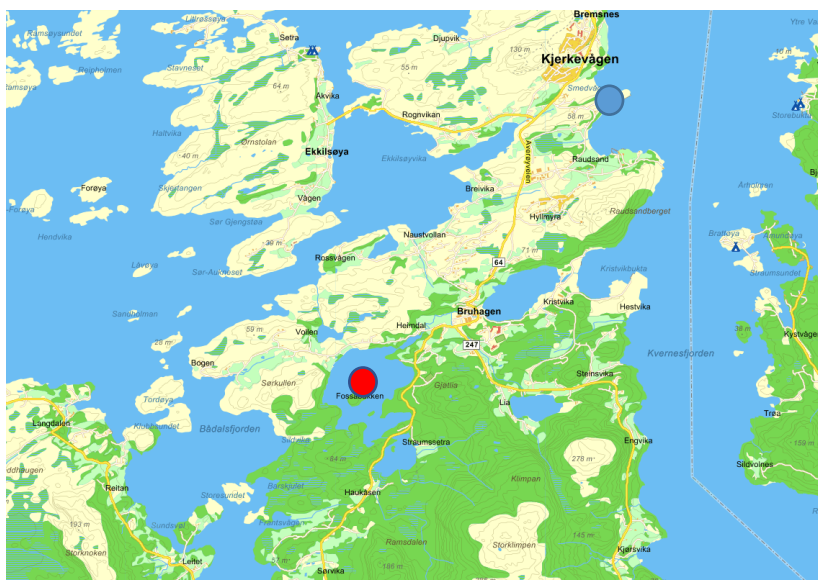
					for å utløse sykdom hos laksefisk
--	--	--	--	--	-----------------------------------

Vurderinger ved innkjøp av rogn/ynge og inntak av ferskvann til Averøy Industripark knyttet til Yersinia Ruckeri

Planlagte smittebarrierer hos Averøy Industripark AS

Vanninntak ferskvann

Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membran teknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De

minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranen. *Yersinia ruckeri*- bakterien er 1-3 mikrometer i størrelse og blir stoppet effektivt av et slikt filter. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er rensset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

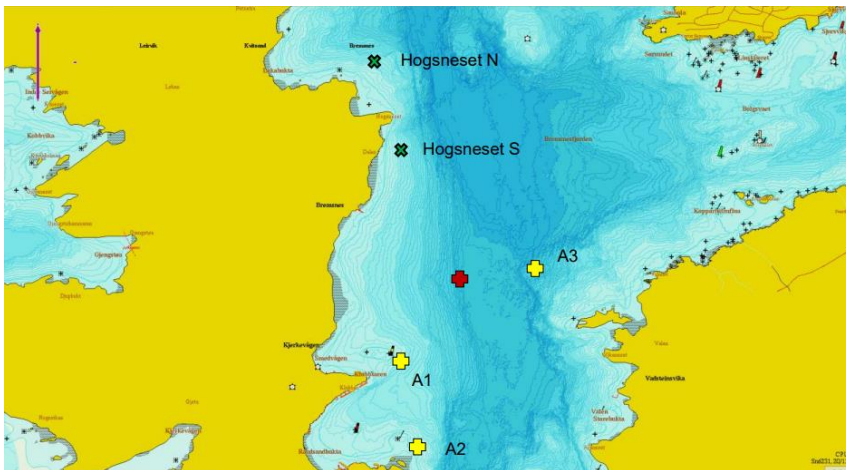
Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 9 m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgntkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra Akvaplan Niva (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Vanninntak sjøvann

Det planlagte sjøvannsinntaket Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyp på 130 m.



Planlagt posisjon for inntak av sjøvann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgnkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. Yersiniosebakterien er mellom 1-3 mikrometer stor, slik at denne vil stoppes effektivt.

Bakgrunnsdata *Yersinia Ruckeri*

Yersiniose eller 'rødmunnssyke' er forårsaket av den Gram-negative enterobakterien *Yersinia ruckeri*, første gang beskrevet fra USA på 1950-tallet og navngitt i 1978. Yersiniose er i utgangspunktet som en ferskvannssykdom å regne, men sykdomsutbrudd forekommer både i settefiskefasen og etter sjøsetting i Norge. Bakterien ble først beskrevet i Norge i 1985. *Y. ruckeri* forekommer i flere serotyper, men det er primært serotype O1 (og i noen grad O2) som assosieres med yersinioseutbrudd både i Norge og internasjonalt. Det er en spesiell særnorsk, genetisk variant av *Y. ruckeri* serotype O1 som ser ut til å ha vært årsak ved nesten alle alvorlige yersiniose-utbrudd her til lands siden midten av 90-tallet (Gulla et al. 2018).

Om bakterien

Bakterien kan lett dyrkes fra hodenyre på syke individer, og vokser godt ved romtemperatur på vanlige dyrkningsmedier, f.eks. blodagar. Bakterien er ikke sporedannende og har gode vekstvilkår i temperaturer fra 22 til 37 °C, men vokser aller best mellom 22 og 25 °C. Det ser likevel ut til at optimal temperatur for infeksjon er betraktelig lavere, rundt 18 °C og lavere (Mendez J. *et al*

(2018)). Dyrkning anbefales for sikker serotyping og eventuell genotyping. Histologiske forandringer er uspesifikke, men immunhistokjemisk påvisning av bakteriene benyttes. Det finnes flere publikasjoner om påvisning av *Y. ruckeri* ved bruk av molekylærbiologiske metoder (del Cerro et al. 2002, Altinok et al. 2001). Eventuelle positive analyseresultater bør tolkes med forsiktighet, og i lys av nyere forskning som viser utbredt tilstedeværelse av *Y. ruckeri*-stammer i oppdrettsmiljøer som ikke kan knyttes til sykdom (Gulla et al. 2018). Det er nylig utviklet et meget sensitivt molekylærtotypingssystem (såkalt MLVA) som kan identifisere de viktigste sykdomsfremkallende klonene av bakterien (Gulla et al. 2018). Det finnes flere serotyper av bakterien (O1, O2, O3, O5, O6, O7, og O8), hvor serotype O1 dominerer i Norge. Videre kan bakterien deles inn i to ulike biotyper: biotype 1 og 2, hvor biotype 1 er bevegelig mens biotype 2 er ubevegelig. Det finnes også to typer klonale komplekser for bakterien, og ved hjelp av høyresolusjons genotyping (MLVA) har det i senere tid blitt avdekket at det er bakterier av serotype O1 og klonal kompleks 1 (kk1) som assosieres med sykdom hos atlantisk laks i Norge de siste 20 + årene (Gulla et al. (2019)) (Wrobel et al (2019)). Development of qPCR for specific detection of *Yersinia ruckeri* serotypes O1 and O2.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6770984/>

Vertsspekter og forekomst

Sykdommen kan opptre hos ulike fiskearter, men er hovedsakelig et problem hos laksefisk. I Norge assosieres den nesten utelukkende med atlantisk laks, hvor den gjerne manifesterer seg som en septicemi med blødninger og påfølgende sirkulasjonssvikt (Sommerseth I. et al (2020)). Yersiniose opptrer vanligvis i settefiskfasen, men har de siste 5 årene, i stadig alvorligere grad, også opptrådt i sjøfasen. Det er antatt at smitten fortrinnsvis introduseres i settefiskfasen. Sykdom i sjøfasen har tidligere primært blitt observert kort tid etter sjøsetting, mens man i de senere år, og spesielt i Midt-Norge (2017-2018), har sett stadig flere yersinioseutbrudd hos stor laks i sjø. Funn tyder på at mange av disse tilfellene kan ha oppstått som følge av subkliniske eller latente infeksjoner som er blitt aktivert i forbindelse med håndtering og stress rundt avlusning.

I settefiskfasen forekommer sykdommen i anlegg i hele landet, og i enkelte settefiskanlegg forekommer det sannsynligvis husstammer. I ferskvann kan sykdommen forårsake svært stor dødelighet på liten yngel og gi gjentatte utbrudd på samme fiskegruppe fra startfôring til utsett i sjø. I sjøfasen er utbruddene i all hovedsak knyttet til dødelighet rett etter sjøsetting og dødelighet på stor fisk i etterkant av stressoperasjoner. Sykdommen representerer i dag en stor utfordring for oppdrett av laks.

I 2019 ble det registrert 18 tilfeller av sykdommen fordelt på 12 lokaliteter med laks (6 settefisk, 5 matfisk, 1 stamfisk). Dette representerer en vesentlig nedgang fra 2018 med 31 tilfeller på 21 lokaliteter. Blant de tilfeller hvor serotype er bestemt, dominerer serotype O1. Det meste av nedgangen i antall tilfeller i 2018 og 2019 ser ut til å kunne forklares med at det forekommer færre utbrudd hos stor laks i sjø i Midt-Norge. Dette trolig som følge av økt vaksinedekning.

[file:///C:/Users/louis/Downloads/Fiskehelserapporten%202019-rl2204-web%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/louis/Downloads/Fiskehelserapporten%202019-rl2204-web%20(2).pdf)

Smitteveier og kontrolltiltak

Bakterien er ubiquitær som betyr «overalt» både i jord og vann. Det antas at smitten skjer horisontalt fra fisk til fisk. Infeksjonen blir hovedsakelig spredt ved transport av fisk. I Norge er ikke den sykdomsfremkallende klonen ennå påvist i rogn eller rognvæske fra stamfisk av laks, men det er påvist flere genotyper av *Y. ruckeri* serotype O1 som ikke kan relateres til sykdom i slike produkter. Det er derfor sannsynlig at smitte via rogn eller rognvæske representerer en risikofaktor for spredning av sykdom hvis stamfisken er infisert med en virulent klon. Vaksiner ble introdusert tidlig, allerede på 70- tallet, og har redusert tapene på grunn av yersiniose betydelig. Sykdommen har imidlertid ikke forsvunnet, og fortsetter å gi økonomiske tap i mange områder. Det er antatt at smitteoverføring primært skjer i ferskvannsfasen. Sykdomsutbrudd tidlig etter sjøsetting skyldes trolig stressrelatert aktivering av subkliniske infeksjoner, men det er fremdeles uklart om dette også har vært tilfelle ved den senere tids utbrudd sent i sjøfasen. Slike utbrudd blir imidlertid ofte rapportert å komme kort tid etter mekanisk avlusning eller lignende håndtering.

Vaksinering mot yersiniose er vanligvis basert på bad, dypp eller injeksjon av vannbaserte vaksiner. I settefiskanlegg som er plaget med sykdommen har et vaksinasjonsregime med to ganger dyppvaksinering henholdsvis ved 3 og 6 grams størrelse og en vaksinering ved hjelp av injeksjon sammen med en standard multivalent vaksine gitt god beskyttelse både i ferskvann og sjøvann. Det finnes i dag ingen oljebaserte stikkvaksiner mot *Y. ruckeri* med markedsføringstillatelse. En del lakseprodusenter, spesielt i Midt-Norge, har imidlertid startet med injeksjon av vannbaserte dyppvaksiner i samstikk med en standard oljebasert vaksine, med tilsynelatende god effekt. Denne typen stikkvaksinering har blitt rutinemessig gjennomført hos en rekke oppdrettsselskaper i perioden 2017-2021 og har vist seg å være svært effektiv mot utbrudd av sykdommen i sjøvann.

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det svært liten risiko for utbrudd av Yersiniose hos Averøy Industripark AS. Forutsatt at de planlagte fysiske barrierene gjennom membranfiltrering samt påfølgende UV-bestråling i doble systemer og forøket styrke har effekt, vil risikoen være tilnærmet fraværende.

Ut fra erfaringer fra andre resirkuleringsanlegg i Norge er det MarinHelse AS sin oppfatning at bakterien *Yersinia ruckeri* effektivt kan holdes ute fra landbaserte akvakulturanlegg. Anlegg som har vært svært plaget av bakterien og som har valgt å sanere anlegget, har lyktes i å holde bakterien vekk fra anlegget med gode rutiner for inntak av patogenfri rogn og strenge tiltak på vannintakene. Tiltakene på vannbehandlingssiden er ytterligere forsterket sammenlignet med disse eldre anleggene hos Averøy Industripark AS og skulle bidra til å heve terskelen for å ta inn smitte ytterligere. Det planlagte smitteovervåkningsprogrammet skulle effektivt avdekke et hvert tilløp til forekomst av bakterien tidlig og slikt sett uansett forhindre et utbrudd av sykdommen.



Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Referanser

- FAO (2010) The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Horne MT, Barnes AC (1999) Enteric redmouth disease (*Yersinia ruckeri*). In: Woo PTK, Bruno DW (eds) Fish diseases and disorders. Viral, bacterial and fungal infections. CABI Publishing, Wallingford, pp 445–477
- Ross AJ, Rucker RR, Ewing WH (1966) Description of a bacterium associated with redmouth disease of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can J Microbiol 12:763–770
- Tobback E, Decostere A, Hermans K, Haesebrouck F, Chiers K (2007) *Yersinia ruckeri* infections in salmonid fish. J Fish Dis 30:257–268
- wing EW, Ross AJ, Brenner DJ, Fanning GR (1978) *Yersinia ruckeri* sp. nov., the redmouth (RM) bacterium. Int J Syst Bacteriol 28:37–44
- omalde JL, Toranzo AE (1993) Pathological activities of *Yersinia ruckeri*, the enteric redmouth (ERM) bacterium. FEMS Microbiol Lett 112:291–300
- Bastardo A, Ravelo C, Romalde JL (2012) Multilocus sequence typing reveals high genetic diversity and epidemic population structure for the fish pathogen *Yersinia ruckeri*. Environ Microbiol 14:1888–1897
- Arias CR, Olivares-Fuster O, Hayden K, Shoemaker CA, Grizzle JM, Klesius PH (2007) First report of *Yersinia ruckeri* biotype 2 in the U.S.A. J Aquat Anim Health 19:35–40
- Tobback E, Decostere A, Hermans K, Ryckaert J, Duchateau L, Haesebrouck F, Chiers K (2009) Route of entry and tissue distribution of *Yersinia ruckeri* in experimentally infected rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Dis Aquat Org 84:219–228
- Willumsen B (1989) Birds and wild fish as potential vectors of *Yersinia ruckeri*. J Fish Dis 12:275–277
- Busch RA, Lingg AJ (1975) Establishment of an asymptomatic carrier state infection of enteric redmouth disease in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J Fish Res Board Can 32:2429–2432
- Hunter VA, Knittel MD, Fryer JL (1980) Stress-induced transmission of *Yersinia-ruckeri* infection from carriers to recipient steelhead trout *Salmo-gairdneri richardson*. J Fish Dis 3:467–472
- Coquet L, Cosette P, Junter GA, Beucher E, Saiter JM, Jouenne T (2002) Adhesion of *Yersinia ruckeri* to fish farm materials: influence of cell and material surface properties. Colloids Surf B: Biointerfaces 26:373–378

- Glenn RA, Taylor PW, Pelton EH, Gutenberger SK, Ahrens MA, Marchant LM, Hanson KC (2014) Genetic evidence of vertical transmission and cycling of *Yersinia ruckeri* in hatchery-origin fall chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. J Fish Wildl Manage 5:197
- Ohtani M, Villumsen KR, Strøm HK, Raida MK (2014) 3D Visualization of the initial *Yersinia ruckeri* infection route in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by optical projection tomography. PLoS One 9:e89672
- Nelson MC, LaPatra SE, Welch TJ, Graf J (2015) Complete genome sequence of *Yersinia ruckeri* strain CSF007-82, etiologic agent of red mouth disease in salmonid fish. Genome Announc 3:e01491–14
- Altinok I, Grizzle JM, Liu Z (2001) Detection of *Yersinia ruckeri* in rainbow trout blood by use of the polymerase chain reaction. Dis Aquat Org 44:29–34
- Keeling SE, Johnston C, Wallis R, Brosnahan CL, Gudkovs N, McDonald WL (2011) Development and validation of real-time PCR for the detection of *Yersinia ruckeri*. J Fish Dis 35:119–125
- Bastardo A, Ravelo C, Romalde JL (2012) Highly sensitive detection and quantification of the pathogen *Yersinia ruckeri* in fish tissues by using real-time PCR. Appl Microbiol Biotechnol 96:511–520
- Saleh M, Soliman H, El-Matbouli M (2015) Gold nanoparticles as a potential tool for diagnosis of fish diseases. Methods Mol Biol 1247:245–252
- Furones MD, Gilpin ML, Munn CB (1993) Culture media for the differentiation of isolates of *Yersinia ruckeri*, based on detection of a virulence factor. J Appl Microbiol 74:360–366
- Wiens GD, Glenney GW, LaPatra SE, Welch TJ (2006) Identification of novel rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) chemokines, CXCd1 and CXCd2: mRNA expression after *Yersinia ruckeri* vaccination and challenge. Immunogenetics 58:308–323
- Raida MK, Buchmann K (2009) Innate immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against primary and secondary infections with *Yersinia ruckeri* O1. Dev Com Immunol 33:35–45
- Harun NO, Wang T, Secombes CJ (2011) Gene expression profiling in naïve and vaccinated rainbow trout after *Yersinia ruckeri* infection: Insights into the mechanisms of protection seen in vaccinated fish. Vaccine 29:4388–4399
- Chettri JK, Raida MK, Kania PW, Buchmann K (2012) Differential immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at early developmental stages (larvae and fry) against the bacterial pathogen *Yersinia ruckeri*. Dev Comp Immunol 36:463–474
- enhuis JP, Cleveland BM (2012) Modulation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) intestinal immune gene expression following bacterial challenge. Fish Shellfish Immunol 146:8–17
- Alderman DJ, Hastings TS (1998) Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance – potential for consumer health risks. Int J Food Sci Technol 33:139–155

Defoirdt T, Boon N, Sorgeloos P, Verstraete W, Bossier P (2007) Alternatives to antibiotics to control bacterial infections: luminescent vibriosis in aquaculture as an example. *Trends Biotechnol* 25:472–479

Calvez S, Gantelet H, Blanc G, Douet DG, Daniel P (2014) *Yersinia ruckeri* biotypes 1 and 2 in France: presence and antibiotic susceptibility. *Dis Aquat Org* 109:117–126

Stock I, Henrichfreise B, Wiedemann B (2002) Natural antibiotic susceptibility and biochemical profiles of *Yersinia enterocolitica*-like strains: *Y. bercovieri*, *Y. mollaretii*, *Y. aldovae* and “*Y. ruckeri*.”. *J Med Microbiol* 51:56–69

Rodgers CJ (2001) Resistance of *Yersinia ruckeri* to antimicrobial agents in vitro. *Aquaculture* 196:325–345

Qin Z, Baker AT, Raab A, Huang S, Wang T, Yu Y, Jaspars M, Secombes CJ, Deng H (2013) The fish pathogen *Yersinia ruckeri* produces holomycin and uses an RNA methyltransferase for self-resistance. *J Biol Chem* 288:14688–14697

Irianto A, Austin B (2002) Probiotics in aquaculture. *J Fish Dis* 25:633–642

Raida MK, Larsen JL, Nielsen ME, Buchmann K (2003) Enhanced resistance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), against *Yersinia ruckeri* challenge following oral administration of *Bacillus subtilis* and *B. licheniformis* (BioPlus2B). *J Fish Dis* 26:495–498

Abbass A, Sharifuzzaman SM, Austin B (2010) Cellular components of probiotics control *Yersinia ruckeri* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J Fish Dis* 33:31–37

Brunt J, Newaj-Fyzul A, Austin B (2007) The development of probiotics for the control of multiple bacterial diseases of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J Fish Dis* 30:573–579

Capkin E, Altinok I (2009) Effects of dietary probiotic supplementations on prevention/treatment of yersiniosis disease. *J Appl Microbiol* 106:1147–1153

Kim DH, Austin B (2006) Innate immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) induced by probiotics. *Fish Shellfish Immunol* 21:513–524

Balcázar JL, Vendrell D, de Blas I, Ruiz-Zarzuela I, Muzquiz JL, Girones O (2008) Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from intestinal microbiota of fish. *Aquaculture* 278:188–191

Sica MG, Brugnoli LI, Marucci PL, Cubitto MA (2012) Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from an estuarine environment for application in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) farming. *Antonie Van Leeuwenhoek* 101:869–879

Ingerslev HC, Strube ML, Jørgensen LVG, Dalsgaard I, Boye M, Madsen L (2014) Diet type dictates the gut microbiota and the immune response against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunol* 40:624–633

Jaafar RM, Kania PW, Larsen AH, Nielsen DS, Fouz B, Browdy C, Buchmann K (2012) Gut microbiota changes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during organic acid feed supplementation and *Yersinia ruckeri* infection. *J Fish Dis* 36:599–606

Busch RA (1978) Protective vaccines for mass immunization of trout. *Salmonid* 1:10–22

Cagirgan H, Tanrikul T (1998) Testing the effectiveness of a *Yersinia ruckeri* in infected and chemically treated juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Appl Ichthyol* 14:239–243

Raida MK, Buchmann K (2008) Bath vaccination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) against *Yersinia ruckeri*: effects of temperature on protection and gene expression. *Vaccine* 26:1050–1062

Costa AA, Leef MJ, Bridle AR, Carson J, Nowak BF (2011) Effect of vaccination against yersiniosis on the relative percent survival, bactericidal and lysozyme response of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture* 315:201–206

Soltani M, Shafiei S, Yosefi P, Mosavi S, Mokhtari A (2014) Effect of Montanide™ IMS 1312 VG adjuvant on efficacy of *Yersinia ruckeri* vaccine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunol* 37:60–65

Villumsen KR, Neumann L, Ohtani M, Strøm HK, Raida MK (2014) Oral and anal vaccination confers full protection against enteric redmouth disease (ERM) in rainbow trout. *PLoS One* 9:e93845

Ispir U, Dorucu M (2010) Effect of immersion booster vaccination with *Yersinia ruckeri* extracellular products (ECP) on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Int Aquat Res* 2:127–130

Deshmukh S, Raida MK, Dalsgaard I, Chettri JK, Kania PW, Buchmann K (2012) Comparative protection of two different commercial vaccines against *Yersinia ruckeri* serotype O1 and biotype 2 in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Vet Immunol Immunopathol* 145:379–385

Bridle AR, Koop BF, Nowak BF (2012) Identification of surrogates of protection against yersiniosis in immersion vaccinated Atlantic salmon. *PLoS One* 7:e40841

Risikoanalyse- Utbrudd av Eiteliocystis (Branchiomonas Cysticola) på grunn av innførsel via ferskvannsinntak

Oppdrag

I forbindelse med etableringen av et nytt akvakulturanlegg i Smedvågen er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til innførsel av bakterien Branchiomonas Cysticola som forårsaker sykdommen eiteliocystis. Anlegget skal baseres på resirkulering og produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at all rogn og driftsvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Forekomst av de aktuelle agens i ferskvann som tas inn til Averøy Industripark AS. Forekomst av agens i produksjonssystem og opptak av smitte gjennom produksjonsvann.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av Epteliocystis (Branchiomonas Cysticola) hos Averøy Industripark AS		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Solide smittebarrierer ved ferskvannsinntak og sjøvannsinntak gjennom membranfiltrering og dobbelt UV 2) Screening for Branchiomonas cysticola under drift helt frem til slaktetidspunkt 3) «Alt inn alt ut» prinsippet er lagt inn i driftsplanen

Vurderinger ved inntak av ferskvann til Averøy Industripark AS knyttet til Epteliocystis

Averøy Industripark AS er et resirkuleringsanlegg som tar inn ferskvann til sin produksjon og man må derfor påregne en risiko for at det kan oppstå utbrudd av sykdommen epteliocystis, både i ferskvannsfasen og i den fasen hvor fisken er smoltifisert og skal stå under høy salinitet frem til slaktevekt. Grunnlaget for risikovurderingen baserer seg på oppdatert forskning på epteliocystis, og da *Branchiomonas cysticola*, samt erfaringer fra felt. Vi vil se på bakgrunnsstoff, sykdomstegn, smitteveier og virulens, samt risikofaktorer og håndtering av sykdommen.

Bakgrunnsdata Epteliocystis, Branchiomonas Cysticola

Epteliocystis er et begrep som beskriver en tilstand der små membrandekte cyster med gram negative bakterier forårsaker irritasjon og patologiske forandringer i gjellene på ulike fiskearter, deriblant Atlantisk Laks (Mitchel et al. 2013). Cystene er lokalisert i det beskyttende cellelaget (epitelcellene) rundt gjellene på fisken, og er en av årsakene til proliferativ gjellebetennelse (PGI). En rekke studier koblet i starten epteliocystis til flere ulike klamydia-lignende bakterier, både hos beinfisk og bruskfisk (Draghi et al. 2004, Karlsen et al. 2008, Polkinghorne et al. 2010). Hos Atlantisk laks ble *Clavochlamydia salmonicola* assosiert med lignende infeksjon i gjellene på laks i ferskvann,

mens *Piscichlamydia salmonis* ble funnet i sjøvann både i Irland og Norge. I nyere tid har det riktig nok blitt vist at epiteliocystis ikke utelukkende er koblet til *Chlamydiae*, og i 2012 ble *Branciomonas cysticola* funnet i avgrensede cyster i gjellene på Atlantisk laks med PGI, og agenset er nå ansett for å være ansvarlig for cystedannelsen man ser i gjellene (og i enkelte tilfeller i huden) på fisken (Toenshoff et al. 2012). Studier viser at det er en kobling mellom økende antall bakterier tilstede i gjellene og økt alvorlighetsgrad av PGI, noe som indikerer at epiteliocystis spiller en stor rolle i slike gjellelidelser (Steinum et al. 2010). Dette støttes av feltforsøk der man ser godt samsvar mellom histologiske funn av cyster i epitelet og PCR-verdier for *B. Cysticola* i vevet (Steinum et al. 2015). Omfattende PCR-analyser av et stort utvalg individer har vist at bakterien ikke bare finnes i syk fisk, men også i tilsynelatende friske gjeller hos Atlantisk laks, i Norge og i Irland (Mitchel et al. 2013). Slike funn har ofte blitt kalt microcystis og under disse tilstandene er ikke gjellevevet særlig negativt påvirket av cystene. Epiteliocystis begrenser seg ikke bare til fisk oppdrett og man ser at villaks i stor grad er bærer av bakterien. Selv om man har trodd at bakterien i størst grad smitter i sjøvann, har studier vist at bakterien også kan smitte horisontalt i ferskvann (Wiik-Nilsen et al. 2017). Frem til 2012 ble også sykdommen ansett for å være en lidelse som ble forårsaket av en bakterie som kun forefantes i sjøvann. Med dagens kunnskap er altså fokuset rettet mer mot ferskvannsfasen og da særlig ferskvannskildene. Bakterien er funnet på vill laksefisk i slike vannkilder (Kvamme et al. 2012).

Kliniske tegn til epiteliocystis omfatter apatisk adferd hos fisken da, rammede individer sliter voldsomt med gassutskillelse og opptak av oksygen. Dette kommer som en følge av hyperplastisk gjellebetennelse der man ser en økning av antall celler i epitelet, noe som igjen forlenger avstanden mellom blodbanen til fisken og det omkringliggende vannet og reduserer evnen til bytte av CO₂ mot oksygen. Denne hyperplastiske gjellebetennelsen reduserer også gjelleoverflaten betydelig. Dette fører videre til hyperventilasjon hos fisken, utvidete gjellelokk og makroskopisk synlig økt slimproduksjon i gjellene. Dødeligheten varierer veldig, og er ofte påvirket av andre faktorer, men avgang så høy som 80 % er registrert i både ferskvannsfasen og sjøfasen. Cystene kan sees i mikroskop som runde, bakterieholdige, strukturer i de affiserte epitelcellene. Diagnosen settes ved å undersøke histologiske preparater, samt ved RT-PCR (Bruno et al. 2013). I ferskvannsfasen er de kliniske tegnene på epiteliocystis like de i sjøfasen. Rammet fisk svimer i store tall og oppholder seg ofte nært vannspeilet. Bleke og slimete gjeller, åpen munn og utspilte gjellelokk er vanlige funn. Det er få indikasjoner på at bakterien gir systemisk infeksjon (Steinum et al. 2015).

B. cysticola er svært utbredt i gjeller hos oppdrettslaks i matfiskanlegg langs hele Norge (Steinum et al. 2015). I felt er det ofte dødelighet i forbindelse med sykdommen på sommer og høst, med økte vanntemperaturer, noe som i stor grad gjelder for de fleste gjellelidelser man ser hos Atlantisk laks i oppdrett. Det er indikasjoner på at fisk i Nord-Norge er mindre utsatt for sykdommen, noe som trolig henger sammen med lavere temperaturer i havet (Steinum et al. 2015). PGI omtales ofte synonymt med epiteliocystis, men gjellebetennelse kan forekomme av flere ulike årsaker. Dette, kombinert med at gjellesykdommer ikke er ansett som meldepliktige, gjør det vanskelig å stadfeste konkret hvor stort problem epiteliocystis faktisk er i norsk lakseoppdrett. I 2019 ble gjellebetennelse påvist på 109 sjølokaliteter og 21 settefisklokaliteter, noe som er en økning i totalt 49 påvisninger fra året før. Hvor mye av dette som skyldes epiteliocystis er vanskelig å stadfeste. Som nevnt er gjellelidelser ofte forbundet med økte temperaturer. I og med at produksjon av settefisk ikke følger samme naturlige svingninger i temperatur etter årstidene (grunnet omfattende bruk av RAS-teknologi og oppvarming av vann), ser man ikke samme trend med økning av påvisninger i sommer/høstmånedene der (Fiskehelserapporten 2019).

Epiteliocystis med påfølgende påvisning av bakterien *B. cysticola* er ikke uvanlig i RAS-anlegg i Norge. Her er bakterien påvist både i RAS med ferskvann og RAS med sjøvannsinnblanding. Undersøkelser av inntaksvann har vist at bakterien er å spore der, og det er også påvist av villfisk kan være bærer av bakterien (Kvamme et al. 2012). Utbrudd kan føre til svært høy dødelighet hos liten yngel og helt frem til utsettsfasen, og avgang etter sjøsetting er ikke uvanlig (Per Anton Sæther pers. med.).

Vurdering av den aktuelle risikofaktor

Smitterisiko og mulighet for å overleve i miljøet

Med økt bruk av RAS-teknologi ser man en økende trussel forbundet med oppformering av «husstammer» av bakterier og virus, og det gjelder også for *B. cysticola*. Riktig nok er bakterien i større grad forbundet med sykdom på sjøsiden enn på ferskvannssiden men i forbindelse med økt etablering av resirkuleringsanlegg og bruk av generelt høyere driftstemperaturer i disse har sykdommen fått et oppsving. Ved undersøkelse av 6 ferskvannsanlegg (2 i Irland og 4 i Norge) ble det ikke funnet *B. Cysticola* i noen individer (Mitchell et al. 2013), mens bakterien ble funnet på 80 % av undersøkt fisk fra 21 matfiskanlegg langs hele Norge (Steinum et al. 2015). Dette utelukker ikke risiko for sykdom, og man vet at bakterien kan gi dødelighet i ferskvann. Her er RAS-anlegg med økte temperaturer og saliniteter naturlige risikoområder.

I en studie fra 2014 (publisert i 2017) så man på smitte med *B. Cysticola* i et RAS-anlegg på Vestlandet, hvor det historisk var høy dødelighet forbundet med bakterien. For å undersøke smitte mellom fisk i ferskvann ble 80 syke fisk satt på en tank med ferskvann på 12 °C. I en annen tank var 35 klinisk friske fisk, som over en periode på 65 dager fikk innsig av vann fra karet med den smittede fisken. Som en kontrollgruppe hadde man 30 fisk i en tank med en separat vannkilde. Etter 65 dager så man ingen dødelighet, men om lag 97 % av den opprinnelig friske fisken var smittet av *B. Cysticola*. Histologiske forandringer innebar moderat hyperplasi av epitelet i gjellene, samt subepitelial inflammasjon, riktig nok ikke i like stor grad som i den opprinnelig syke fisken. Kontrollfisken hadde ingen tegn til infeksjon (Nilsen et al. 2017).

Et annet studie utført med *B. Cysticola* på Veso Viken i 2013 viste at det var vanskelig å oppnå smitte. I det forsøket ble fisk smittet med injeksjon i buken (intraperitoneal smitte), samt eksponert for bakterien via badsmitte i ferskvann. Etter 33 dager var det ikke registrert dødelighet, og man klarte ikke i noen av forsøkene å finne igjen bakterien ved hjelp av qPCR (Steinum et al. 2015). Årsakene til at man i dette studiet ikke klarte å påvise smitte kan skyldes flere ting (bakterien overlevde ikke transporten eller at smitematerialet ikke inneholdt infektive stadier), men en åpenbar forskjell fra det studiet og det førstnevnte, er fravær av en vektor – en organisme som kan overføre agenset til en annen organisme. Dette kan indikere at bakterien kun smitter fra fisk til fisk, og at man ved å injisere bakterien eller utsette fisk for homogenisert gjellvev med bakterier ikke oppnår smitte. Dette gir indikasjoner på at det kan være svært viktig å ha et opphold der karene er tomme for fisk i en periode med nedvasking for å unngå sykdom.

Disse to studiene viser at det er vanskelig å oppnå smitte med *B. Cysticola*, men at smittepotensialet for *B. Cysticola* kan være stort innad i et settefiskanlegg når først smitten er oppnådd. I det førstnevnte forsøket ble studiet stoppet opp etter to måneder og man hadde på det tidspunktet ikke registrert dødelighet. Tross det er det utvilsomt et potensiale for avgang. Samtidig vet man at

bakterien er å finne i forholdsvis store mengder i frisk laks, så virulensen til bakterien regnes som liten (Kvamme et al. 2012). Dette innebærer at det trolig trengs relativt store konsentrasjoner av bakterien for å gi sykdom. I og med at RAS-teknologi innebærer gjenbruk av vann vil risikoen for oppformering av bakterien til store konsentrasjoner være til stede, noe som igjen øker risikoen for sykdom. Bruk av ozon i driftsvann har vist seg å kunne holde bakterien nede i antall slik at et sykdomsutbrudd ikke oppnås.

Alternativer behandlingsmetoder og risikoreducerende tiltak

Utbrudd av *B. cysticola* er ikke enkel å håndtere da det er få behandlingsmidler som har god effekt på bakterien. Dette er fordi agenset gjemmer seg inni cyster i epitelcellene (de er intracellulære) slik at de i stor grad unngår behandlingsmidlet. Gjellelidelser behandles ofte ved bruk av saltvann, kloramin T, formalin og til dels også antibiotika, men effekten på epiteliocyster er usikker. En studie på bruk av tetrasykliner (antibiotika) på Lakseabbor (large mouth bass) med epiteliocystis viste god effekt når stoffet ble distribuert i vannet over tre dager. Her ble dødeligheten redusert, og etter to uker kunne ikke epiteliocystis påvises i fisken. Det er riktig nok usikkerhet forbundet med disse resultatene, da man ikke identifiserte hvilke agens som infiserte fisken, og følgelig hva behandlingen faktisk hadde effekt på (Goodwin et al. 2005). I tillegg vet man ikke hvordan en slik behandling vil fungere på en annen art som Atlantisk laks.

Ved utbrudd og kroniske problemer knyttet til *B. Cysticola* er det en bedre løsning å forhindre sykdommen, snarere enn å behandle sykdommen – noe som i stor grad gjelder fiskesykdommer generelt. Det vil altså være svært viktig å opprette smittebarrierer på inntaksvannet til anlegget for å unngå at bakterien blir tatt inn. Man bør i tillegg til dette legge opp en driftsplan som gjør det mulig å nullstille floraen av bakterier, virus og parasitter i driftsvannet, slik at man unngår at patogener hopper seg opp i systemet. Dette gjelder spesielt i RAS-anlegg. Dette innebærer i praksis at man legger opp en drift etter det såkalte «Alt inn alt ut» prinsippet. Dette innebærer å fjerne all fisk, rengjøre RAS-avdelingen og fjerne all mikrobiologisk materiale i rørsystem og filter regelmessig. Frekvensen for disse tiltakene er vanskelig å angi, men screening av fisk for de aktuelle agensene med jevne mellomrom vil kunne si noe om frekvensbehovet for slike tiltak (i litteraturen omtaler veterinærinstituttet ct-verdier mellom 25,9 – 29 som moderat mengde bakterier, noe som kan brukes som et referansepunkt). I enkelte tilfeller har man klart å kvitte seg med husstammer av *B. Cysticola*. Konsekvensene av å ha en driftsplan som ikke tar høyde for problemer med opphopning av biologisk materiale kan være store, både på ferskvannssiden og etter sjøsetting. Erfaringer viser at biofilter i seg selv ikke klarer å holde uønskede agens i sjakk, slik at ytterligere tiltak synes nødvendig.

Bruk av probiotika i oppdrettssammenheng er et relativt nytt og interessant felt, og på sikt kan det tenkes at metoden kan påvirke vannmiljøet på en måte som minsker risikoen for epiteliocystis. Per i dag foreligger det ingen klare resultater eller anbefalinger.

Følsomhet overfor desinfeksjon

I og med at *B. Cysticola* foreløpig ikke har latt seg dyrke på laboratoriet (Steinum et al. 2015), har det ikke blitt gjort forsøk på følsomhet overfor desinfeksjonsmidler (Duncan Colquhoun pers. com.).

I forbindelse med bruken av membranfiltreringsteknologi, så omgår man konsekvensene knyttet til følsomhet overfor metoden. Membraner representerer fysiske barrierer hvor partikler eller

mikroorganismer som overgår en viss størrelse blir utestengt. Denne typen for finfiltrering kan i utgangspunktet sammenlignes med en desinfeksjon, da den kan fjerne både parasitter, bakterier, virus og andre mikroorganismer som kan føre til sykdom hos laks.

En membran er et materiale som slipper noe gjennom og holder noe annet tilbake – en selektiv barriere. En gitt membran er en barriere for komponenter av en viss størrelse eller med visse kjemiske egenskaper. I membranfiltrering av vann brukes trykk for å få rensset vann gjennom membranen, mens uønskede komponenter holdes tilbake. Membraner for filtrering av vann kan karakteriseres ved porestørrelse. Porestørrelsen avgjør altså hvilke komponenter som holdes tilbake.

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det en risiko for utbrudd av epiteliocystis, forårsaket av *B. Cysticola*, hos Averøy Industripark AS. Lokaliteten bruker RAS-teknologi, noe som betyr at det resirkulerer mye vann, holder forholdsvis høye temperaturer gjennom hele året, og i tillegg vil ha økt promille i enkelte kar. Dette er faktorer som øker risikoen for å få dødelighet som følge av sykdommen, og gir økt sannsynlighet for å få en «husstamme» med *B. cysticola*. Riktig nok er bakterien i størst grad forbundet med dødelighet på matfisklokaliteter på sjøsiden, og det er knyttet mindre risiko til ferskvannsproduksjon. Med de skisserte barrierene som allerede er på plass i ferskvannsinntaket og de som er planlagt knyttet til sjøvannsinntaket, er det vår oppfatning at risikoen for at bakterien skulle komme inn i anlegget er tilnærmet fraværende. Forutsatt at bakterien allikevel skulle kunne komme inn i inntaksvannet, er det lagt inn omfattende tiltak under produksjon med blant annet et «Alt inn og alt ut» prinsipp hvor det er lagt inn nedvasking av alle avdelinger og fjerning av all fisk etter gitte intervaller. Frekvensen her må vurderes ut fra smittesituasjonen i anlegget. For å få tilstrekkelig informasjon på dette punktet er det lagt opp til et overvåkningsprogram hvor fisk screenes jevnlig for blant annet dette agenset, slik at man kan finne frekvensen for når ekstra nedvask og desinfeksjon utover det som skjer under «Alt inn og alt ut» er å anbefale. Erfaringene om agenset man da opparbeider seg bør på sikt nedfelles i en tilpasset produksjonsplan.

Når det gjelder Averøy Industripark AS så skal de hente vann fra Nordre Averøy Vannverk. Dette vannverket benytter membranteknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranene. Ser vi på akkurat dette agenset; *Branchiomonas Cysticola*, så er denne bakterien μm stor. Dette gjør at bakterien under normale driftsforhold ikke vil kunne komme inn gjennom ferskvannet. Etter at vannet er rensset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Det er ferskvannet som blir ansett som den mest sannsynlige innfallsporten for denne bakterien. Sjøvannsinntaket er plassert på 130m dyp. Ved denne plasseringen vil det være svært usannsynlig at bakterien vil kunne forefinnes. Dette sjøvannet vil også bli behandlet i en sammensatt prosess for å fjerne evt. patogene mikroorganismer.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. Bakterien *Branchiomonas cysticola* vil på denne måten ikke kunne bli tatt inn i anlegget via sjøvannsinntaket.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til epitheliocystis kan kontrolleres og elimineres via et godt fokus på inntaksbehandling av ferskvann og sjøvann. En sammen virkende desinfeksjon gjennom bruk av membranfiltrering og UV i kombinasjon har vist seg å være effektiv mot denne bakterien i andre resirkuleringsanlegg og vil kunne bidra til at risikoen for å få utfordringer knyttet til denne sykdommen er ubetydelige.

Mathias C. Overrein
Fiskehelsebiolog
MarinHelse AS



Referanser

Bruno, David W., Patricia A. Noguera, and Trygve T. Poppe. *A colour atlas of salmonid diseases*. Vol. 91. Springer Science & Business Media, 2013.

Draghi, Andrew, et al. "Characterization of "Candidatus piscichlamydia salmonis"(order Chlamydiales), a chlamydia-like bacterium associated with epitheliocystis in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*)." *Journal of clinical microbiology* 42.11 (2004): 5286-5297.

Goodwin, A. E., E. Park, and B. F. Nowak. "Successful treatment of largemouth bass, *Micropterus salmoides* (L.), with epitheliocystis hyperinfection." *Journal of fish diseases* 28.10 (2005): 623-625

Karlsen, Marius, et al. "Characterization of 'Candidatus Clavochlamydia salmonicola': an intracellular bacterium infecting salmonid fish." *Environmental microbiology* 10.1 (2008): 208-218.

Kvamme, Bjørn Olav, et al. "5. Annen smitte." *norsk fiskeoppdrett* 2012: 50.

- Mitchell, Susan O., et al. "‘Candidatus Branchiomonas cysticola’ is a common agent of epitheliocysts in seawater-farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in Norway and Ireland." *Diseases of aquatic organisms* 103.1 (2013): 35-43.
- Polkinghorne, Adam, et al. "Novel Chlamydiales associated with epitheliocystis in a leopard shark *Triakis semifasciata*." *Diseases of aquatic organisms* 91.1 (2010): 75-81.
- Sommerset I, Walde C S, Bang Jensen B, Bornø B, Haukaas A og Brun E (red). Fiskehelserapporten 2019, utgitt av Veterinærinstituttet 2020
- Steinum, T., et al. «Proliferativ gjellebetennelse hos oppdrettslaks i sjøvann – patologi, utvalgte agens og risikofaktorer». Veterinærinstituttets rapportserie, utgitt 2015
- Steinum, T., et al. "Microbial and pathological findings in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* with proliferative gill inflammation." *Diseases of aquatic organisms* 91.3 (2010): 201-211.
- Steinum, T., et al. "An RT PCR-DGGE survey of gill-associated bacteria in Norwegian seawater-reared Atlantic salmon suffering proliferative gill inflammation." *Aquaculture* 293.3-4 (2009): 172-179.
- Wiik-Nielsen, J., et al. "Ca. *Branchiomonas cysticola*, Ca. *Piscichlamydia salmonis* and Salmon Gill Pox Virus transmit horizontally in Atlantic salmon held in fresh water." *Journal of fish diseases* 40.10 (2017): 1387-1394.

Risikoanalyse- Utbrudd av laksepox på grunn av inntak via ferskvannsinntak

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg i Smedvågen i Averøy kommune er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til innførsel av viruset Salmonid Gill Pox Virus (SGPV) som forårsaker sykdommen Laksepox. Anlegget skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at inntaksvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
--	------	-------------

1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Forekomst av de aktuelle agens i ferskvann og sjøvann som tas inn til Averøy Industripark .
Forekomst av agens i produksjonssystem og spredning og opptak av smitte gjennom produksjonsvann.

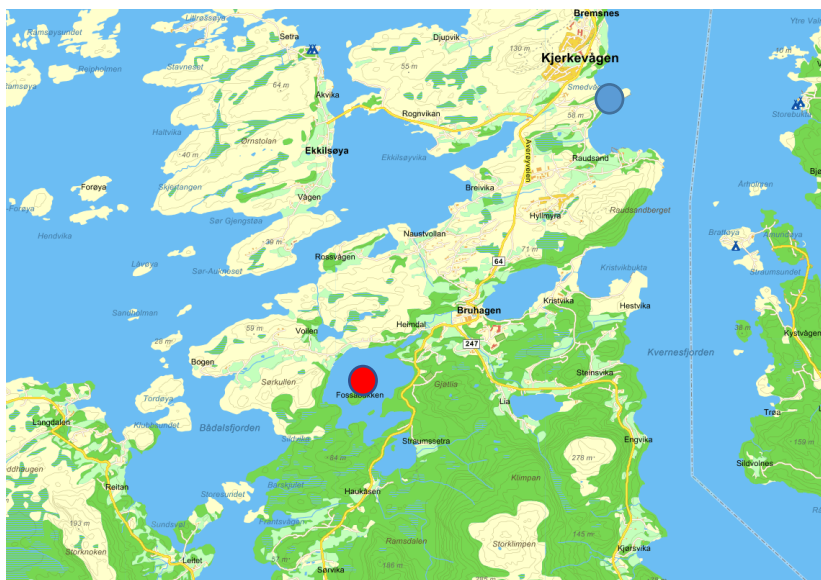
Risikofaktorer	Ønsket beskyttels esnivå	Sannsynli ghet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av laksepox (SPGV) hos Averøy Industripark		10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Bruk av membranfiltreringsteknologi i kombinasjon med UV 2) Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for POX-virus 3) Screening for POX under drift 4) Beredskapsplan for tiltak under utbrudd av POX 5) Kjøring av driftsozon for å holde virusnivå under grensen som må til for å utløse sykdom hos laksefisk

Vurderinger ved inntak av driftsvann til Averøy Industripark AS knyttet til Laksepox

Planlagte smittebarrierer hos Averøy Industripark AS

Vanninntak ferskvann

Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membran teknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranen. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 9

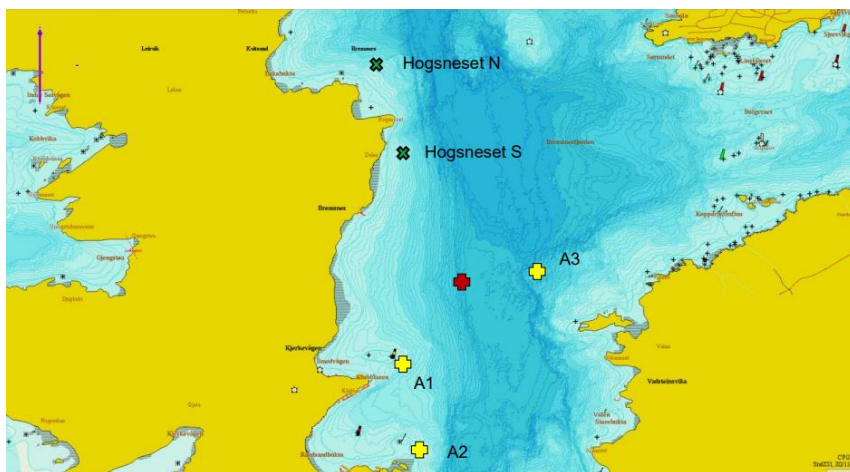
m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgntkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra Akvaplan Niva (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Vanninntak sjøvann

Det planlagte sjøvannsinntaket Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyp på 130 m.



Planlagt posisjon for inntak av sjøvann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgntkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som

kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene.

Bakgrunnsdata laksepox

Generelt om sykdommen

Sykdommen «Laksepox» ble første gang påvist på Senja i Norge i 2005. Et nytt Pox-virus ble på bakgrunn av dette utbruddet identifisert ved universitetet i Bergen i 2006 og senere mer detaljert beskrevet i 2008 (Nylund et. al 2008). Viruset ble gitt navnet Salmon Gill Pox Virus (SGPV). Dette viruset ble karakterisert ved Veterinærinstituttet i Norge i 2015 (Gjessing et al. 2015) og på bakgrunn av dette arbeidet ble det etablert en pcr-analyse av viruset. Undersøkelse av eldre materiale ved Veterinærinstituttet i Norge gjennom Real Time pcr har vist at SGPV var til stede i prøver av gjeller fra norsk laks allerede i 1995.

Sykdommen er kun påvist i ferskvann og brakkvann men viruset er funnet i laks i sjøen og hos stamfisk. Det er ikke rapportert om isolerte utbrudd av sykdommen på fisk i sjøen som ikke er relatert til utsettsfasen. Sykdommen har ofte et dramatisk forløp med høy dødelighet i settefiskfasen. Sykdommen blir også kalt apoptotisk gjellesykdom på grunn av at sykdommen fører til at de angrepne epitelcellene i gjellene utfører en form for selvmord på seg selv (apoptose). Sykdommen er også påvist på Færøyene og Skottland. Viruset er et relativt nytt bekjentskap og det finnes foreløpig lite kunnskap om viruset kan ramme andre arter og om hvordan det sprer seg.

Om viruset

«Laksepox» (Salmon gill poxvirus disease - SGPVD) forårsakes av Salmon gill poxvirus (SGPV) som er et stort DNA virus med en størrelse på 0,3 μm . Dette er utviklingsmessig det eldste kjente koppevirus fra virveldyr. Viruset infiserer gjellene hos atlantisk laks i oppdrett. En annen type poxvirus er påvist på gjeller hos karpefisk.

Viruset ble første gang funnet i 2006 i forbindelse med et utbrudd på settefisk i et anlegg i Norge og først beskrevet og karakterisert av Nylund et al i 2008. (Morphogenesis of salmonid gill poxvirus associated with proliferative gill disease in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. Arch Virol 153:1299–1309.) Poxvirus er store, komplekse virus med lineære, dobbeltstrengede DNA (dsDNA) genomer som replikerer fullstendig i cytoplasma og infiserer insekter (Entomopoxvirinae) og virveldyr (Chordopoxvirinae). Forsøk på dyrking av gjellepox-virus i cellekultur har ikke ført fram. Dette arbeidet pågår fortsatt. Flere intracellulære mikroorganismer knyttet til gjellesykdom lar seg ikke dyrke i laboratoriet. På bakgrunn av at man så langt ikke har klart å dyrke frem viruset i et laboratorium har det ikke lyktes forskerne å etablere rutiner knyttet til utvikling av en vaksine mot sykdommen. Viruset påvises ofte sammen med andre gjellepatogener og de karakteristiske forandringene som viruset forårsaker kan være vanskelig å oppdage.

Smittestoff, smitteveier og smittereservoar

I utgangspunktet kan man finne POX-viruset i settefiskanlegg både med og uten resirkulering og med og uten sjøvannstilsetning, samt at man finner det på fisk på sjølokaliteter (Gjessing et al 2017).

Fra færøyske veterinærmyndigheter ved Petra Petersen er det gjort undersøkelser av biofilter i settefiskanlegg som mulig virusreservoar for horisontal smitte. Forsøkene de har gjort stadfester for første gang at det skjer horisontal smitte, og de fant viruset i biofilteret i slike anlegg. De har også konstatert genetisk slektskap mellom POX-viruset i Norge og på Færøyene. Andre undersøkelser gjort ved Universitetet i Bergen har visst en oppformering av smitte i resirkuleringsanlegg i løpet av kort tid. Veterinærinstituttet har også sett på spredningen av POX-viruset i vill laksefisk og konklusjonen deres er at dette viruset er vidt utbredt i sjøvandrende laks. Garseth et al har publisert data som viser at nivåene av POX-virus ligger vesentlig høyere enn funn av andre virus i vill laksefisk. Viruset er også funnet på sjøørret men så langt ikke på brunørret. Erfaringer fra felt viser at utbrudd av laksepox har oppstått i anlegg som ikke har brukt sjøvann og ikke har annen vannforsyning enn ferskvann uten mulig oppgang av anadrom laksefisk. Det er så langt ikke gjort funn som indikerer at viruset er vertikalt overførbart fra stamfisk til avkom via kjønnsproduktene.

Utvidet systematisk screening i settefiskanlegg, både resirkuleringsanlegg og gjennomstrømmingsanlegg gjennom de siste årene har vist at viruset er vanlig forekommende i en rekke anlegg langsmed hele norskekysten. Dette også i anlegg som kun benytter ferskvann og som i tillegg har en ekstra smittebarriere gjennom bruk av ozon på inntaksvannet i tillegg til klassisk filtrering og UV-behandling. Disse data indikerer at POX-viruset er et robust virus.

Sykdomstegn

Sykdommen Laksepox påvises i hovedsak på smoltifiserende fisk mot slutten av produksjonssyklusen i et vanlig settefiskanlegg. Det er også i denne fasen av produksjonen at de mest omfattende konsekvensene av en slik infeksjon kan konstateres. Dødeligheten kan variere mye fra utbrudd til utbrudd og kar til kar men ligger som regel i området 5-20 % men det er registrert tilfeller opp mot 70 % dødelighet på karnivå. Det er spesielt i forbindelse med smoltifisering at de mest alvorlige dødelighetsepisodene knyttet til laksepox er registrert. I denne fasen av produksjonen er det ofte lave driftstemperaturer og en viss innblanding av sjøvann. Det er imidlertid påvist utbrudd av laksepox på yngel helt ned til 2 gram og sykdommen er påvist både i gjennomstrømmingsanlegg og i anlegg basert på resirkuleringsteknologi. Denne sykdommen er også konstatert på driftsvann med temperaturer opp mot 12 grader og utbrudd er konstatert på driftsvann av ren ferskvannstype. Forskere ved Veterinærinstituttet i Norge har ved hjelp av PCR ved generell utredning av gjellesykdom vist at SGPV kan være involvert i langt flere utbrudd av gjellesykdom enn vi tidligere har vært klar over.

«Laksepox» er en gjellesykdom og har ofte et akutt sykdomsforløp med høy dødelighet hos laks i settefiskfasen. Respirasjonsbesvær er et typisk tegn. Sykdommen rammer ofte de fleste fiskene i et kar, og tilstanden sprer seg ofte fra kar til kar i anlegget. Undersøkelser gjennomført med PCR-teknologi viser at man ofte finner laksepox før de andre smittestoffene som kan forårsake skader på fiskens gjeller. På bakgrunn av dette kan det virke som at laksepox er et primærpatogen som leder til komplekse gjellesykdommer. Laksepox gir store skader på gjellens beskyttende barriere og har gener som er kjent for å svekke andre deler av immunsystemet. Dette kan åpne veien for andre smittestoff.

Viruset angriper gjellene og gir karakteristiske mikroskopiske forandringer som benyttes til å rette mistanke mot sykdommen. Gjellene, som er det viktigste målorganet for viruset, får ofte omfattende forandringer nærmere karakterisert gjennom at overflatecellene på gjellene og

kloridcellene (de som styrer saltpumpingen) blir angrepet. Angrepne celler blir forsøkt avstøtt av fisken og dette siden de blir apoptotiske (en spesiell form for celledød) og dør. Disse karakteristiske forandringene kaller man "poxceller". Slike celler svulmer opp og løsner fra de fine gjelle-lamellene. Disse forandringene er lette å se når de angrepne cellene fremstår isolert i gjellevevet. SGPV-infeksjonen ser ut til å indusere massiv apoptose og løsgjøring av gjelleepitelet, noe som resulterer i akutt sammenvoksning av de tynne gjellelamellene. Mangel på oksygen og osmoregulatoriske forstyrrelser er de forventede konsekvensene av slike skader hos fisk. Det er også dokumentert at viruset angriper og ødelegger både røde og hvite blodlegemer samt blodplater hos rammet laksefisk. Når det gjelder øvrige organforandringer i tilfeller som ikke er komplisert av andre agens, er det sparsomme obduksjonsfunn. Av og til kan man finne litt bleke organer og litt svullen milt, men ikke tydelige makroskopiske forandringer på gjellene. Tarmen er som regel tom for fôr som et tegn på appetittsvikt.

Det er gjennomført en studie av syv tilfeller med kompleks gjellesykdom både i ferskvann og sjøvann i ulike deler av Norge. I tillegg til gjelle pox-virus ble flere andre gjellepatogene organismer påvist. Alle lokalitetene hadde høy dødelighet. Når pox-virus infeksjonen falt sammen med smoltifisering ble dødeligheten ekstrem. Resultatene tyder på at pox-viruset angriper kloridceller og kan derfor påvirke smoltifiseringen. Videre kan viruset spille en rolle som primært gjellepatogen som kan bane vei for andre sykdomsframkallende mikroorganismer (Gjessing *et al.*, 2017, doi:10.1111/jfd.12608).

Diagnostikk

Infeksjon med «laksepox-viruset» påvises primært med real-time PCR. Sykdomsdiagnose bekreftes ved obduksjon og histologisk undersøkelse. Tilstedeværelse av såkalte apoptotiske («selvdøde») epitelceller i gjellene er svært karakteristiske for sykdommen. I noen tilfeller ser man også tegn på massiv blodnedbrytning. Veterinærinstituttet har også etablert en immunhistokjemisk metode som farger viruspartikler i epitelceller i gjellene.

Tiltak

Siden «laksepox-viruset» er et nylig beskrevet virus og man har lite erfaring har man foreløpig ikke etablert nok kunnskap om hvordan man kan hindre smittespredning. Så langt finnes det ingen vaksine eller behandling mot sykdommen. Fokuset har derfor vært på å unngå å ta viruset inn i anleggene via inntaksvann. På bakgrunn av undersøkelser gjort i perioden 2018-2020 ser man at man med bruk av UV og Ozon i kombinasjon ikke har lyktes i å forhindre at pox-viruset kommer inn i settefiskanlegg som er nyetablert.

Siden det ikke foreligger noen effektiv behandling eller forebygging mot sykdommen er det i dag rene symptomatiske tiltak som iverksettes. Disse tiltakene omfatter stans av fôring, heving av oksygennivå i kar til et område mellom 110-125 % metning samtidig som man forsøker å unngå å stresse fisken for å redusere risikoen for massedød ved økt oksygenbehov.

Det foreligger per i dag ikke kunnskap om virusets evne til å overleve i vann eller biofilm eller hvordan brakklegging og desinfeksjonsmåter kan bryte smittekjeder og senke infeksjonspresset.

I forbindelse med bruken av membranfiltreringsteknologi, så omgår man konsekvensene knyttet til følsomhet overfor metoden. Membraner representerer fysiske barrierer hvor partikler eller mikroorganismer som overgår en viss størrelse blir utestengt. Denne typen for finfiltrering kan i

utgangspunktet sammenlignes med en desinfeksjon, da den kan fjerne både parasitter, bakterier, virus og andre mikroorganismer som kan føre til sykdom hos laks.

En membran er et materiale som slipper noe gjennom og holder noe annet tilbake – en selektiv barriere. En gitt membran er en barriere for komponenter av en viss størrelse eller med visse kjemiske egenskaper. I membranfiltrering av vann brukes trykk for å få rensset vann gjennom membranen, mens uønskede komponenter holdes tilbake. Membraner for filtrering av vann kan karakteriseres ved porestørrelse. Porestørrelsen avgjør altså hvilke komponenter som holdes tilbake. Det er en forventning til at denne fysiske barrieren kan løse noen av utfordringene knyttet til Pox-virus.

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det en viss risiko for utbrudd av laksepox hos Averøy Industripark AS. Forutsatt at de planlagte fysiske barrierene gjennom membranfiltrering har effekt vil risikoen imidlertid være svært liten. Lokaliteten bruker imidlertid RAS-teknologi, noe som betyr at det resirkuleres mye vann hvor viruset har gode forhold for å oppformerer hvis man legger til grunn ny forskning. Dette er faktorer som øker risikoen for å få dødelighet som følge av sykdommen, og gir økt sannsynlighet for å få en «husstamme» med poxvirus. Med de skisserte barrierene som allerede er på plass i ferskvannsinntaket og de som er planlagt knyttet til sjøvannsinntaket, er det vår oppfatning at risikoen for at viruset skulle komme inn i anlegget er tilnærmet fraværende. Forutsatt at bakterien allikevel skulle kunne komme inn i inntaksvannet, er det lagt inn omfattende tiltak under produksjon med blant annet et «Alt inn og alt ut» prinsipp hvor det er lagt inn nedvasking av alle avdelinger og fjerning av all fisk etter gitte intervaller. Frekvensen her må vurderes ut fra smittesituasjonen i anlegget. For å få tilstrekkelig informasjon på dette punktet er det lagt opp til et overvåkningsprogram hvor fisk screenes jevnlig for blant annet dette agenset, slik at man kan finne frekvensen for når ekstra nedvask og desinfeksjon utover det som skjer under «Alt inn og alt ut» er å anbefale. Erfaringene om agenset man da opparbeider seg bør på sikt nedfelles i en tilpasset produksjonsplan.

Når det gjelder Averøy Industripark AS så skal de hente vann fra Nordre Averøy Vannverk. Dette vannverket benytter membranteknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranene. Ser vi på akkurat dette agenset; Salmon Gill Pox Virus, så er dette viruset et av de største vi kjenner og omtrent 0,3 μm stor. Dette gjør at viruset under normale driftsforhold ikke vil kunne komme inn gjennom hverken ferskvannet eller sjøvannet. Etter at vannet er rensset gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Det er ferskvannet som blir ansett som den mest sannsynlige innfallsporten for denne bakterien. Sjøvannsinntaket er plassert på 130m dyp. Ved denne plasseringen vil det være svært usannsynlig at bakterien vil kunne forefinnes. Dette sjøvannet vil også bli behandlet i en sammensatt prosess for å fjerne evt. patogene mikroorganismer.

På sjøvannsinntaket vil det, som på ferskvannsinntaket bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgntkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 µm. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. Poxviruset vil på denne måten ikke kunne bli tatt inn i anlegget via sjøvannsinntaket.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til laksepox kan kontrolleres og elimineres via et godt fokus på inntaksbehandling av ferskvann og sjøvann. En sammen virkende desinfeksjon gjennom bruk av membranfiltrering og UV i kombinasjon har vist seg å være effektiv mot andre og mindre agens i sammenlignbare resirkuleringsanlegg og poxviruset er som kjent et veldig stort virus. Det er vår mening at disse faktorene vil kunne bidra til at risikoen for å få utfordringer knyttet til denne sykdommen er ubetydelige.



Per Anton Sæther

Akvaveterinær

MarinHelse AS

1. Mona C. Gjessing, Natalya Yutin, Torstein Tengs, Tania Senkevich, Eugene Koonin, Hans Petter Rønning, Marta Alarcon, Sonja Ylving, Kai-Inge Lie, Britt Saure, Linh Tran, Bernard Moss, Ole Bendik Dale
1. Upton C, Slack S, Hunter AL, Ehlers A, Roper RL. 2003. Poxvirus orthologous clusters: toward defining the minimum essential poxvirus genome. *J Virol* 77:7590–7600. doi:10.1128/JVI.77.13.7590-7600.2003 [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
2. Nylund A, Watanabe K, Nylund S, Karlsen M, Saether PA, Arnesen CE, Karlsbakk E. 2008. Morphogenesis of salmonid gill poxvirus associated with proliferative gill disease in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Arch Virol* 153:1299–1309. doi:10.1007/s00705-008-0117-7 [[PubMed](#)][[Cross Ref](#)]
3. Seno R, Hata N, Fukuda H. 2003. Curative effect of 0.5% salt water treatment on carp, *Cyprinus carpio*, infected with carp edema virus (CEV) results mainly from reviving the physiological condition of the host. *Suisanzoshoku* 51:123–124.
4. Steinum T, Kvellestad A, Ronneberg LB, Nilsen H, Asheim A, Fjell K, Nygard SM, Olsen AB, Dale OB. 2008. First cases of amoebic gill disease (AGD) in Norwegian seawater farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L, and phylogeny of the causative amoeba using 18S cDNA sequences. *J Fish Dis* 31:205–214. doi:10.1111/j.1365-2761.2007.00893.x [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
5. Gjessing MC, Falk K, Weli SC, Koppang EO, Kvellestad A. 2012. A sequential study of incomplete Freund's adjuvant-induced peritonitis in Atlantic cod. *Fish Shellfish Immunol* 32:141–150. doi:10.1016/j.fsi.2011.11.003 [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
6. Seidelin M, Madsen SS, Blenstrup H, Tipsmark CK. 2000. Time-course changes in the expression of Na⁺, K⁺-ATPase in gills and pyloric caeca of brown trout (*Salmo trutta*) during acclimation to seawater. *Physiol Biochem Zool* 73:446–453. doi:10.1086/317737 [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
7. Haugarvoll E, Bjerkas I, Nowak BF, Hordvik I, Koppang EO. 2008. Identification and characterization of a novel intraepithelial lymphoid tissue in the gills of Atlantic salmon. *J Anat* 213:202–209. doi:10.1111/j.1469-7580.2008.00943.x [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
8. Koonin EV, Yutin N. 2010. Origin and evolution of eukaryotic large nucleo-cytoplasmic DNA viruses. *Intervirology* 53:284–292. doi:10.1159/000312913 [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
9. Senkevich TG, Koonin EV, Bugert JJ, Darai G, Moss B. 1997. The genome of molluscum contagiosum virus: analysis and comparison with other poxviruses. *Virology* 233:19–42. doi:10.1006/viro.1997.8607 [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
10. Moss B. 2012. Poxvirus cell entry: how many proteins does it take? *Viruses* 4:688–707. doi:10.3390/v4050688 [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
11. Senkevich TG, Wyatt LS, Weisberg AS, Koonin EV, Moss B. 2008. A conserved poxvirus N1pC/P60 superfamily protein contributes to vaccinia virus virulence in mice but not to replication in cell culture. *Virology* 374:506–514. doi:10.1016/j.virol.2008.01.009 [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]

12. Zhang L, Villa NY, McFadden G. 2009. Interplay between poxviruses and the cellular ubiquitin/ubiquitin-like pathways. *FEBS Lett* 583:607–614.
doi:.10.1016/j.febslet.2009.01.023 [[PubMed](#)][[Cross Ref](#)]
13. Moss B. 2015. Poxvirus membrane biogenesis. *Virology* 479-480:619–626.
doi:.10.1016/j.virol.2015.02.003 [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
14. Aamelfot M, Dale OB, Weli SC, Koppang EO, Falk K. 2012. Expression of the infectious salmon anemia virus receptor on Atlantic salmon endothelial cells correlates with the cell tropism of the virus. *J Virol* 86:10571–10578. doi:.10.1128/JVI.00047-12 [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Cross Ref](#)]
15. Kvellestad A. 2013. Gill inflammation in Norwegian seawater-farmed Atlantic salmon: a study of aetiology and manifestation. vol 154 Unipub, Oslo, Norway.
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries Department. 2014. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
17. Salmon gill poxvirus disease in Atlantic salmon fry as recognized by improved immunohistochemistry also demonstrates infected cells in non-respiratory epithelial cells
[M C Gjessing](#) [D H Christensen](#) [F Manji](#) [S Mohammad](#) [P E Petersen](#) [B Saure](#) [C Skjengen](#) [S C Weli](#) [O B Dale](#)
18. The atlantic salmon gill transcriptome response to a natural outbreak of salmon gill poxvirus infection indicates suppression of mucosal defense 2019
Mona Cecilie Gjessing, Aleksei Krasnov, Gerrit Timmerhaus Svante Brun Sergey Afanasyev Ole Bendik Dale [mfl](#).

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Risikoanalyse- Vertikal og vannbåren smitte med HSMB

Oppdrag

I forbindelse med oppstart av et nytt landbasert akvakulturanlegg i Smedvågen i Averøy kommune er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til inntak av rogn med bærertilstand av PRV-virus som forårsaker sykdommen Hjerter- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB). Det er også nødvendig å vurdere risikoen for at dette viruset blir tatt inn med vannkildene. Landanlegget skal baseres på resirkulering og produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at all rogn og driftsvann som kommer inn i anlegget er fri for agens som kan utløse sykdom på fisken gjennom hele produksjonen hos Averøy Industripark AS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Forekomst av de aktuelle agens i rogn eller sjøvann som tas inn til Averøy Industripark AS.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utbrudd av HSMB (PRV) hos Averøy Industripark		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Kun innkjøp av rogn fra foreldre som er individtestet negativt for PRV. 2) Ekstra desinfeksjon av rogn ved ankomst anlegg 3) Screening for PRV under drift helt frem til slaktetidspunkt 4) Ekstra fysisk og røktermessig skille mellom driftsbygninger og produksjonsavdelinger ned til biofilterenhet
Utbrudd av HSMB på grunn av inntak av sjøvann		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	1) Utvidede barrierer i sjøvannsinntak 2) Kjøring av ozon i driftsvann 3) Screening for PRV under drift helt frem til slaktetidspunkt 4) Ekstra fysisk og røktermessig skille mellom driftsbygninger og produksjonsavdelinger ned til biofilterenhet

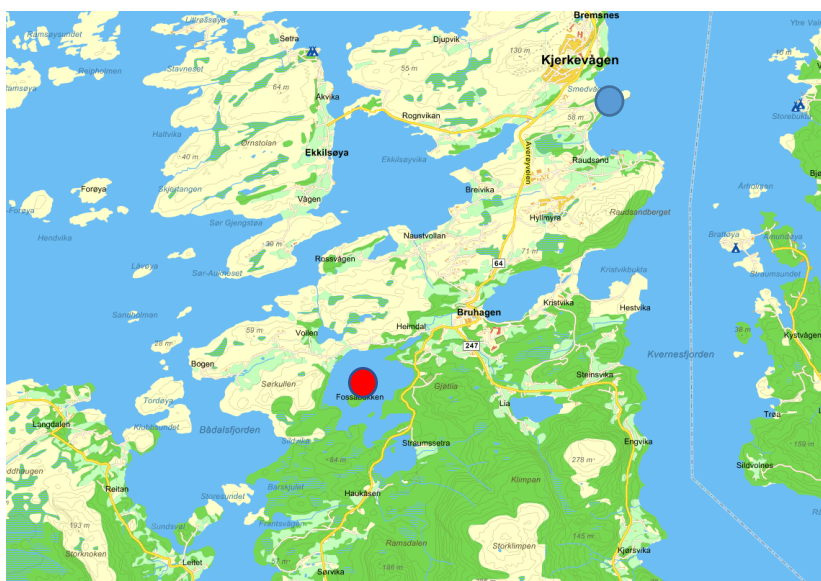
Planlagte smittebarrierer hos Averøy Industripark AS

Rogn

Smitte i eller på rogn vil være en av de viktigste innfallsportene for dette viruset og må hensyntas. I utgangspunktet er det et mål å kun ta inn rogn fra foreldre som på individnivå er testet fri for PRV-virus. Dette er ikke like lett hvert eneste år, men vil bli etterstrebet. Det vil i tillegg bli gjennomført en ekstra overflatedesinfeksjon ved mottak av rogn før den tas inn i driftsbygningen og legges inn i klekkeskapene.

Vanninntak ferskvann

Det planlagte anlegget vil bli forsynt med ferskvann fra det kommunale vannverket, da ferskvannsbehovet er såpass begrenset i mengde. Vannet blir levert fra Nordre Averøy Vannverk som henter vann fra Storvatnet.



Figur: Storvatnet (rød sirkel) ligger 7,4 km unna Smedvågen (blå sirkel) hvor anlegget skal bygges.

Storvatnet har et 7 kvadratkilometer stort nedslagsfelt og tilførselen er ca. 9 mill m³ råvann pr år. Nedslagsfeltet er vernet av kommunale reguleringsplaner som hindrer uønsket aktivitet og utslipp i nedslagsfeltet. Det ligger ingen industri, bensinstasjoner eller annet i nedslagsfeltet som er en trussel for råvannskvaliteten. Det er beregnet at vannverket kan levere normale mengder vann i omtrent 2 år uten at det faller nedbør overhodet.

Renseteknologi og kjemikalier: Det benyttes membranteknologi til å rense vannet. Tettheten på membranene er 1000 Dalton (metrisk tilsvarer dette ca. 4nm eller 0,004 mikrometer(μm)). De minste bakterier/virus/parasitter som forekommer i oppdrettssammenheng er mange ganger

større, dette betyr at det er umulig å få disse gjennom membranen. PRV-viruset er 0,07 mikrometer i størrelse og blir stoppet effektivt av et slikt filter. Grunnen til at vannverket bruker så fine membraner er for å sikre at fargetallet blir så godt som mulig. Fargetallet fra vannverket ligger mellom 0 og 2 gjennom hele året. Fargen kommer av Humus/biologisk masse. Etter at vannet er renses gjennom membranene så ledes det gjennom en ny barriere som består av et dobbelt UV-anlegg. Det benyttes ikke klor i vannet. Ph justeres ved å tilsette vannglass med konsentrasjon 12 mg/1000 liter vann, dette gjøres for å sikre at ph ligger stabilt rundt 7,5 hele tiden. Dette for å beskytte rørnett, varmtvannsberedere i hus, fyringsanlegg, gulvvarmeanlegg etc mot korrosjon som oppstår ved for lav pH.

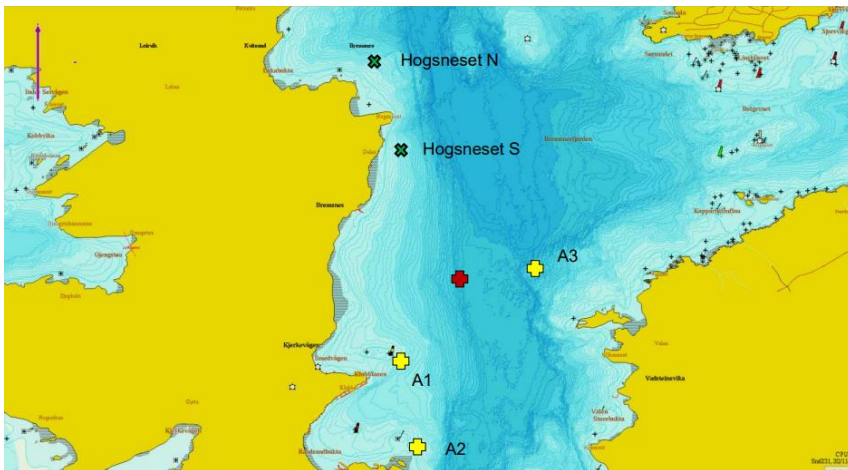
Kapasitet ved renseanlegget: Vannverket har to separate membranfiltreringsanlegg som leverer 80 m³ vann pr time, samlet max kapasitet 160m³ pr time. Normal timeproduksjon ligger på ca 70 m³/time. Det beregnede totale vannforbruket av ferskvann til produksjonen i Smedvågen er 11,4 m³/time. Alle systemer er doble med henblikk på redundans. Det er et dieselaggregat som starter automatisk og drifter hele anlegget ved bortfall av strøm. Vannverket er koblet sammen med Folland vannverk slik at det er lagt opp til full forsyning fra dette vannverket om en akutt forurensning skulle påvirke Nordre Averøy eller noe annet skulle skje med vannverkets evne til å produsere vann.

Vannverket har høydebassenger som sørger for stabilt trykk på ledningsnettet samtidig som det holder en 3200m³ reserve vannmengde om det skulle inntreffe kortere avbrudd ved anlegget. Anlegget tar jevnlig prøver av vannet og sender til eksternt laboratorium for analyse. SINTEF Norlab benyttes til dette formålet. Det er ikke påvist avvik utenfor grenseverdier for vann de siste 10 årene. Det er tre heltidsansatte ved vannverket, samtlige med mange års erfaring i vannverket i tillegg til relevante kurs/skolering. Det er døgntkontinuerlig vakt ved vannverket 24/7 365 dager i året.

Det er gjort en vannanalyse av vannet fra Akvaplan Niva (vedlegg 15) med henblikk på verdier knyttet til oppdrett av fisk og denne viser et vann av svært god og stabil kvalitet som egner seg godt til oppdrettsformål. Det er ikke funnet behov for ytterligere rensing av vannet før inntak i produksjonen.

Vanninntak sjøvann

Det planlagte sjøvannsinntaket Det planlagte sjøvannsinntaket er plassert med en ca. 1000 m lang sjøvannsledning som går ned til et vanddyp på 130 m.



Planlagt posisjon for inntak av sjøvann er vist med rødt kryss. Planlagt utslipp av avløpsvann er markert med gult kryss A1. De to grønne kryssene er de to nærmeste akvakulturlokalitetene. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Det vil bli benyttet ulike desinfeksjonsmetoder i kombinasjon inkludert membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det sjøvannet som skal tas inn i produksjonen. Det vil bli etablert 4 identiske enkeltenheter for membranfiltrering som totalt har en kapasitet på 760 000 liter. Det er lagt inn en overkapasitet på vannproduksjon for å ha døgnkontinuerlig vannleveranse og med tanke på redundans. Tre av disse enkeltenhetene vil kjøre hele tiden mens det fjerde fungerer som en back-up og vil i tillegg bli benyttet under regelmessig vedlikehold av enkeltenheter. De membranfiltrene som skal benyttes vil ha en porestørrelse på 0,02 mikrometer. Denne porestørrelsen innebærer at selv de minste av de kjente virusene som kan representere en risiko for sykdomsutbrudd i akvakulturanlegg, IPN -og PRV-viruset, blir fanget opp i filtrene. PRV-viruset er mellom 0,07 mikrometer stort, slik at dette vil stoppes effektivt.

Bakgrunnsdata HSMB

Om sykdommen

HSMB er en forkortelse for Hjerne- og Skjelett Muskel-Betennelse og er en virussykdom som første gang ble beskrevet i Norge i 1999. Siden den gang har sykdommen spredt seg utover hele landet og er i dag den hyppigst forekommende diagnosen i norsk oppdrettsnæring. Sykdommen opptrer i hele sjøvannsfasen men hyppigst 5-9 måneder etter sjøsetting og fører som regel til moderat dødelighet på merd- og lokalitetsnivå. Sykdommen har de siste årene også opptrådt i settefiskanlegg på yngel og ført til økt dødelighet i ferskvannsfasen i et stadig økende omfang. Utviklingen mot mer bruk av resirkuleringsteknologi har også ført til en større utfordring knyttet til dette viruset enn tidligere. Viruset ser ut til å trives godt i resirkuleringssystemer og kan oppformeres slik at det etablerer seg såkalte husstammer i biofiltersystemet. Dette fører til et unormalt høyt smittepress på fisken og sykdommen HSMB utløses regelmessig på nye innsatte fiskegrupper. Slike resirkuleringsenheter har vist seg å måtte saneres for å få bukt med problemet.

Selve viruset har man slitt med å finne lenge, men nylig er viruset blitt karakterisert og det tilhører en ny slekt Piscint reovirus. Viruset har fått navnet piscine reovirus (PRV). Selve viruset ser ut til å

finnes overalt og finnes ofte i oppdrettsfisk som ikke viser tegn til sykdom. Det er i tillegg påvist i villaks langs hele norskekysten. Viruset ser ut til å være svært robust og kan transporteres over lange avstander. Overlevelse i sjøvann er ukjent men man antar at den er god.

Piscint orthoreovirus (PRV) er et nakent virus med dobbelttrådet RNA-genom. Det tilhører slekten Orthoreovirus i familien Reoviridae. Graden av HSMB-lesjoner har vist seg å være relatert til mengde PRV i blodceller (Finstad et al. 2012). PRV er imidlertid ofte til stede i laksen uten at HSMB utvikles. HSMB gir i kombinasjon med stress og håndtering ofte et mer alvorlig hendelsesforløp med akutt dødelighet. Sykdommen ser ut til å spre seg mellom ulike smoltgrupper på samme sjølokalitet. Flere smoltgrupper er fulgt i ferskvannsfasen via PCR-screening og er funnet negative helt frem til sjøsetting for så å bli positive kort tid etter sjøsetting. Data fra norske rognprodusenter viser at viruset er svært utbredt blant stamfisk og på bakgrunn av dette er det vanskelig å bestille rogn fra foreldrefiskkandidater som er funnet negative for viruset. Både fiskehelsetjenester og Mattilsynet oppfatter HSMB som et betydelig problem innen norsk lakseoppdrett. HSMB gir store sirkulasjonsforstyrrelser (Lund et al. 2017). Makroskopisk har HSMB-syk fisk gjerne blekt hjerte, væskeansamling i bukhulen, gulaktig eller blodfylt lever, svullen milt og blodopphopninger i fettvev (Veterinærinstituttet 2017). Leveren dekkes ofte av et gjennomsliktig fibrinløp som er et generelt tegn ved hjerte- og sirkulasjonssvikt. Mikroskopisk ses betennelse og celledød i hjertevev og ofte også i skjelettmuskulatur, i tillegg til stedvis celledød i levervev. PRV infiserer de røde blodcellene (Finstad et al. 2014).

Forekomst

PRV er et svært utbredt virus hos oppdrettet og vill atlantisk laks i Norge. Det finnes flere varianter av viruset, PRV2 er beskrevet hos coho (Takano et al. 2016) og PRV3 hos blant annet regnbueørret (Dhamotharan et al. 2018). HSMB er ikke påvist hos villaks, men dette kan skyldes dårlige muligheter for å fange syk fisk som lett blir et bytte for predatorer. En variant, PRV3, er påvist hos regnbueørret med utbrudd først og fremst i settefiskanlegg. HSMB-liknende utbrudd hos regnbueørret er bare observert i ferskvann. PRV er også påvist hos vassild, taggmakrell, sild og lodde (Wiik-Nielsen et al. 2012). PRV er påvist i de fleste andre land som driver med lakseoppdrett, inkludert Irland, Skottland, Canada, Alaska og Chile. I Norge er HSMB en av de vanligste sykdommene hos oppdrettslaks, med ca. 100 tilfeller årlig (Dahle et al. 2018a).

Smitteveier

Det viktigste reservoaret av PRV finnes antakelig i sjøvann. PRV ser ut til å være et forholdsvis stabilt virus. Det er vist eksperimentelt å smitte effektivt ved kohabitasjon (Finstad et al. 2014). Sekvensering av PRV-isolater tyder på virusspredning over lange distanser og smitteutveksling mellom oppdrettslaks og villaks (Garseth et al. 2013b). Fisk med HSMB er persistente bærere av PRV i lang tid, og kan spre PRV-smitte. Det finnes foreløpig ingen vaksine mot PRV og ingen behandling mot HSMB, men ved å unngå driftstiltak som stresser fisken, kan tapene ved HSMB reduseres (Dahle et al. 2018a). HSMB er ikke en listeført eller meldepliktig sykdom lengre på grunn av dets omfattende utbredelse i norsk oppdrett.

HSMB er påvist i Skottland, Chile og Canada. Det er stekt assosiert med sykdommen «Jaundice syndrome» hos stillehavelaksene Coho og Chinook, som antas smitte fra atlantisk laks (Olsen et al. 2015). Det er også påvist sykdom hos brunørret i Europa som følge av PRV-3-infeksjon (Ferguson et al. 2005, Di Cicco et al. 2017). Utbrudd av HSMB skjer hele året, og det vil derfor være fare for

smitte til vandrende laks og sjøørret rundt oppdrettsanlegg, og fra rømt oppdrettslaks (Kvamme et al. 2017). Sjøørret synes imidlertid å være lite mottakelig for PRV fra laks (Kvamme et al. 2017).

Konklusjon

Selv om det er relativt sparsomt med informasjon om betydningen av de forskjellige smitteveiene til PRV-viruset, så foreligger det nok kunnskap til å treffe biosikkerhetstiltak som kan virke preventive mot utbrudd av sykdommen. Siden Averøy Industripark AS skal produsere slaktefisk vil det være en betydelig større risiko for utbrudd av sykdommen HSMB enn i vanlige settefiskanlegg. På bakgrunn av dette anser MarinHelse AS at det per i dag er svært viktig at denne sykdommen blir adressert på en hensiktsmessig måte. MarinHelse AS er av den oppfatning at fokuset i første rekke bør rettes mot å unngå å ta inn rogn som er fra foreldre som har testet positivt for viruset. Dette samt de smittebarrierene som er på sjøvannsinntaket skulle være tilstrekkelige til å redusere risikoen for å få denne sykdommen betydelig. Overvåkingen av viruset vil uansett gjøre at man kan treffe tiltak og sanere rammede biofilterenheter hvis så skulle skje, lenge før viruset fører til utbrudd av sykdom.

På bakgrunn av de overfor nevnte momenter anser MarinHelse AS det som usannsynlig at vertikal og vannbåren smitte av PRV vil forekomme. Unngår man å ta inn PRV-positiv rogn og sikrer sjøvannsinntaket gjennom den ekstra membranfiltreringen skulle risikoen være ubetydelig.



Per Anton Sæther

Akvaveterinær

MarinHelse AS

Referanser

Kongtorp RT, Kjerstad A, Taksdal T, Guttvik A, Falk K: Heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a new infectious disease. J Fish Dis 2004, 27:351–358.

Palacios G, Løvoll M, Tengs T, Hornig M, Hutchison S, Hui J, Kongtorp RT, Savji N, Bussetti AV, Solovyov A, Kristoffersen AB, Celone C, Street C, Trifonov V, Hirschberg DL, Rabadan R, Egholm M, Rimstad E, Lipkin WI: Heart and skeletal muscle inflammation of farmed salmon is associated with infection with a novel reovirus. PLoS One 2010, 5:e11487.

Kongtorp RT, Taksdal T, Lyngøy A: Pathology of heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Dis Aquat Organ* 2004, 59:217–224.

Mikalsen AB, Haugland Ø, Rode M, Solbakk IT, Evensen Ø: Atlantic salmon reovirus infection causes a CD8 T cell myocarditis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *PLoS One* 2012, 7:e37269.

Key T, Read J, Nibert ML, Duncan R: Piscine reovirus encodes a cytotoxic, non-fusogenic, integral membrane protein and previously unrecognized virion outer-capsid proteins. *J Gen Virol* 2013, 94:1039–1050.

Markussen T, Dahle MK, Tengs T, Løvoll M, Finstad ØW, Wiik-Nielsen CR, Grove S, Lauksund S, Robertsen B, Rimstad E: Sequence analysis of the genome of piscine orthoreovirus (PRV) associated with heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *PLoS One* 2013, 8:e70075.

Kibenge MJ, Iwamoto T, Wang Y, Morton A, Godoy MG, Kibenge FS: Whole-genome analysis of piscine reovirus (PRV) shows PRV represents a new genus in family Reoviridae and its genome segment S1 sequences group it into two separate sub-genotypes. *Virol J* 2013, 10:230.

Løvoll M, Alarcon M, Bang JB, Taksdal T, Kristoffersen AB, Tengs T: Quantification of piscine reovirus (PRV) at different stages of Atlantic salmon *Salmo salar* production. *Dis Aquat Organ* 2012, 99:7–12.

Wiik-Nielsen CR, Ski P-MR, Aunsmo A, Løvoll M: Prevalence of viral RNA from piscine reovirus and piscine myocarditis virus in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., broodfish and progeny. *J Fish Dis* 2012, 35:169–171.

Garseth AH, Fritsvold C, Opheim M, Skjerve E, Biering E: Piscine reovirus (PRV) in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea-trout, *Salmo trutta* L., in Norway. *J Fish Dis* 2013, 36:483–493.

Walters MN, Joske RA, Leak PJ, Stanley NF: Murine infection with reovirus: I. Pathology of the acute phase. *Br J Exp Pathol* 1963, 44:427–436.

Ni Y, Kemp MC: A comparative study of avian reovirus pathogenicity: virus spread and replication and induction of lesions. *Avian Dis* 1995, 39:554–566.

Johansen R (ed.): The health situation in norwegian aquaculture 2012. Oslo: Norwegian Veterinary Institute; 2013.

Ferguson HW, Kongtorp RT, Taksdal T, Graham D, Falk K: An outbreak of disease resembling heart and skeletal muscle inflammation in Scottish farmed salmon, *Salmo salar* L., with observations on myocardial regeneration. *J Fish Dis* 2005, 28:119–123.

Kongtorp RT, Halse M, Taksdal T, Falk K: Longitudinal study of a natural outbreak of heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 2006, 29:233–244.

Finstad ØW, Falk K, Løvoll M, Evensen Ø, Rimstad E: Immunohistochemical detection of piscine reovirus (PRV) in hearts of Atlantic salmon coincide with the course of heart and skeletal muscle inflammation (HSMI). *Vet Res* 2012, 43:27.

Løvoll M, Wiik-Nielsen J, Grove S, Wiik-Nielsen CR, Kristoffersen AB, Faller R, Poppe T, Jung J, Pedamallu CS, Nederbragt AJ, Meyerson M, Rimstad E, Tengs T: A novel totivirus and piscine reovirus (PRV) in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with cardiomyopathy syndrome (CMS). *Virology* 2010, 52:309.

Kongtorp RT, Taksdal T: Studies with experimental transmission of heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 2009, 32:253–262. Finstad et al. *Veterinary Research* 2014,

Watanabe K, Karlsen M, Devold M, Isdal E, Litlabo A, Nylund A: Virus-like particles associated with heart and skeletal muscle inflammation (HSMI). *Dis Aquat Organ* 2006, 70:183–192.

Michak P, Smith CE, Hopper K: Erythrocytic inclusion body syndrome: a light and electron microscopic study of infected erythrocytes of chinook *Oncorhynchus tshawytscha* and coho O. kisutch salmon. *Dis Aquat Organ* 1992, 12:229–233.

Rodger HD: Erythrocytic inclusion body syndrome virus in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 2007, 30:411–418.

Graham DA, Curran W, Rowley HM, Cox DI, Cockerill D, Campbell S, Todd D: Observation of virus particles in the spleen, kidney, gills and erythrocytes of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during a disease outbreak with high mortality. *J Fish Dis* 2002, 25:227–234.

Lunder T, Thorud K, Holt RA, Rohovec JS: Particles similar to the virus of erythrocytic inclusion body syndrome, EIBS, detected in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Bull Eur Assoc Fish Pathol* 1990, 10:21–23.

Lund SG, Phillips MC, Moyes CD, Tufts BL: The effects of cell ageing on protein synthesis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) red blood cells. *J Exp Biol* 2000, 203:2219–2228.

Meyers TR: First report of erythrocytic inclusion body syndrome (EIBS) in chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* in Alaska, USA. *Dis Aquat Organ* 2007, 76:169–172.

Per Anton Sæther
Akvaveterinær
MarinHelse AS

Risikoanalyse- Forgifting med hydrogensulfidgass

Oppdrag

I forbindelse med etableringen av et nytt akvakulturanlegg i Smedvågen er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til forgifting med hydrogensulfidgass. Anlegget skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Dette stiller større krav til at det ikke forekommer områder med sedimentasjon av organisk materiale som kan utløse en produksjon av hydrogensulfidgass. Dette gjelder i alle avdelinger inkludert startfôring.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Sedimentering av organisk materiale med påfølgende innkapsling og etablering av oksygenfri tilstand i avdelinger hos Averøy Industripark .

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Se under eget punkt «Vurdering av risikofaktorer» For omfattende til å plassere i en tabell		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	

Vurderinger under produksjon Averøy Industripark knyttet til hydrogensulfidgass

Averøy Industripark er et resirkuleringsanlegg (RAS-anlegg) som tar inn både ferskvann og sjøvann til sin produksjon og man må derfor påregne en risiko for at det kan oppstå episoder med hydrogensulfidforgiftning. Grunnlaget for risikovurderingen baserer seg på oppdatert forskning på hydrogensulfid i akvakulturanlegg samt erfaringer fra felt. Vi vil se på bakgrunnsstoff og sykdomstegn, samt risikofaktorer og håndtering av gassen.

Bakgrunnsdata Hydrogensulfidgass (H₂S)

Hydrogensulfid (H₂S) er en svært giftig gass som produseres av bakterier som bryter ned slam som får ligge i fred og råtne. Det skal ikke mye opphopning og sedimentering av organisk materiale eller slam til for å produsere mengder med H₂S som er giftig for fisken. For å kunne produsere H₂S trenger bakteriene sulfat. Sulfat forekommer både i ferskvann og i sjøvann, men sjøvann inneholder ca. 1000 ganger mer sulfat enn ferskvann, og dette gjør anlegg med sjøvannstilsetning mer utsatt for H₂S-problemer enn de som bare benytter ferskvann.

Norsk oppdrett av laks har ikke hatt noen betydelig økning i produsert biomasse de siste årene, og siden 2012 har den totale produksjonen av oppdrettslaks, og ørret, ligget mellom 1,2 til 1,3 millioner tonn per år (Fiskeridirektoratet, 2018). Årsaken til dette ligger ikke i mangelen på konsesjons- og produksjonskapasitet, men er i stor grad knyttet til mangelen på biologisk kontroll i sjøfasen. Noen av problemene er parasitter og økende utbrudd av virussykdommer som for eksempel pankreassykdom som er svært utbredt på Vestlandet (Hjeltnes, B. Jensen, Bornø, Haukaas, & S. Walde, 2019).

For å møte disse utfordringene har næringen de siste ti årene fokusert på å flytte deler av produksjonen som tidligere har foregått i sjø til land. Slik har man lyktes i å korte ned på sjøvannsfasen for fisken, slik at tiden den blir eksponert for sjøvann reduseres og utfordringene

knyttet til luseproblematikk spesielt har blitt redusert. Dette har blant annet blitt gjort ved å produsere en større smolt på land, kalt postsmolt eller sågar flyttet hele produksjonen på land som selskapet Fredrikstad Seafood var det første til å gjøre.

Dette har resultert i at det i de siste årene har blitt investert i flere og flere postsmoltanlegg og det etableres stadig flere søknader knyttet til produksjon av slaktefisk i landbaserte anlegg. Ønsket om å produsere mer av biomassen på land, fører til at ferskvannstilgangen for mange oppdrettere blir knapp. Dette har mange valgt å løse ved å gjenbruke produksjonsvannet til fisken. Dette kan gjøres med et resirkulerende akvakultursystem, forkortet til RAS. RAS-anlegg benytter seg av flere vannbehandlingskomponenter, som fjerner organiske og uorganiske stoffer fra vannet, og som gjør det mulig å resirkulere opptil 98% av produksjonsvannet (Kolarevic, Baeverfjord, Takle, Ytteborg, Reiten, Nergård, & Terjesen, 2014). Vannkvalitet er et veldig viktig tema i RAS-anlegg, da feil i vannbehandlingskomponentene kan påvirke vannkvaliteten og dermed fiskehelsen. RAS-anlegg har ført med seg flere utfordringer, blant annet den giftige gassen hydrogensulfid (H₂S), noe 57,2% av oppdrettere med RAS-anlegg svarer de har erfart i fiskehelsesrapporten 2018 (Hjeltnes et al., 2019). H₂S nevnes også som en betydelig faktor i en konsekvensanalyse av landbasert oppdrett gjort av SINTEF Ocean (Hilmarsen, A. Holte, Brendeløkken, Høyli, & S. Hognes, 2018).

RAS-teknologi og bruk av sjøvann

Det er lite konkret kunnskap om dagens situasjon for H₂S i RAS-anlegg, og det er vanskelig å finne dokumenterte hendelser og informasjon. Det er imidlertid tall fra forsikringsselskaper som viser at antallet episoder knyttet til H₂S de siste årene har vært over 70. Tallet er fallende de siste to årene og noe av årsaken til dette er økt kunnskap rundt problemstillingen og tilpasninger i bruken av sjøvann i driften i flere selskap og anlegg.

Men det kan se ut til at H₂S er et problem for først og fremst RAS-anlegg, og ikke de mer tradisjonelle gjennomstrømningsanleggene (FT). Dette har sannsynligvis sammenheng med at vannet resirkuleres, og dermed har større sannsynlighet for både å oppkonsentrere H₂S i systemet og å føre H₂S til fisken. Dette kan sees på statistikken til forsikringsselskapet Gjensidige (Gjensidige Forsikring ASA, Norge) over erstatningssaker hos settefiskanlegg i Norge, der vannmiljø står for 25% hos RAS-anlegg og 2% hos FT-anlegg (Egeland, 2019). Ved erstatningssakene på vannmiljø hos RAS-anleggene, er det H₂S-hendelser som har ført til økt dødelighet på fisken. En av de største fordelene med RAS sammenlignet med et FT-anlegg er at det kan driftes uavhengig av årstid, da man holder på vanntemperaturen ved resirkulering av produksjonsvannet. RAS-anlegg for laks holder typisk temperaturen på 12- 14 grader. Det er flere hendelser med store fisketap de siste 10 årene der H₂S mistenkes (Hilmarsen et al., 2018), men det er få som er dokumenterte.

I et typisk RAS-anlegg består vannbehandlingskomponentene av et mekanisk filter, biofilter, lufter og oksygenkjegler, og enkelte systemer bruker i tillegg denitrifikasjonsfiltre og fosforfelling ved ekstra høy resirkulasjonsgrad (Lekang, 2013). Det benyttes også pH-regulering ved buffertilsetning og salt eller sjøvann for å regulere saliniteten. Ofte er systemet designet slik at alt vannet går igjennom alle komponentene i en sløyfe, mens enkelte har systemkomponenter som tar ut en delstrøm fra sløyfen for vannbehandling. Uansett design går vannet gjennom flere komponenter og steg sammenlignet med et FT-anlegg, der vannet blir brukt kun en gang før det går ut av anlegget.

Det første steget etter at vannet har vært i karet, er mekanisk filtrering som fjerner organiske stoffer, avføring og fôrrester, som utgjør partikkelmengden i vannet (Dalsgaard & Pedersen, 2011). Det er ønskelig å fjerne disse partiklene så effektivt som mulig, da de kan være substrat for uønskede bakterier (Pedersen, von Ahnen, Fernandes, Naas, Pedersen, & Dalsgaard, 2017), påvirke gjellene til fisken (Au, Pollino, Wu, Shin, Lau, & Tang, 2004), og sedimentere ukontrollert. Dette kan skape anaerobe soner, som vil produsere H₂Sgass fra de anaerobe sedimentene (Dunnette, Chynoweth, & Mancy, 1985).

Etter mekanisk filtrering går vannet gjennom et biofilter. To typer biofilter, som ofte brukes innenfor fiskeoppdrett, er neddykkede biofiltre med fiksert eller bevegelig biomedium. Biofilteret er fylt med biomedium for å øke overflaten som bakteriene kan vokse på, og er det som angir effektiviteten til biofilteret sammen med vannmiljøet (Ebeling & Timmons, 2012; Lekang, 2013). Fikserte biofilter, kalt fixed bed biofilter reaktor (FBBR), må vaskes for å unngå at partikler etter hvert tetter filteret. Bevegelige biofilter, kalt moving bed biofilter reaktor (MBBR), trenger ikke å vaskes da biomedium blir satt i bevegelse med luft, og er i konstant bevegelse som hindrer at partikler samler seg. Biofilterets oppgave er hovedsakelig å håndtere nitrogenforbindelser. Fisken skiller ut ammoniakk, som omdannes til nitritt og så til nitrat, av bakterier i biofilteret (Ebeling & Timmons, 2012; Lekang, 2013). Ammoniakk (NH₃) og nitritt (NO₂ -) er giftig for fisken i små mengder, og mattilsynet har satt veiledende grenseverdier på 2 µg/L NH₃ og 0,1 mg/L NO₂ - (Hjeltnes, Bæverfjord, Erikson, Mortensen, Rosten, & Østergård, 2012). Nitrat er kun giftig i større konsentrasjoner over 75 mg/l, som vist på regnbueørret (Davidson, Good, Welsh, & Summerfelt, 2014; Westin, 1974). Det anbefales å holde konsentrasjonen av NO₃ - -N under 100 mg/l for postsmolt laks i RAS-anlegg (Davidson, Good, Williams, & Summerfelt, 2017).

Etter biofilteret blir vannet «luftet» for blant annet å fjerne CO₂ som fisken skiller ut (Lekang, 2013). Slik unngår man for høye konsentrasjoner som kan være skadelig og veksthemmende for fisken dersom det får akkumulere i vannet (Mota, Nilsen, Gerwins, Gallo, Ytterborg, Bæverfjord, Kolarevic, Summerfelt, & Terjesen, 2019). Etter lufteren tilsettes oksygen, ofte via oksygenkjegler, for å holde ønsket nivå av oksygen for fisken. RAS-anlegg må dimensjoneres etter produksjon og fôring slik at det er mulig å holde ønsket vannkvalitet i systemet (Terjesen, Summerfelt, Nerland, Ulgenes, Fjæra, Megård Reiten, Selset, Kolarevic, Brunsvik, Bæverfjord, Takle, Kittelsen, & Åsgård, 2013). Størrelsen på komponentene dimensjoneres etter biomasse produsert, som igjen bestemmer hvor mye som må fôres. Vannskiftet beregnes ut fra fôr som blir tilsatt systemet, og nytt vann per kilo fôr kan brukes som en benevnning på dette.

Giftigheten av H₂S, symptomer hos fisk

H₂S er en giftig gass både for mennesker og dyr, og har en sterk, gjenkjennelig lukt av råtne egg (Manahan, 1994). Det har blitt rapportert at en 20 minutters akutt dose på 22-29 µM H₂S per liter, som tilsvarer 0,95 mg/l, førte til betraktelig stress og betydelig skader på gjellevev hos atlantisk laksesmolt på 150-200g (Kierner, Black, Lussot, Bullock, & Ezzi, 1995). De viktigste observasjonene var fortykning av primære lameller mens sekundære lameller klumpet seg og fusjonerte. Kierner et al. (1995) avdekket også at kronisk konsentrasjoner på 0,25 mg/L over 18 uker førte til skader på lever hos laksesmolt på 40-55g, men uten at vekten ble påvirket. Fisken viste også delvis tegn til tilpasning, og det oppstod ingen økt dødelighet. På regnbueørret- (*Oncorhynchus mykiss*) og brunørretyngel (*Salmo trutta*) er H₂S vist å være giftig i langt lavere konsentrasjoner. På brunørretyngel var akutt 96 timers LC₅₀ (dødelig dose for 50% av individene etter 96 timer) på 7

µg/liter (Reynolds & Haines, 1980), og for regnbueørret var konsentrasjonen på 12,7 µg/liter (Smith, 1976). I tillegg har det blitt vist at små kroniske konsentrasjoner av H₂S kan ha en positiv effekt på overlevelsen til fisk (Reynolds & Haines, 1980; Smith Jr, Oseid, Kimball, & El-Kandelgy, 1976). På brunørretyngel ble det vist at en kronisk konsentrasjon på 2-5 µg/liter over 8 og 22 dager, ga 100 % overlevelse, mens kontrollgruppen med 0 µg/liter hadde en dødelighet på 8-15%. Grunnen til dette er at man tror H₂S kan ha en antibiotisk effekt (Smith Jr et al., 1976), men det er også observert at fisk likevel viser ubehag ved mindre aktivitet og økt respirasjon, selv om disse observasjonene ikke kunne kvantifiseres (Reynolds & Haines, 1980). Ulike fiskearter har også ulik toleranse overfor H₂S. Smith (1976) foreslår en akutt grense på 8,7 µg/liter for regnbueørret, mens tilsvarende grense for gullfisk foreslåes til 84 µg/liter. Det har vært flere tilfeller av H₂S -forgiftning hvor man ikke har funnet store forandringer på fiskens gjeller og forskningen er noe ulik på dette området. Noen påpeker kliniske forandringer på fisken andre ikke.

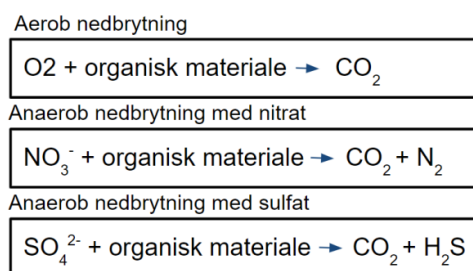
Når det gjelder andre bevis for at H₂S er blitt dannet, så vet man at H₂S er korrosivt og reagerer sterkt med metaller og da dannes det svarte flekker på overflater.

Da det per i dag ikke finnes mye forskning eller artikler på hydrogensulfid i RAS-anlegg, blir kloakksystemer og erfaringer fra oljenæringen det nærmeste relevante forskningsområdet, som til en viss grad har lignende problemstillinger med gassen (Zhang, De Schryver, De Gussemé, De Muynck, Boon, & Verstraete, 2008).

Hydrogensulfid (H₂S) er en naturlig forekommende gass, som finnes i mange biologiske systemer, og kan være veldig farlig da den hindrer ånderettsmetabolismen (Forgan & Donald, 2016). H₂S har en molekylvekt på 34,08g og er i likevekt med bisulfid (HS⁻) og sulfid (S²⁻) (Reiffenstein, Hulbert, & Roth, 1992). Alle disse svovelforbindelsene utgjør den totale sulfidkonsentrasjonen, og fordelingen er avhengig av pH (Yongsiri, Hvitved-Jacobsen, Vollertsen, Tanaka, Yongsiri, BertrandKrajewski, & Chebbo, 2003). Dette gjør at H₂S og HS hovedsakelig er de aktuelle forbindelsene i et kloakksystem, da pH ligger på rundt 7 (Yang, Vollertsen, Hvitved-Jacobsen, Yang, & Matos, 2005). Det samme prinsippet vil gjelde i et RAS-system der pH også normalt ligger mellom 7,0-7,5. Sulfid er ikke aktuell i RAS-sammenheng da andelen av denne først øker ved pH 12, som er et uaktuelt nivå i fiskeproduksjon. Dannelse av hydrogensulfid og organisk nedbrytning H₂S kan forekomme naturlig ved anaerob bakteriell nedbrytning av organisk materiale ved redusering av sulfat, og i kloakksystemer skjer dette ofte i biofilm eller sedimenter under vann (Beardsley, Krotinger, & Rigdon, 1958; Carpenter, 1932; Parande, Ramsamy, Ethirajan, Rao, & Palanisamy, 2006). Det er også observert at H₂S-produksjon skjer lettere i kloakksystemer med lav vannhastighet under 30cm pr sekund, dårlig lufting og temperaturer på 15-20 °C (Hvitved-Jacobsen, Vollertsen, Tanaka, Hvitved-Jacobsen, Stuetz, & Boon, 2000).

På 80-tallet ble H₂S-produksjon fra sedimenter under oppdrettsmerder mistenkt å forårsake sykdommer og redusert tilvekst ved anlegg som hadde vært i drift i 2 år (Braaten, Aure, Ervik, & Boge, 1983). Dette ble bekreftet ved funn av svart slam uten dyreliv som luktet av hydrogensulfid (Aure, Ervik, Johannessen, & Ordemann, 1988). Så lenge oksygen er tilstede, vil det fungere som elektronakseptor for nedbrytning av organisk materiale til karbondioksid (CO₂). Når oksygen forsvinner vil bakteriene begynne å redusere nitrat (NO₃⁻) for å kunne fortsette nedbrytningen, dette kalles denitrifikasjon. I denne prosessen er dinitrogen (N₂) og CO₂ produktene som dannes. Når nitrat forsvinner, vil sulfat (SO₄²⁻) bli den neste foretrukne elektronakseptoren for de anaerobe bakteriene. I disse tilfellene blir det produsert H₂S (Manahan, 1994). Dette kan visualiseres med

forenklede ligninger, som i Figur 3 (modifisert fra Manahan, 1994). I sjøvann finnes det naturlig større mengder sulfat, enn i ferskvann. I sjøvann finner man opptil 2700 mg/l sulfat (Morris & Riley, 1966), mens i ferskvann er konsentrasjonen betydelig lavere. Gjennomsnittlig sulfatkonsentrasjon i Glomma var 3,93 mg/L i 2018 (NRVA, 2018). FN's miljøovervåkning for vann har også anslått at vanlig sulfatkonsentrasjon i ferskvann ligger på rundt 20 mg/L på verdensbasis (UNEP Water, 1987). Derfor vil det trolig være et høyere potensiale for H₂S-produksjon i sjøvann enn ferskvann.



Figur 3: Organisk aerob og anaerob nedbrytning med oksygen, nitrat og sulfat. Modifisert fra figurer og ligninger av Manahan, (1994).

Figur hentet fra masteroppgave Simen langeteig 2019

H₂S i RAS-anlegg kan ha flere kilder. Det har vært tilfeller med store mengder tapt fisk, der H₂S mistenkes, og utbruddet har blitt opplevd som plutselig, og fra intet. Det er rapportert at partikler har sedimentert ett sted i systemet, og skapt anaerobe soner med slam som fører til produksjon av H₂S, og tap av fisk (Sørgård, 2019). I andre tilfeller kan det være at stillestående vann, i for eksempel ubrukte rør, som skaper anaerobe forhold og produserer H₂S. Små mengder av gassen kan også trolig komme fra biofilm i anlegget. RAS-anlegg har store overflater når man inkluderer hele systemet med kar, rør og vannbehandling. Det er vist at redokspotensialet synker jo dypere man går inn i biofilmen, og at reduksjon av sulfat finner sted i anaerobe soner i biofilmen (Yu & Bishop, 1998). Det har blitt rapportert at oksygen er oppbrukt 550µm ned i biofilmen fra overflaten, og at reduksjonspotensialet minker raskt i et lag på 50µm mellom den aerobe og anaerobe sonen i biofilmen (Bishop & Bishop, 1998). Ved tykk biofilm vil man derfor kunne forvente en betydelig H₂S-produksjon i RAS.

Vurdering av den aktuelle risikofaktor

Kjente risikofaktorer

a) Generell produksjon av HS₂ i små mengder i alle RAS-anlegg

Mikronivå (Biofilm)

- I de innerste lagene på ethvert biolegeme (innerste delen av biofilmen)
- Ved avskalling av disse lagene kan det sedimenteres eller frigis i «partikulær» form

b) Opphopning av sedimenter

Makronivå (Sediment)

- I stillestående vann, vann i lav bevegelse
- I kar hvor vann blir innestengt
- I rørsystemer med dødsoner,
- I alle større betongkummer hvor dødsoner uten sirkulering etableres

- I områder hvor dødfisk/organisk materiale kan hopes opp og innkapsles
- c) Bruk av sjøvann
- For at hydrogensulfid skal kunne dannes i et RAS-anlegg må sulfat være tilstede i vannet. I havet er sulfatkonsentrasjonen ca. 30 millimol per liter, noe som tilsvarer 960 g svovel per m³. Sagt på en annen måte er det rundt 2700 mg sulfat/l sjøvann. I ferskvann er det rundt 5-50 mg sulfat/l. Forekomsten av mer sulfat gjør at det skal mindre mengder med sediment for at det skal kunne føre til en forgiftning med dødelig utgang.
- d) Manglende detekteringsrutiner
- For å unngå utfordringer knyttet til H₂S, så må man etablere rutiner for å avdekke områder hvor sedimentering kan oppstå. Disse avdekkes bedre ved gode vaskerutiner etter endt produksjon i et «Alt inn Alt ut» konsept.

Risikoreduserende tiltak

Det er MarinHelse sin oppfatning at det ikke vil være fornuftig og bærekraftig på sikt å unngå bruk av sjøvann for å redusere risikoen for H₂S-forgiftninger i RAS-anlegg. Ferskvann er en knapphetsressurs, mens sjøvann representerer et utømmelig reservoar av produksjonsvann med mange svært gode og verdifulle egenskaper. Fokuset må være på å redusere risikoen for H₂S - forgiftning på tross av at man benytter sjøvann i produksjonen.

Anleggsdesign

- Stabil vannbevegelse (Kar, rørgater, Biofilter, bend, kummer)
- Ingen dødsoner, blindområder
- Skråbunn på alle kummer med mulighet for drenering
- Vanninnføringer og avløp på karnivå må være fokusert på god vannbevegelse

God partikkelfjerning

- Riktig fôr, unngå overfôring, forsiktig ved sjokktapping
- Fjern partikler tidlig i prosessen (ecotrap, Optitrap, beltefilter, trommelfilter)
- Fixed bed innebærer muligens større risiko for sedimentering enn moving bed.
- Proteinskimmer etter Moving Bed
- Membranrensing

Fornuftige produksjonsrutiner under drift

- Det skal være sirkulasjon i alle kar og rør til enhver tid, dette gjelder også transportrør som ikke brukes kontinuerlig
- Sørge for å holde oksygenivåene rundt 100 % metning
- pH bør ligge rundt 7,4 ved normal drift
- Hold nitratkonsentrasjonen over et minimum på 40-50 mg/l
 - Skaper en buffer mot H₂S hvis oksygenet skulle droppe i biofilm eller slamansamlinger
 - Så lenge nitrat er tilstede i produksjonsvannet vil nitrat reagere med sulfat og danne nitrogengass og vann istedet for redusere sulfat til sulfid, som er det som skjer når det ikke er mer oksygen igjen og det ikke er tilgjengelig nitrat.

- Bruk av Ozon i en loop for å oksidere H₂S (fører sulfid tilbake til sulfat) og samtidig få et betydelig klarere vann og visuell kontakt med fisken. Dette vil også føre til at biofiltrene holder seg renere.
- Holde alkaliteten mellom 100-200 mg/l
- Høyt redokspotensial vil hjelpe (mV høy), noen har erfart et dropp i redokspotensial like før det «smeller».
- Tilsetning av nitratforbindelser (Kalsiumnitrat) ved oppstart av produksjon og i perioder med mye spedevann (flytting, levering til sjø) eller ved sulting.

Regelmessig desinfeksjon og vask

- «Alt inn alt ut» konsept
- Kontroll av produksjonslinje etter endt produksjon med fokus på områder med sedimentering, svarte flekker
- Regelmessig nedvask av biofilterenhet med kar etter hver produksjonsperiode

Overvåkning av H₂S-situasjonen

- Det finnes automatiske målestasjoner fra produsenter som Blue Unit (Blue Unit A/S, Danmark), der målinger kan utføres flere ganger hele døgnet, for blant annet H₂S.
- En annen metode som kan benyttes, er “diffusive gradient i tynne filmer”, kalt DGT (Teasdale, Hayward, & Davison, 1999). Disse blir også kalt passive målere, da de ikke aktivt måler mengden H₂S i vannet, men reagerer med mengden i vannet over tid. Avhengig av konsentrasjonen av H₂S tilstede, vil DGT-måleren gi en gradient av gråfarge som kan analyseres og H₂S belastningen for perioden kan regnes ut. Disse målerne er sensitive overfor lys og høye temperaturer, og må derfor oppbevares mørkt og kjølig.

Behandling

Det er mulig å stanse et utbrudd under oppseiling hvis man har gode overvåkningsrutiner samt teknisk utstyr som kan bistå i å monitorere utviklingen av H₂S i produksjonen. Følgende tiltak er utprøvd i flere anlegg og har vist seg å ha god effekt.

- Stopp fôring
- Økning av pH til 7,9-8,0 (husk fare for ammoniakkforgiftning)
- Økning i oksygennivå (husk fare for totalgassproblematikk)
- Sørg for at det er nok nitrat til stede, ønsket konsentrasjon rundt 70 mg/l
- Tilsetning av Kalsiumnitrat (kalksalpeter) (5,85 kg Kalsiumnitrat/1000 m³ resirkvann øker nitratkonsentrasjonen med 1 mg/l) for å øke og holde nitrat rundt 70 mg/l
- Fjern dødfisk fortløpende

Beredskap: Ha alltid 2-5 tonn kalsiumnitrat (kalksalpeter) stående i anlegget samt litt ammoniumsalt til biofilteret ved lengre sulting

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det en risiko for forgiftning med H₂S hos Averøy Industripark AS. Akvakulturanlegget er basert på RAS-teknologi, noe som betyr at det resirkulerer mye vann og holder forholdsvis høye temperaturer gjennom hele året. Siste del av produksjonen fra 150 gram og frem til 5300 gram vil skje i full salinitet og det skal føres ut store mengder fôr i denne fasen. Dette er faktorer som øker risikoen for å oppleve episoder med H₂S-forgiftning.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til hydrogensulfidgass kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt fokus på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i denne risikovurderingen. I forbindelse med etableringen av Averøya Industripark AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både bygningsmasse, utforming av resirkuleringssystem og driftsplan i tidlig planleggingsfase. Dette er av stor fordel. Det har vært et overordnet fokus på vannbevegelse både i selve karene og i det øvrige prosesssystemet. Dette vil bidra til å forebygge risikoen for opphopning av organisk materiale. Dette tiltaket kombinert med gode rutiner for nedvask og kontroll av evt. sedimentering i etterkant av en ferdig produksjon i en biofilterenhet i sammenheng med det etablerte «All in All out» konseptet, vil hurtig avdekke om det er en økt risiko for sedimentering og hvor. Hvis så skulle være tilfelle må det legges opp til å korrigere for disse svakhetene.

Summen av de foreslåtte tiltakene i risikovurderingen burde være tilstrekkelige til å redusere risikoen for H₂S-forgiftninger til et akseptabelt nivå. I tillegg burde det være gode muligheter til å stoppe anløp av utbrudd gjennom den foreslåtte overvåkning og de tiltak som er skissert under utbrudd.

Per Anton Sæther
Veterinær
MarinHelse AS

Referanser

- Simen Langeteig (2019) MSc Ocean Resources ved Institutt for biologi ved NTNU: «Bakgrunnsnivåer av hydrogensulfid i RAS, produksjon av hydrogensulfid fra fiskeslam ved ulike saliniteter, og effekten av å tilsette nitrat».
- Allen, L. (1949). The effect of nitro-compounds and some other substances on production of hydrogen sulphide by sulphate-reducing bacteria in sewage. *Applied Microbiology*, 12(2), 26-38.
- AquaMS. (2018). Dissolved H₂S and sulphides measurements. Retrieved from <http://www.aquams.com/submersible-probes/dissolved-h2s/?lang=en>
- Aure, J., Ervik, A., Johannessen, P., & Ordemann, T. (1988). Resipientpåvirkning fra fiskeoppdrett i saltvann. *Fisken og Havet*, 53-87.
- Bentzen, G., Smit, A. T., Bennett, D., Webster, N. J., Reinholt, F., Sletholt, E., & Hobsont, J. (1995). Controlled dosing of nitrate for prevention of H₂S in a sewer network and the effects on the subsequent treatment processes. *Water Science and Technology*, 31(7), 293-302.
doi:[https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00346-O](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00346-O)

Dalsgaard, J., & Pedersen, P. B. (2011). Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 313(1), 92-99.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.01.037>

Davidson, J., Good, C., Welsh, C., & Summerfelt, S. T. (2014). Comparing the effects of high vs. Low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* within water recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 59, 30-40.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.01.003>

Davidson, J., Good, C., Williams, C., & Summerfelt, S. T. (2017). Evaluating the chronic effects of nitrate on the health and performance of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* in freshwater recirculation aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 79, 1-8.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.08.003>

Dunnette, D. A., Chynoweth, D. P., & Mancy, K. H. (1985). The source of hydrogen sulfide in anoxic sediment. *Water Research*, 19(7), 875-884. doi:10.1016/0043-1354(85)90146-0

Ebeling, J. M., & Timmons, M. B. (2012). Recirculating aquaculture systems. In Wiley-Blackwell (Ed.), *Aquaculture production systems* (pp. 246-277).

Egeland, S. (2019). Hvorfor bryr forsikringsselskapene seg om H₂S? . Paper presented at the TEKSET 2019, Trondheim. <https://tekset.no/wp-content/uploads/2019/02/PRES-2.2-TEKSET-2019-Hvorfor-bryr-forsikringsselskapene-seg-om-H2S-Stine-Egeland-Gjensidige.pdf>

Fernandes, P., Pedersen, L.-F., & Pedersen, P. B. (2015). Microscreen effects on water quality in replicated recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 65, 17-26.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.10.007>

34

Forgan, L. G., & Donald, J. A. (2016). Subchapter 103C - Hydrogen Sulfide. In Y. Takei, H. Ando, & K. Grasshoff, K., Kremling, K., & Erhardt, M. (1999). Determination of hydrogen sulphide. In *Methods of Seawater Analysis* (3 ed., pp. 91-100). Kiel: Wiley-VCH.

Hjeltne, B., B. Jensen, B., Bornø, G., Haukaas, A., & S. Walde, C. (2019). Fiskehelserapporten 2018 (6A). Retrieved from <https://www.vetinst.no/rapporter-ogpublikasjoner/rapporter/2019/fiskehelserapporten-2018>

Hjeltne, B., Bæverfjord, G., Erikson, U., Mortensen, S., Rosten, T., & Østergård, P. (2012). Water quality parameters and potential risk factors related to fish welfare. In VKM (Ed.), *Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries* (09-808-Final ed., pp. 17-25): VKM.

Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J., Tanaka, N., Hvitved-Jacobsen, T., Stuetz, R., & Boon, A. (2000). An integrated aerobic/anaerobic approach for prediction of sulfide formation in sewers. *Water Science & Technology*, 41(6), 107-115.

Højgaard, J. K. (2017). Mass mortality in RAS – Solved? Retrieved from Denmark: <http://www.aquacircle.org/images/pdfdokumenter/efterret18/Mass%20mortality%20in%20RAS%20Solved-final.pdf>

Kiemer, M. C. B., Black, K. D., Lussot, D., Bullock, A. M., & Ezzi, I. (1995). The effects of chronic and acute exposure to hydrogen sulphide on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 135(4), 311-327. doi:[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01025-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01025-4)

Kolarevic, J., Bæverfjord, G., Takle, H., Ytteborg, E., Reiten, B. K. M., Nergård, S., & Terjesen, B. F. (2014). Performance and welfare of Atlantic salmon smolt reared in recirculating or flow through aquaculture systems. *Aquaculture*, 432, 15-25.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.03.033>

Krumins, V., Ebeling, J. M., & Wheaton, F. (2001). Ozone's effects on power-law particle size distribution in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 25(1), 13-24.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(01\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(01)00064-4)

Lekang, O. I. (2013). Ammonia Removal, Traditional Recirculation and Water Re-use Systems. In Wiley (Ed.), *Aquaculture engineering*, second edition (2 ed., pp. 179-189, 190-200).

- Manahan, S. E. (1994). Aquatic microbial biochemistry. In *Environmental Chemistry* (pp. 139-178, 681- 682): Lewis publishers.
- Morris, A. W., & Riley, J. P. (1966). The bromide/chlorinity and sulphate/chlorinity ratio in sea water. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 13(4), 699-705.
doi:[https://doi.org/10.1016/0011-7471\(66\)90601-2](https://doi.org/10.1016/0011-7471(66)90601-2)
- Mota, V. C., Nilsen, O. N., Gerwins, J., Gallo, M., Ytteborg, E., Baeverfjord, G., Kolarevic, J., Summerfelt, S. T., & Terjesen, B. F. (2019). The effects of carbon dioxide on growth performance, welfare, and health of Atlantic salmon post-smolt (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 498, 578-586.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.075>
- Reiffenstein, R., Hulbert, W. C., & Roth, S. H. (1992). Toxicology of hydrogen sulfide. *Annual review of pharmacology and toxicology*, 32(1), 109-134.
- Reynolds, F. A., & Haines, T. A. (1980). Effects of chronic exposure to hydrogen sulphide on newly hatched brown trout *Salmo trutta* L. *Environmental Pollution*, 22(1), 11-17.
doi:[https://doi.org/10.1016/0143-1471\(80\)90077-X](https://doi.org/10.1016/0143-1471(80)90077-X)
- Smith, L. L. (1976). Goldfish, Rainbow trout. In *Effect of hydrogen sulfide on fish and invertebrates* (pp. 72-101, 176-197): US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development.
- Summerfelt, S. T., Hankins, J. A., Weber, A. L., & Durant, M. D. (1997). Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system II. Effects on microscreen filtration and water quality. *Aquaculture*, 158(1), 57-67. doi:[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00064-1)
- Sørgård, E. (2019). Konstruksjonsmessige utfordringer kan få store konsener styreleder Erik Søgård Nordnorsk smolt. Paper presented at the TEKSET 2019, Trondheim.
<https://tekset.no/wpcontent/uploads/2019/02/PRES-2.1-TEKSET-2019-Konstruksjonsmessige-utfordringer-kanf%C3%A5-store-konsener-styreleder-Erik-S%C3%B8g%C3%A5rd-Nordnorsk-smolt.pdf> 36
- Terjesen, B. F., Summerfelt, S. T., Nerland, S., Ulgenes, Y., Fjæra, S. O., Megård Reiten, B. K., Selset, R., Kolarevic, J., Brunsvik, P., Bæverfjord, G., Takle, H., Kittelsen, A. H., & Åsgård, T. (2013). Design, dimensioning, and performance of a research facility for studies on the requirements of fish in RAS environments. *Aquacultural Engineering*, 54, 49-63.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.002>
- Åtland, Å., & K. Stenberg, S. (2019). Vannkvalitet. In *Veterinærinstituttet* (Ed.), *Fiskehelserapporten 2018* (pp. 96-99): Veterinærinstituttet.

Risikoanalyse- Utfordringer knyttet til hemoragisk smolttsyndrom (HSS)

Oppdrag

I forbindelse med etableringen av et nytt akvakulturanlegg i Smedvågen er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til lidelsen hemoragisk smolttsyndrom (HSS). Anlegget skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Det skal benyttes både ferskvann og sjøvann i produksjonen og brakkvann i store deler av tidlig produksjonsfase. Dette stiller større krav til at det ikke oppstår vannkvaliteter og etableres smoltifiseringssignaler som gjør at fisken utvikler HSS.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25	>12	Kritisk
4	8	12	16	20	6-12	Betydelig
3	6	9	12	15	<6	Ubetydelig
2	4	6	8	10		
1	2	3	4	5		

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Det er forutsatt at hovedårsaken til at fisk utvikler HSS er knyttet til et misforhold mellom fiskens smoltifiseringsstatus og det vann- og omgivelsesmiljøet den blir tilbudt. Vi snakker altså om risiko for å tilby fisken et mikromiljø som ikke er forenelig med fiskens egen oppfatning av hvor i sin livssyklus den befinner seg. Risikovurderingen er i stor grad basert på bruken av såkalte positive og negative smoltifiseringssignaler i laksens livssyklus knyttet til hvert enkelt produksjonstrinn i anleggets driftsplan.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Utvikling av HSS		0,5-2,0 år (4)	Kritisk (3)	12	Etablering av en driftsplan som sikrer at fisken til enhver tid vet hvor i sin livssyklus den befinner seg og understøtter dette ved hjelp av justeringer/endringer i fiskens mikromiljø

Vurderinger under produksjon Averøy Industripark knyttet til HSS

Averøy Industripark er et resirkuleringsanlegg (RAS-anlegg) som tar inn både ferskvann og sjøvann til sin produksjon og hvor man skal produsere fisken frem i lukkede resirkuleringsystemer frem til fisken når slaktevekt. Under slike driftsforutsetninger er det viktig å planlegge hver enkelt driftsperiode fra innlegg av rogn og frem til oppnådd slaktevekt med tanke på negative og positive smoltifiseringssignaler. Grunnlaget for risikovurderingen baserer seg i stor grad på erfaringer fra en rekke andre RAS-anlegg. Det forefinnes per i dag svært lite forskning knyttet til HSS. Det er imidlertid to større FHF-prosjekt, Nefrosmolt og Stonehunt som behandler dette temaet. Disse prosjektene er ennå ikke avsluttet og få resultater er fremlagt. Vi vil se på bakgrunnsstoff og sykdomstegn, samt risikofaktorer og håndtering av lidelsen.

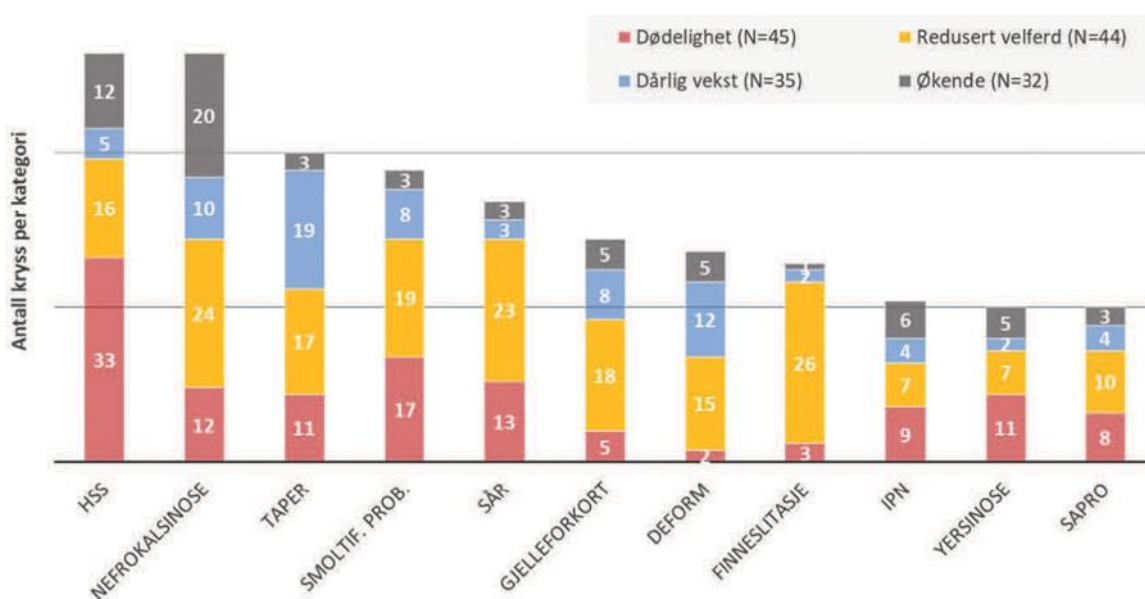
Bakgrunnsdata HSS

HSS er en forkortelse for Hemorragisk Smolt Syndrom. Hemoragisk smoltsyndrom (HSS) (blødersyndrom) ble første gang beskrevet i Skottland (Rodgers et al. 1998). HSS forekommer hos laks i ferskvann men også i ferskvannskar tilblandet sjøvann. Det rapporteres om sporadiske tilfeller av sykdommen og da ofte i og rundt smoltifiseringsprosessen. Årsaken til denne lidelsen er ikke kjent, men man har lenge antatt at et virus var sentralt. Denne teorien er derimot ikke styrket av forskning de siste årene og nyere undersøkelser med bedre metoder har ikke kunnet bekrefte at denne lidelsen er av en infeksjøs type. Det mest trolige er at lidelsen bunner

i en fysiologisk dysfunksjon hvor fiskens evne til å osmoregulere står sentralt. For å si det enklere kan det være slik at fisken ikke klarer å pumpe salter på riktig måte i forhold til hvilken type vann den står i. Andre hittil ukjente faktorer, kan også spille en rolle. Osmoregulatoriske utfordringer knyttet til prosessen rundt smoltifisering og graden av tydelighet rundt denne forvandlingen, ser imidlertid ut til å være sentrale under utbrudd av lidelsen. HSS har historisk som regel ikke ført til særlig høy dødelighet og forsvinner helt noen få uker etter overføring til sjøvann. Overføring til fullt sjøvann ser altså ut til å være eneste behandling for svekkede individer.

I forbindelse med omleggingen av mye av smoltproduksjonen i Norge fra gjennomstrømningsanlegg til resirkuleringsanlegg har HSS fått et betydelig oppsving. I tillegg ser vi andre kliniske manifestasjoner knyttet til HSS i et mye større omfang enn det som er observert tidligere. I spørreundersøkelsen som gikk til fiskehelsepersonell og inspektører i Mattilsynet i forbindelse med Veterinærinstituttet sin Fiskehelse rapport i 2019, ble nyreforkalkninger rangert som det viktigste helseproblemet som var årsak til nedsatt velferd både hos laks i settefiskfasen. Nyreforkalkninger ble også vurdert som det helseproblemet som økte mest hos settefisk. HSS ble rangert som den viktigste sykdommen som ga dødelighet hos settefisk laks og kom på andreplass etter nyreforandringer som økende problem hos settefisk laks (Figur 1).

Årsaken til detteFigur 1:



Figur 1

Årsaken til dette oppsvinget i både nyreforkalkninger og HSS er ikke fullstendig klarlagt, men man antar at det henger sammen med inntoget av RAS-teknologi i norsk lakseoppdrett. RAS-teknologi gir en mer kompakt produksjon hvor fisken kjøres frem i resirkulert vann på høye temperaturer med et mest mulig stabilt miljø. Vannkvaliteten har vært i fokus og man opplever at mange RAS-anlegg har et svært hardt vann med egenskaper som stimulerer til sjøvannstilpasning allerede fra startfôringsstadiet. Fokuset på hurtig tilvekst i denne fasen av laksens livssyklus og overgangen til resirkuleringsteknologi har ført med seg mange endringer i måten man produserer fisken frem på. Vi kan si at man i RAS-sammenheng av effektivitetshensyn har gått fra tradisjonell smoltifisering,

som er en preadapsjon til et liv i sjøvann, til en adopsjon, som er en gradvis tilpasning til et liv i sjøvann uten bruk av lys. Denne sjøvannstilpasningen er drevet av stabilt høye temperaturer som gir hurtig vekst i store deler av produksjonen og en gradvis økende innblanding av sjøvann. Svært mange selskaper kjører altså svært høye driftstemperaturer i sine RAS-anlegg over svært lange perioder og har gått fra tradisjonelle måter å smoltifisere fisken på til et fullstendig bortfall av enhver form for tradisjonell smoltifisering eller tar i bruk andre metoder for sjøvannstilpasning av fisken. Bruken av sjøvann er til dels ukritisk og tar ikke hensyn til fiskens livssyklus og de medfølgende behovene for vannkvaliteten knyttet til dette. Tilsetning av bufferstoffer og endring av driftsvannets hardhet og alkalitet har sammen med høye driftstemperaturer ført til at enkelte fiskegrupper utvikler sjøvannstoleranse helt ned i 10 grams størrelse. Dette har ført til store utfordringer knyttet til HSS i store deler av produksjonen, men mest i fasen fra fisken er ferdig vaksinert rundt 40 grams størrelse og frem til fisken sjøsettes.

Dødeligheten varierer, men den kan være opp mot 10 % i sluttfasen av produksjonen hvis fiskegruppen som er rammet ikke kommer på høysalinitetsvann eller blir sjøsatt. Det har ofte vært høyere avgang knyttet til utbrudd av den atypiske formen enn den klassiske. Det uheldige med denne lidelsen er at det rammer fisk mot slutten av «ferskvannsfasen» i anleggene og det gir en svært dårlig start på livet i sjøvann. Høysalinitetssjøvann ser ut til å være den eneste behandlingen som fører til at lidelsen forsvinner og dødeligheten normaliseres. Dette i seg selv kan si oss noe om årsakssammenhengene bak denne lidelsen.

Symptomer på sykdommen

Klassisk HSS

HSS er en tilstand kjennetegnet ved opphopning av væske i kroppen mest synlig i bukhulen og i skjellommer, og omfattende blødninger i de fleste organer. Disse omfattende blødningene fører til betydelig blodmangel og død. Rammet fisk skiller seg ofte ut fra de øvrige gjennom at de svimer i karoverflaten og har utstående øyne og oppblåst buk. Utvendig finner man også ofte blødninger i huden og rundt finnebasis samt skjellommeødem. Innvendig er det som nevnt blødninger i de aller fleste organer. Fisk som er rammet har ofte mangel på røde blodlegemer og dør av sirkulasjonssvikt hvis de ikke blir plukket ut av produksjonen på et tidligere stadium. Slik fisk har blitt karakterisert som rammet av klassisk HSS.



Skjellommeødem til venstre og betydelig blødninger i en rekke organer på bildet til høyre.

Atypisk HSS

Atypisk HSS har blitt observert i norsk oppdrettsnæring siden oppstart av næringen og har historisk rammet fisk i gjennomstrømningsanlegg i sluttfasen av produksjonen på fisk som er under sluttfasen av smoltifiseringen. Lidelsen er ikke beskrevet i forskningslitteratur, men har blitt benyttet som begrep av aktører i næringen i lengre tid. Årsaken til at fisk med denne lidelsen har fått navnet atypisk HSS er knyttet til at fisk med disse karakteristiske symptomene opptrer sammen med klassisk HSS og har sitt utgangspunkt i de samme forstyrrelsene i væskebalansen med skjellommeødem og problemer med væskebalansen. De typiske indre blødningene som man ser ved klassisk HSS ser man ikke, men vevsanalyser viser histopatologiske funn som blødninger i nyretubuli og betydelig skjellommeødem som man også finner ved klassisk HSS. Vevsprøver fra fisk med atypisk HSS som blir analysert får ofte kommentaren «forandringer forenelige med HSS» som analysesvar. Det erketypiske med denne formen for HSS er imidlertid at skjellommeødemet utvikler seg videre til større områder med skjelltap som igjen utvikler seg til sår. Disse forandringene er alltid lokalisert rett bak ryggfinnen og bakover på kroppen. Fisk som utvikler sår dør som følge av dette etter en lengre prosess.



Den atypiske formen starter også med skjellommeødem og påfølgende skjelltap som over tid utvikler seg til sår.



Disse sårene er svært karakteristiske og er plassert rett bak ryggfinnen og brer seg deretter bakover på kroppen til fisken.

Vurdering av den aktuelle risikofaktor

Kjente risikofaktorer

Det er antatt at årsaken til lidelsen er knyttet til fiskens osmoregulering. Et misforhold mellom hvor fisken, på bakgrunn av de signalene den er gitt av sine omgivelser, tror den befinner seg, og det livsstadium den er på i forhold til fiskens nedarvede livssyklus. Manglende og feil signaler i forhold til sjøvannstilpasning gjør at fisken ikke lengre vet om den er i ferskvann/sjøvann eller skal til ferskvann/sjøvann. Denne frustrasjonen munner ut i utfordringer knyttet til væskebalansen til fisken, da væskebalansen styres på helt ulike måter avhengig av om fisken er tilpasset et liv i sjøvann (smoltifisert) eller ikke.

Den viktigste faktoren som kan påvirke utbredelsen av denne lidelsen er tydeligheten av de signaler man gir fisken i forhold til dens smoltifisering. Man kan dele de miljøsignalene som er kjent for å styre fiskens smoltifisering i positive og negative smoltifiseringssignaler.

Positive smoltifiseringssignaler	Negative smoltifiseringssignaler
Økt temperatur	Fallende temperatur
Økt vekst	Redusert vekst
Økt salinitet	Redusert salinitet
Økt hardhet på vannet	Redusert hardhet
Økt lysmengde	Fallende lysmengde
Økt lysstyrke	Liten størrelse
Stor størrelse	Vaksinering



Det viktige er å unngå å gi fisken positive smoltifiseringssignaler når den skal være i parrfasen og negative smoltifiseringssignaler når den er i overgangsfasen og på vei inn i smoltfasen.

Derfor er det svært viktig i et RAS-anlegg å ha en god driftsplan som er bygget opp rundt livssyklusen til laksen og understøtter dens utvikling mot sjøvannsdyktighet i alle faser. Det er alle muligheter til

å tilpasse fiskens miljø til dens livssyklus når man tar utgangspunkt i et RAS-anlegg hvor man bestemmer både vanntemperatur, lysforhold og salinitet. Under ser vi et forslag til

Risikoreduserende tiltak

Det er MarinHelse sin oppfatning at denne utfordringen løses best gjennom en god og kvalitetssikret driftsplan som hensyntar fiskens behov for signaler i forbindelse med framdriften i dens egen livssyklus. Det er lagt til grunn en ny produksjonsplan for Averøy Industripark som baserer seg på erfaringer fra en rekke RAS-anlegg i Norge. Her blir fisken styrt gjennom produksjonen på en forutsigbar og trygg måte. En måte som hele tiden gir fisken understøttende miljøsignaler i forhold til fiskens utvikling av sjøvannsdyktighet. Det er samspillet mellom vannkvalitet, lys, temperatur og salinitet som er vektlagt i dette arbeidet. Hoveddrammene for driftsplanen er skissert i figuren under.

Avdeling	Størrelsesintervall	Temperatur	Lys	Salinitet
Startföring	0-10 gram	12 grader	Fullt lys	0,2-0,5
Yngel	10-50	12 grader 10 grader ved vinterkjöring	0-20 gram fullt lys 20-50 gram vinterkjöring	0,5 0,5
Vaksinering	50 gram	10 grader	Vinterkjöring en uke etter vaksinering	0,5
Påvekst	50-90 gram	12 grader	Fullt lys 400 Døgngrader	0,5-5 ökende inntil smoltifisert
Postsmoltfase	90-5300 gram (smoltifisert)	12 grader	Fullt lys	>15

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene og den planlagte driftsplan hos Averøy Industripark AS er erfaringen fra sammenlignbare RAS-anlegg i Norge at utfordringene knyttet til HSS blir marginale og til dels fraværende.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til HSS kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt fokus på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i denne risikovurderingen.

Per Anton Sæther
Veterinær
MarinHelse AS

Referanser

1. [Consequences of Haemorrhagic Smolt Syndrome \(HSS\) for the Immune Status of Atlantic salmon \(*Salmo salar* L.\) \(Case Study\).](#)
Krasnov A, Sommerset I, Søfteland T, Afanasyev S, Boysen P, Lund H. *Biology* (Basel). 2019 Dec 19;9(1):1. doi: 10.3390/biology9010001.PMID: 31861586
2. [Haemorrhagic smolt syndrome \(HSS\) in Norway: pathology and associated virus-like particles.](#)
Nylund A, Plarre H, Hodneland K, Devold M, Aspehaug V, Aarseth M, Koren C, Watanabe K. *Dis Aquat Organ*. 2003 Mar 17;54(1):15-27. doi: 10.3354/dao054015.PMID: 12718466
3. Sommerset I, Walde CS, Bang Jensen B, Bornø G, Haukaas A, Brun E, red. Fiskehelserapporten 2019. Oslo: Veterinærinstituttet, 2020. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2020/fiskehelserapporten-2019>
4. Eddy FB, Smart GR, Bath RN. Ionic content of muscle and urine in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson kept in water of high CO₂ content. *J Fish Dis* 1979; 2: 105–10.
5. Fivelstad S, Olsen AB, Kløften H, Ski H, Stefansson S. Effects of carbon dioxide on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at constant pH in bicarbonate rich freshwater. *Aquaculture* 1999; 178: 171-87.
6. Fivelstad S, Waagbø R, Zeitz SF, Hosfeld ACD, Olsen AB, Stefansson S. A major water quality problem in smolt farms: combined effects of carbon dioxide and reduced pH and aluminium on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts: physiology and growth. *Aquaculture* 2003; 215: 339-57.
7. Fivelstad S, Olsen AB, Åsgård T, Bæverfjord G, Rasmussen T, Vindheim T et al. Long-term sublethal effects of carbon dioxide on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.): ion regulation, haematology, element composition, nephrocalcinosis and growth parameters. *Aquaculture* 2003; 215, 301-19.
8. Rodger HD, Richards RH. Haemorrhagic smolt syndrome: a severe anaemic condition in farmed salmon in Scotland. *Vet Rec* 1998; 142: 538-41.

Risikoanalyse- Nitrogenovermetning-Gassblæresyke

Oppdrag

I forbindelse med etableringen av et nytt akvakulturanlegg i Smedvågen er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til nitrogenovermetning. Nitrogenovermetning kan utløse tilstanden gassblæresyke hos oppdrettslaks.

Anlegget skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Et resirkuleringsanlegg resirkulerer vann ved hjelp av å flytte vannet med et stort antall pumper. Vannet kjøres gjennom en rekke ulike sumper og kummer før og etter at vannet har gått gjennom fiskekarene. Dette sammen med bruken av oppvarmet vann og innløsning av store mengder oksygen øker risikoen for innsuging av luft og en forstyrrelse i gasslikevekten mellom vann og atmosfære inne i RAS-anlegg.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Etablering av en gassovermetning i kar i avdelinger hos Averøy Industripark i form av nitrogen.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Se under eget punkt «Vurdering av risikofaktorer» For omfattende til å plassere i en tabell		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	

Tabell 1 og 2 for beskrivelse av risiko er hentet fra «Gassovermetning i vassdrag – en kunnskapsoppsummering» 2018 Ulrich Pulg, Trond Einar Isaksen, Gaute Velle, Sebastian Stranzl, Espen O. Espedal, Knut W. Vollset, Einar Bye-Ingebrigtsen, Bjørn T. Barlaup. Disse tabellene beskriver risikobildet på en mer konkret måte enn hva som vil være tilfelle med den standardiserte risikomatrisen som vanligvis benyttes og er derfor tatt med i denne vurderingen.

Risiko	Betydning	Forventet effekt
Lav	Effekter relatert til gassblæresyke ikke sannsynlig	Ingen dødelighet eller kroniske effekter sannsynlig
Middels	Målbare effekter i dyr sannsynlig, hovedsakelig subletal	Subletale effekter sannsynlig, for eksempel, gassbobler, blødninger, sekundærinfeksjoner, på lang sikt også dødelighet
Høy	Første tilfeller av akutt gassblæresyke sannsynlig	Sannsynlig at dyr begynner å dø
Svært høy	Akutt gassblæresyke i de fleste fisk sannsynlig	Sannsynlig med høy dødelighet (> 50 %)

Tabell 1: Risikovurdering for gassblæresyke som følge av eksponering for gassovermetning

Gassmetning [% TDG]	<1 time	<10 timer	<100 timer	<1000 timer
<105 %	Lav*	Lav*	Lav*	Lav ^[?]
105-109 %	Lav*	Lav*	Moderat ^[?]	Moderat ^[?]
109-114 %	Lav*	Lav*	Høy ^[?]	Høy*
114-116 %	Lav*	Høy*	Svært høy*	Svært høy ^[?]
116-122 %	Høy ^[?]	Svært høy*	Svært høy*	Svært høy ^[?]
122-132 %	Høy ^[?]	Svært høy*	Svært høy ^[?]	Svært høy ^[?]
> 132 %	Svært høy*	Svært høy ^[?]	Svært høy ^[?]	Svært høy ^[?]

Tabell 2: Risiko for effekter på Atlantisk lakseparr ved gassovermetning

Vurderinger knyttet til nitrogenovermetning hos Averøy Industripark

Averøy Industripark er et resirkuleringsanlegg (RAS-anlegg) som flytter på store mengder oppvarmet vann ved hjelp av pumper og har utforminger av prosess-systemet som kan invitere til innsug av luft. Grunnlaget for risikovurderingen baserer seg på oppdatert forskning på nitrogenovermetning i akvakulturanlegg samt erfaringer fra felt. Vi vil se på bakgrunnsstoff og sykdomstegn, samt risikofaktorer og håndtering av en slik overmetningssituasjon.

Bakgrunnsdata nitrogenovermetning

Gassblæresyke hos fisk er en ikke-infeksiøs sykdom som kan forekomme i tilfeller når vannet fisken oppholder seg i, er overmettet med gass (totalgassmetning). Høye gassovermetningsnivåer kan medføre en ikke-reversibel tilstand og dødelighet hos fisk i løpet av kort tid. Tilstanden beskrives gjennom funn av gassbobler i blodbaner og vev. Disse emboliene er svært smertefulle for fisken og utløser store mengder stress som varer i svært lang tid såfremt fisken ikke dør hurtig av skadene.

Gassovermetning er et fenomen der mer gass enn det vannets løseevne tilsier er tilstede. Dette kan altså føre til dannelse av små gassbobler både inni og utenpå fisken. I human dykkermedisin er dette fenomenet beskrevet som "dykkersyke" eller "bends". Siden det alltid er nitrogengass som skaper problemer for dykkere, har begrepet "nitrogenovermetning" også festet seg i akvakultursammenheng. Dette har det vist seg ikke nødvendigvis er tilfellet for fisk. Det er totalgassmetningen heller enn nitrogenmetningen som er avgjørende for om det skal kunne dannes bobler eller ikke. Selv om det finnes begrenset litteratur om grense- eller toleranseverdier for gassovermetning, er indikasjonene at en totalmetning på mer enn 102 % påvirkes fiskens velferd og prestasjoner negativt. Passerer man 110 % overmetning vil man kunne se tydelig blæredannelse i blodbaner, hud og finner samt økende dødelighet. Disse grensene vil sannsynligvis være forskjellige fra art til art, men før sikker kunnskap er etablert bør man sørge for at vannet aldri har mer enn 100% totalgassmetning.

Dannelse av gassbobler i nervevev og tynne blodkapillærer vil kunne forårsake blokkering av nerveimpulser og blodpropper, med påfølgende alvorlige konsekvenser.

Gassovermetning er en tilstand der vannet inneholder mer løst gass pr. volum enn løseligheten tilsier. Metningsgraden av de ulike gassene er uavhengig av hverandre slik at Nitrogen kan være overmettet mens oksygen er undermettet, men det er totalgasstrykket som bestemmer om det kan oppstå gassbobler. Totalgasstrykket er summen av alle deltrykkene.

Mengden av noen gasser kan måles direkte i vann v.h.a. elektroder, så som Oksygen og ammoniakk. Nitrogen derimot kan ikke måles direkte, men bestemmes indirekte utfra målinger av totalgass (TGP) og oksygen, samt temperatur og barometertrykk. Gasser kan løse seg i vann, og vil da fortsatt ha formen som et gassmolekyl. Vannlevende dyr er avhengige av løst oksyngengass, på samme måte som luftåndere trekker oksygen ut fra lufta. Alle aktuelle gasser har en viss løselighet i vann, som man kan finne empirisk og oversette i en tabell. Løseligheten til en gass i vann er også avhengig av temperatur og salinitet. De gassene man finner i vann kan stamme fra innløsning fra

overflaten, eller fra gassproduksjon i vannet, for eksempel av alger.

Når man kjenner løsligheten kan man finne volumet av løst gass v.h.a. Henry's lov:

HENRY'S LOV:

➤ Beregner hvor mye gass som løser seg i et gitt vannvolum

$$V_g = \alpha * \frac{P_g}{760} * V_{H_2O}$$

I Henry's lov er V_g volumet av innløst gass, α er løselighetskoeffisienten, P_g er deltrykket til gassen i luften over væsken og V_{H_2O} er volumet av vann som gassen skal løses i.

Dersom vannet inneholder MER av en gass enn det Henry's lov tilsier, er vannet overmettet med denne gassen.

Det man imidlertid skal være klar over er at det er den totale gassmengden (TGP - Total gas pressure, eller P_{tot}) i vannet som bestemmer om vannet skal være "overmettet". TPG er summen av alle deltrykkene. Dersom denne summen blir høyere enn barometertrykket, vil bobler kunne oppstå. TPG uttrykkes vanligvis som % av fullmetning. Dette er en forståelig og grei måte å uttrykke relativ gassmetning på, sammenlignet med å uttrykke gassmetning som $P_{tot} - P_{bar}$ (Totalgasstrykk i vannet minus barometertrykk)

$$P_{tot} = P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{N_2} + P_{Ar}$$

Dersom:

$$P_{tot} > P_{Bar} \implies \text{Gassovermetning}$$

Mengden gass som er løst pr. volum er vanligvis jevnt fordelt i hele vannvolumet fra topp til bunn. Det er imidlertid bare i den helt øverste delen av vannsøylen man normalt opplever en overmetningssituasjon. Dette forklares med det økende hydrostatiske trykket som motvirker tendensen til bobledannelse øker etter hvert som dybden øker. Dette kalles kompensasjonsdyp:

Kompensasjonsdyp

Avstand fra overflate hvor det hydrostatiske trykket av vannsøylen balanserer en gassovermetning:



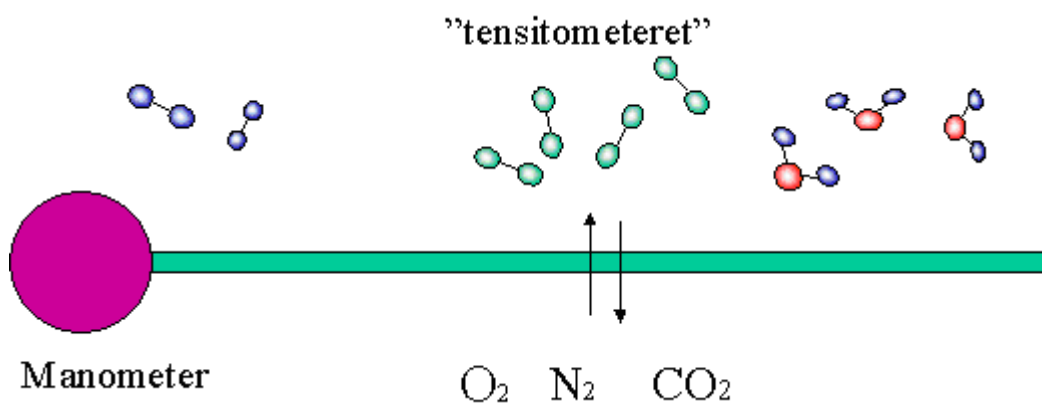
Ingen bobledannelse

I akvakultursammenheng er det TPG man derfor skal være oppmerksom på. Er TPG høyere enn 100% er det svært viktig å vite hvilke gasser som bidrar i overmetningen.

Ifølge Henry's lov vil V_g (mengden gass som KAN løses i et vannvolum øke med økende trykk. På 1 meters dyp vil man derfor kunne tolerere en overmetning på 10% uten fare for bobledannelse. (Siden %TPG refereres til barometertrykk vil metningsgrad alltid oppgis "som ved overflaten").

Måling av TPG

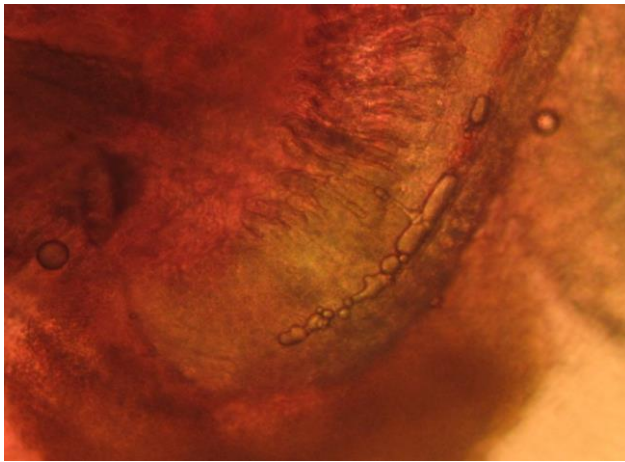
Som nevnt er det flere av de "vanlige" gassene som er vanskelige å måle direkte i sjøvann. Den totale metningen (TPG) er imidlertid enkel å måle med det riktige verktøyet. Tensitometeret eller Saturometeret slik vi kjenner det i dag ble først konstruert av Weiss, en Amerikansk biolog for nærmere 50 år siden. Prinsippet er å måle trykket i et nedsenket gassvolum omsluttet av rigide men gasspermeable (slipper gass gjennom) vegger. På denne måten vil gassen i vannet etter en stund komme i likevekt med gassen inne i tensitometeret, og man kan måle P_{tot} med en vanlig trykkmåler (manometer).



Alle TPG målere arbeider utfra det samme prinsippet. I den senere tid har det imidlertid kommet flere mikroprosessorstyrte modeller på markedet som har innebygde sensorer for oksygen og temperatur, og lufttrykk. Med disse er det mulig å gjøre direkteavlesninger av % metning av både TPG, Nitrogen og oksygen. Skissen viser en gass-del (grønn) som består av en stiv-vegget silikonslange i en lang kveil. I denne slangen foregår utveksling av gass med vann-omgivelsene. Trykket ikke i slangen måles i manometeret (fiolett).

Kliniske funn ved nitrogenovermetningsproblematikk

De skadene som vi finner på fisk som er rammet av nitrogenovermetning varierer avhengig av fiskens utviklingsstadium og nivået av overmetning. De yngste stadiene av laksefisken er de mest sårbare, da ser vi bort fra rognstadiet, hvor det ikke sees problematikk knyttet til dette. Plommeseekkyngel er imidlertid mer sårbar og utsatt for gassovermetning enn større fisk. Det er ikke bare de synlige blærene som skaper utfordringer for fisken. Det faktum at flere vevstyper blir skadet påvirker fiskens fysiologi på mange måter. Epitelcellene i gjellene til fisken blir ofte oppsvulmet som et resultat av gassproblematikken og dette gjør utveksling av ioner og molekyler vanskeligere. Dette kan blant annet påvirke osmoreguleringen til fisken i sjøvann betydelig.



Ved lavgradig overmetningsnivåer fra 102 % og opp mot 106 % kan vi se gassbobler i kapillærene i gjellene til fisken. Dette funnet blir ofte sett på som et forvarsel om at gass-situasjonen i anlegget ikke er under kontroll.

Har man gassmetningsnivåer over 106 % begynner det å dukke opp gassblærer i en rekke organer som ofte sees lett fra karkanten og når man tar opp fisken til undersøkelse og den generelle bakgrunnsdødeligheten øker. Når man nivåer over 110 % så ser man ofte at fisk begynner å dø i større antall og blærene blir synlige i flere organer.



Embolier i blodbanene fører ofte til vevsdød og svært smertefulle tilstander hos fisken. Ved større overmetninger ser man større og tydelige gassblærer både i gjeller, hud og andre vev.



Gassblærer i finner er relativt typisk og det samme er tosidig utstående øyne.

De tre påfølgende figurene er hentet fra arbeidet «Gassovermetning i vassdrag – en kunnskapsoppsummering» 2018 Ulrich Pulg, Trond Einar Isaksen, Gaute Velle, Sebastian Stranzl, Espen O. Espedal, Knut W. Vollset, Einar Bye-Ingebrigtsen, Bjørn T. Barlaup.

Her ble det gjennomført kontrollerte forsøk med ulike gassovermetninger hvorpå fisken ble undersøkt for skader. Disse viser metningsintervallene og det skadeomfang som ble funnet ved de ulike overmetningsprosentene på laksefisk. Resultatene viste akutt gassblæresyke og dødelighet i karene med TDG- konsentrasjoner over 110 %. Typiske kliniske tegn på gassblæresyke i disse gruppene var gassemboli (gassbobler) i gjellekapillærer og indre blødninger som skyldes sprenge blodkar og kapillærer. I tillegg ble det observert gassbobler i finner hos nesten alle fiskene.

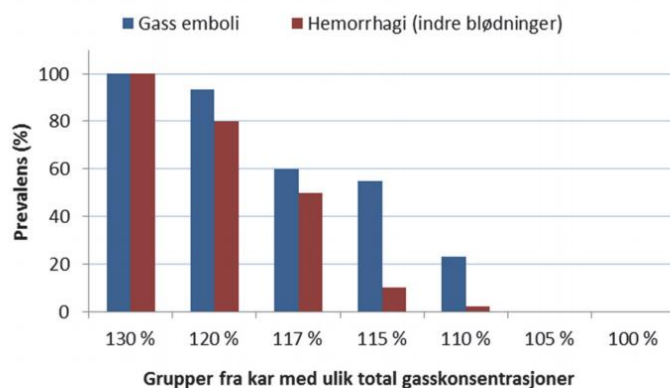


Fig. 17 Andel observerte kliniske tegn på gassblæresyke hos laksepar: Gassemboli (blodpropp i gjellene) og hemorragi (indre blødninger).

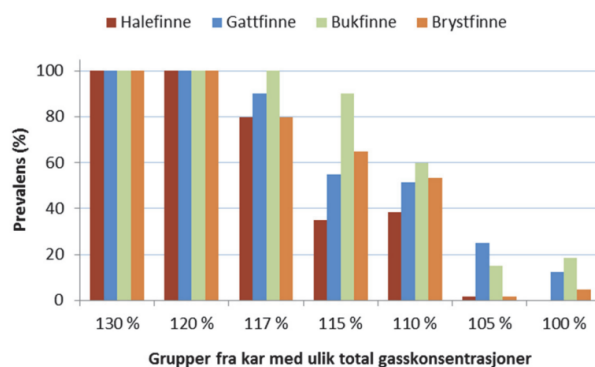


Fig. 20 Andel observerte kliniske tegn på gassblæresyke hos laksepar: Gassbobler i finner.

Tabell 10. Kliniske tegn på gassblæresyke observert hos fisk i kar med ulike nivåer av TDG.

Prevalens (%) av observerte gass embolier (gassbobler) i gjellekapillærer, bobler i finner, gjellelokk (operculum), munnhulen og sidelinjen (laterallinjen). Observasjoner av andre vanlige tegn på gassblæresyke inkluderer hemorragi (blødninger) og eksoftalmus (utstående øyner). Antall fisk undersøkt i hver gruppe er gitt (total n).

Gruppe	T100	T105	T110	T115	T115*	T120	T130
Total N	60	60	60	40	20	60	5
Antall undersøkt N	60	60	59	20	10	15	5
TDG %	99.9±0.8	103.5±0.9	109.7±1.3	115.4±0.9	117-118 ^c	118.8±0.2 ^a	130-135 ^c
Eksponeringsstid	12 dager	12 dager	9 dager	24 timer	8 timer	3 timer	< 1 time
Dødelighet	0	0	< 2 %	50 %	>50 %	>50 %	>50 %
Gass emboli gjeller	0	0	23 %	55 %	60 %	93 %	100 %
Hemorragi	0	0	2 %	10 %	50 %	80 %	100 %
Caudal finne	0	2 %	38 %	35 %	80 %	100 %	100 %
Rygg finne	2 %	5 %	23 %	20 %	90 %	80 %	60 %
Gatt finne	12 %	25 %	52 %	55 %	90 %	100 %	100 %
Buk finne	18 %	15 %	60 %	90 %	100 %	100 %	100 %
Bryst finne	5 %	2 %	53 %	65 %	80 %	100 %	100 %
Gjellelokk	0	0	7 %	0	0	0	0
Munnregionen	0	0	5 %	0	0	0	0
Eksoftalmus	0	0	2 %	0	0	0	0
Sidelinjeorganet	0	0	0	0	0	0	0

Vurdering av den aktuelle risikofaktor

Det er i hovedsak to hovedårsaker til at gassovermetning oppstår

1) Innblanding av luft under trykk, f.eks med tørrstilte pumper, eller ved luftbobling i dype kar. Bobling på 1 m dyp vil i teorien kunne gi 10 % overmetning (110 % TPG). I praksis vil imidlertid dette ikke være tilfelle fordi bobling samtidig lufter av overmetning i de høyere vannlagene.

2) Endring av vannets løselighet. For eksempel ved å øke temperaturen, eller øke saltholdigheten. Et typisk eksempel er at vannet varmes opp etter at det har vært gjennom en tradisjonell kolonnenluffer. Som en tommelfingerregel kan man si at for hver grad vannet økes i temperatur, vil gassmetningen øke med 2 %. De eksakte verdiene finnes i ulike tabellverk

Det er i RAS-sammenheng også en klar mulighet for meddriving av luft i vannmasser når man skaper fossefallsituasjoner i forbindelse med vannets overgang fra et kammer til et annet og luft blir brakt ned på dypere vann. Det er også mulighet for å få gassovermetning når man blander varmt og kaldt vann. Det er nemlig slik at selv om begge vanntypene er 100 % mettet vil det blandede vannet ha en liten overmetning. Som eksempel vil to like volumer av 6 og 12°C vann som begge har 100 % TPG, ha 100,4 % når de blandes. Dette er små endringer sammenlignet med de tidligere nevnte årsakene, og kan i de fleste tilfeller ses bort fra.

Risikoreduserende tiltak

Kun i helt spesielle tilfeller vil man oppleve at vann har overmetning i naturen. Noen eksempler på dette er ved høye forekomster av mikroalger som produserer oksygen, samt i fossefall, der luftbobler blir revet ned på stort dyp. Også i forbindelse med produksjon av vannkraft har det vært eksempler på at vannet nedstrøms har hatt gassovermetning. Man kan imidlertid anta som temmelig sikkert at en marin fisk under naturlige omstendigheter aldri vil oppleve vann med

gassovermetning. Det er derfor lite sannsynlig at fisken har en naturlig fluktnespons i kontakt med gassovermetning. I Akvakultursammenheng er gassovermetning dessverre heller regelen enn unntaket. Smoltprodusenter har lenge vært klar over de svært uheldige virkningene av gassovermetning, og tatt konsekvensene av det. I marin yngelproduksjon har man ikke vært like flinke til å etablere rutiner for å unngå overmetning.

Passive luftere

Ulike passive luftere, så som kolonneluftere og INKA-luftere, har lenge vært på markedet. Disse arbeider etter prinsippet om at vann skal "luftes" mot atmosfærisk trykk. Ved å øke vannets overflate mot luft, vil diffusjonsveiene reduseres og avlufting av overmetning vil kunne skje. Diffusjon er imidlertid en langsom prosess, og i beste fall vil man oppnå et vann med 100 % TPG. En slik løsning fordrer også god ventilasjon og lufting av atmosfæreluften inne i produksjonsavdelingene. Oppvarming av vannet etter lufteren vil føre til gjentatt overmetning.

Aktive luftere (degassere)

Disse kan i teorien arbeide etter to ulike prinsipper:

- 1) Nitrogenstripping ved gjennombobling med oksygen. Dette er en brukbar metode som gir undermetning av nitrogen, og overmetning av O₂ slik at %TPG vil ligge på ca 100. Forhøyet TPG (mer enn 100) kan imidlertid aksepteres så lenge % nitrogenmetning holdes under 100 (helst under 95). Denne metoden krever små investeringer, men blir fort kostbar i drift. Bobling med oksygen representerer også en eksplosjonsfare.
- 2) Fjerning av gass i vakuum. Denne metoden baserer seg på å redusere P_g delen i Henry's lov. Ved å utsette vann for et undertrykk (ca tilsvarende 1 m vannsøyle) vil løseligheten reduseres med ca 10 %. Dette vil føre til en gassovermetning hvor gass fjernes fra vannet. Når vannet "slippes ut" av vakuumet, og trykket blir normalt vil det derimot være undermettet (TPG < BAR). Fordelen med et slikt vann er at det kan tåle en viss oppvarming etter avgassing før overmetning inntreffer. En vacuum-degasser vil derfor være en billig forsikring. Selvsagt kan man "toppe" vannet med oksygen etter behov før det tilføres fisketankene.

Effektiviteten av en vacuum-avgasser avhenger av vacuum, overflate og oppholdstid av vannet i øvre del av lufteren. En løftehøyde på 1m kan teoretisk gi en reduksjon av totalgassen på 10 %. Ved korrekt bruk av vacuum-avgasser vil faren for overmetning elimineres og ekstra oksygen kan tilsettes i neste skritt uten fare.

Det er MarinHelse sin oppfatning at svært mange moderne RAS-anlegg i dag sliter med en lavgradig gassovermetning som påvirker fiskens trivsel og prestasjon negativt. Dette viser målinger i felt over flere år. Det vil derfor være fornuftig, og da særlig i anlegg som skal produsere laksen helt frem til slaktestørrelse, at disse utfordringene adresseres på en ordentlig måte. Fokuset må være på å redusere risikoen for nitrogenovermetning gjennom god anleggsdesign og valg av funksjonelle løsninger for utlufting av gasser.

Anleggsdesign

- Stabil vannbevegelse (Kar, rørgater, Biofilter, bend, kummer)
- Ingen fossefallsområder eller områder hvor luft kan trekkes ned i vanddybden
- Dypstilte pumper og alarmer ved vannspeilsenkninger
- Tilpassede vanninnføringer
- Fokus på innføring av vann fra CO₂-luftere i vannspeilet og ikke i dypere vannlag

Riktig utstyr

- Minst mulig koblinger av rør med muligheter for innsug av luft
- Bruk av aktive luftere
- Fixed bed innebærer muligens større risiko for sedimentering enn moving bed.

Fornuftige produksjonsrutiner under drift

- Sørge for å holde oksygennivåene i området 80- 100 % metning
- Måle TPG regelmessig og gjøre korrigeringer ved avvik

Behandling

Det finnes ingen behandling mot lidelsen. Viser fisk tegn til skader grunnet en episode med nitrogenovermetning anbefales det å gjøre en undersøkelse av stressnivået hos fisken. Avvikende atferd og tilvekst gir en god pekepinn på om fiskegruppen kan føres videre eller om fiskegruppen bør bedøves og tas ut av produksjonen. Fokuset når det gjelder nitrogenproblematikk bør rettes mot forebygging all den tid behandling ikke forefinnes og en lindring av lidelsene kan være tidkrevende og vil utsette fisken for mye smerte og lidelse.

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det helt klart en risiko for nitrogenovermetning hos Averøy Industripark AS. Akvakulturanlegget er basert på RAS-teknologi, noe som betyr at det resirkuleres mye vann som flyttes med pumper døgnet rundt.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til totalgassmetning kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt fokus på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i denne risikovurderingen. I forbindelse med etableringen av Averøya Industripark AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både utstyrvalg og utformingen av resirkuleringssystem i tidlig planleggingsfase. Dette er av stor fordel. Det har vært et overordnet fokus på vannbevegelse både i selve karene og i det øvrige prosesssystemet i forbindelse med hydrogensulfidgass. Dette arbeidet vil også bidra til å forebygge risikoen for nitrogenovermetning i karene hvor fisken står.

Summen av de foreslåtte tiltakene i risikovurderingen burde være tilstrekkelige til å redusere risikoen for nitrogenovermetning til et akseptabelt nivå. I tillegg burde det være gode muligheter til å stoppe anløp av utbrudd gjennom kontinuerlig overvåking av totalgassmålingene i avdelingene.

Per Anton Sæther
Veterinær
MarinHelse AS

Referanser

Antcliffe, B. L., L. E. Fidler, and I. K. Birtwell. 2002a. "Effect of dissolved gas supersaturation on the survival and condition of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under static and dynamic exposure scenarios." In.: Canadian Technical Reports Fisheries and Aquatic Sciences.

Antcliffe, B. L., L. E. Fidler, and I. K. Birtwell. 2002b. 'Effect of dissolved gas supersaturation on the survival and condition of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under static and dynamic exposure scenarios', Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences: i.

Beeman, J. W., and A. G. Maule. 2006. 'Migration depths of juvenile Chinook salmon and steelhead relative to total dissolved gas supersaturation in a Columbia river reservoir', Transactions of the American Fisheries Society, 135: 584-94.

Blindheim, B., G. Brox, T. Heggberget, A. Kittelsen, P. Mellquist, and T. Tekle. 1984. "Problemer med luftovermetning i vann fra kraftverk. Komiteen for undersøkelse av gassovermetning (in Norwegian)." In. Oslo: Vassdragsregulantenenes forening.

Bouck, G. R. 1980. 'Etiology of Gas Bubble Disease', Transactions of the American Fisheries Society, 109: 703-07.

Colt, J., G. Bouck, and L. Fidler. 1986. "Review of current literature and research on gas supersaturation and gas bubble trauma." In.: Bonneville Power Administration, Portland, Oregon.

Ebel, Wesley J., and Howard L. Raymond. 1976. 'Effect of Atmospheric Gas Supersaturation on Salmon and Steelhead Trout of the Snake and Columbia Rivers', Marine Fisheries Review, 38: 1-15.

Gabrielsen, S. E., B. T. Barlaup, H. Skoglund, G.A. Halvorsen, O. Sandven, T. Wiers, G.B. Lehmann, B. Skår, U. Pulg, K. W. Vollset, and E. Straume. 2011. "LIV" – livet i vassdragene. Langsiktige undersøkelser av laks og sjøaurebestander i Matreelva i perioden 2006-2011', LFI-rapport nr. 187. Uni Research Miljø LFI, Bergen.

Geist, D. R., T. J. Linley, V. Cullinan, and Z. Q. Deng. 2013. 'The Effects of Total Dissolved Gas on Chum Salmon Fry Survival, Growth, Gas Bubble Disease, and Seawater Tolerance', North American Journal of Fisheries Management, 33: 200-15.

Harvey, H. H. 1975. 'Gas Disease in Fishes - a review.' in W.A. Adams (ed.), Chemistry and physics of aqueous gas solutions (Journal of the Electrochemical Society: Princeton, New Jersey).

Heggberget, T. G. 1984. 'Effect of Supersaturated Water on Fish in the River Nidelva, Southern-Norway', Journal of Fish Biology, 24: 65-74.

Marking, L.L. 1987. 'Gas supersaturation in fisheries - Causes, Concerns, and Cures', National Fisheries Research Center, U.S. Fish and Wildlife Service: 15.

Marsh, M.C., and F.P. Gorham. 1905. 'The gas disease in fishes', Report of U.S. Bureau of Fisheries 1904: 343-76.

Noble, C., J. Nilsson, L. H. Stien, M. H. Iversen, J. Kolarevic, and K. Gismervik. 2018. 'Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. ISBN 978-82-8296-531-6. Open acces. ', ISBN 978-82-8296-531-6. Open acces. : 328 p. .

Pulg, U. , G. Velle, W. K. Vollset, S. Stranzl, and E.E. Olsen. 2018a. 'Gassovermetning i Otra og muligheter for avbøtende tiltak. Technical report. Uni Research Miljø LFI-rapport nr. 319, ' Uni Research Miljø LFI-rapport nr. 319,: 26.

Pulg,U, Trond Einar Isaksen, Gaute Velle, Sebastian Stranzl, Espen O. Espedal, Knut W. Vollset, Einar Bye-Ingebrigtsen, Bjørn T. Barlaup 2018 «Gassovermetning i vassdrag-En kunnskapsoppsummering». LFI-rapport nr. 312 M-1126/2018

Rogers, G. 2005. 'Total Gas Saturation Considerations for Recirculating Aquatic Systems', International Journal of Recirculating Aquaculture, 6: 39-48.

Stenberg, S.K., G. Velle, M.D. Powell, and Å. Åtland. 2018. 'Effekter av gassovermetning på migrerende laksesmolt i Evangervatnet', In: Barlaup, T.B. (red.) Redningsaksjon for Vossolaksen - Fremdriftsrapport per 2017. LFI rapport 300. Uni Research Miljø LFI, Bergen.

Weitkamp, Don E. 2008. "Total dissolved gas supersaturation biological effects, review of literature 1980- 2007." In, 65.

Risikoanalyse- utfordringer knyttet til nyreforkalkninger

Oppdrag

I forbindelse med etableringen av et nytt akvakulturanlegg i Smedvågen er det ønskelig med en risikovurdering knyttet til nyreforkalkninger. Anlegget skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til slaktestørrelse. Det er rapportert om et økende innslag av nyreforkalkninger hos fiskegrupper produsert i RAS-anlegg sammenlignet med tradisjonelle gjennomstrømningsanlegg. Dette stiller større krav til at det ikke forekommer faser i produksjonen med driftsbetingelser som utløser forkalkninger i nyrene. Utfordringer knyttet til forkalkninger vil kunne påvirke tilveksten til fisken i fasen etter at fisken er satt over på sjøvann og slik forringe produksjonsresultatet og velferden til fisken.

Risikomatrise MarinHelse AS

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

>12	Kritisk
6-12	Betydelig
<6	Ubetydelig

Sannsynlighetsmodell

Nivå	Sannsynlighet
1	>10 år
2	5-10 år
3	2-5 år
4	0,5-2 år
5	< 0,5 år

Konsekvensmodell

	Nivå	Beskrivelse
1	Ubetydelig	Ubetydelige skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
2	Mindre alvorlig	Små skader eller belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

3	Alvorlig	Alvorlige skader og belastninger på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
4	Kritisk	Kritiske skader på mennesker, fisk og/eller materielle verdier
5	Katastrofal	Katastrofal skade eller belastning på mennesker, fisk og/eller materielle verdier

Aktuell vurdering:

Forutsetninger:

Det foreligger en fysiologisk status hos fisken som i et samspill med vannkvalitet og endringer i vannkvaliteten kan bidra til en etablering av kalk i nyrene til fisken.

Risikofaktorer	Ønsket beskyttelsesnivå	Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	Risikohåndtering
Se under eget punkt «Vurdering av risikofaktorer» For omfattende til å plassere i en tabell		> 10 år (1)	Kritisk (4)	4	

Vurderinger under produksjon Averøy Industripark knyttet til nyreforkalkninger

Averøy Industripark er et resirkuleringsanlegg (RAS-anlegg) som tar inn både ferskvann og sjøvann til sin produksjon og hvor man skal produsere fisken frem i lukkede resirkuleringssystemer frem til fisken når slaktevekt. Under slike driftsforutsetninger må man påregne en risiko for at det kan oppstå driftsperioder hvor fisken kan utvikle forkalkninger i nyrene. Grunnlaget for risikovurderingen baserer seg på oppdatert forskning på nyreforkalkninger i akvakulturanlegg samt erfaringer fra felt. Vi vil se på bakgrunnsstoff og sykdomstegn, samt risikofaktorer og håndtering av lidelsen.

Bakgrunnsdata Nyreforkalkninger

Nefrokalsinose er en "gammel" problemstilling, og ble første gang beskrevet hos laks (*Salmo salar*) i 1999 (Fivelstad et al., 1999). Veterinærinstituttet beskrev tilstanden første gang i sin fiskehelserapport fra 2006 (Olsen et al., 2006), og tilstanden er nevnt i alle utgitte rapporter siden. Vi vet altså i dag ikke omfanget av utbredelsen av nefrokalsinose, men basert på tilbakemeldinger fra næringen og fiskehelsepersonell kan det se ut til at omfanget har økt, til tross for mangel av systematisk registrering. Tilstanden rapporteres ofte som et tilleggssunn ved sykdommen hemorragisk smoltsyndrom (HSS) (Hjeltnes et al., 2019), og det har derfor blitt stilt spørsmålstegn ved om tilstandene er knyttet sammen.

Nefrokalsinose er beskrevet som utfelling av kalsium- og magnesiumsalter i urinlederen og/eller samlerør hos fisk (Bruno, 1996). Dødelighet fra tilstanden er generelt lav i oppdrett, siden den ansees som reversibel (Schlotfeldt, 1981; Fivelstad et al., 1999; 2002). Tilstanden byr likevel på velferdsutfordringer for laksen, og det er sannsynlig at nedsatt nyrefunksjon svekker laksen og gjør

den mer utsatt for sykdom og stress. HSS derimot induserer dramatiske fysiologiske endringer, og kjennetegnes ved anemi og omfattende blødninger i de fleste organer (Rodger & Richards, 1998; Nylund et al., 2003). I likhet med nefrokalsinose har HSS gitt liten dødelighet i anleggene og det er kanskje derfor det finnes svært lite vitenskapelig litteratur om sykdommen (Woo et al., 2014). Det er gjort få undersøkelser av hva forkalkningene består av. Så vidt vi vet finnes det ikke publiserte studier hos laks, men i en undersøkelse utført av MarinHelse AS på postsmolt (Salmo Salar) i 2017/2018, bestod forkalkningene av amorf dahlitt ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_2(\text{CO}_3)_6(\text{OH})_2$), med mulig spor av whitlockitt (MgCa_2PO_4). (Sæther, TEKSET 2019). Samme selskap gjennomførte en ytterligere sammenligning mellom forkalkninger i nyrer fra 5 RAS-anlegg i 2019 hvor forkalkninger ble analysert ved AHUS via fouriertransform infrarødspektroskopi. Utvalget bestod både av anlegg med og uten RAS-teknologi og det var overveiende amorf dahlitt som ble funnet i alle fem anlegg uavhengig av driftsmetode og vannkvalitet. Amorf dahlitt består hovedsakelig av kalsiumfosfat. 80 % av alle nyresteiner hos mennesker består av kalsium og forårsakes av et kalsiumoverskudd i kroppen.

Blant andre marine arter er det gjort en studie på Cobia, (*Rachycentron canadum*), en abborfisk, der nyresteinene bestod av rent kalsium, oksalat og kalsiumfosfat (Klosterhoff et al., 2015). Nefrokalsinose hos regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*), som er en art som historisk sett har hatt større utfordringer knyttet til forkalkninger i nyrene, har blitt undersøkt i flere studier. Gillespie & Evans (1979) og Bjerknes et al. (1994) konkluderte at de bestod av kalsium, fosfor, karbonat og magnesium, mens Fikri et al. (2000) fant at de inneholdt ammoniumurat ($\text{NH}_4\text{C}_5\text{H}_3\text{N}_4\text{O}_3$) og kalsiumfosfat.

Det er mye som tyder på at nefrokalsinose er miljøbetinget. Det har blitt foreslått flere mulige årsaker, bla. eksponering for høye CO_2 -verdier (Smart et al., 1979; Fivelstad et al., 1999; 2003; 2013; 2015b; 2018; Hosfeld et al., 2008; Good et al., 2010; 2018; Khan et al., 2018; Mota, 2019). Kombinasjonen av høy fisketetthet, et høyt nivå av karbondioksyd, lave oksygennivåer og lav pH er kjent for å kunne føre til en metabolsk acidose hos fisken som igjen kan føre til kalsiumutfellinger i urinen. Bruk av kalsiumkarbonat for å justere alkalitet og pH i RAS-anlegg (Chen et al., 2001), magnesium-mangel (Knox et al., 1981), selentoksisitet (Bruno, 1996; Hicks et al., 1984), eller høy tetthet og lav flow (Damsgård et al., 2011) er også ansett som mulige årsaker til lidelsen. Det er også mulig at høye nivåer av fosfat spiller en rolle (Lewisch et al., 2013). Andre foreslåtte årsaker, som ikke er vitenskapelig testet er hardhet, brått skifte i vannkjemi med stor tilgang på magnesium og kalsiumioner (Bjerknes et al., 1994), smoltifisering status og endringer i ernæring. Så vidt vi vet har ingen studie undersøkt betydningen av fôr i utviklingen av nefrokalsinose i laks. I motsetning har flere artikler rapportert at ernæring er den viktigste faktoren i utvikling av nyrestein hos pattedyr, som hund og katt (Tion et al., 2015). Ubalanse i konsentrasjoner i vitamin D, kalsium, fosfor eller syrer i kosthold kan forårsake utvikling av nyrestein (Shavit et al., 2015; Phillips et al., 1986; Gambaro & Trincheri, 2016) og nyrestein kan derfor ofte behandles med fôrtilpasninger i pattedyr (Davies, 2016). Hos regnbueørret er det rapportert at fôr med høyt innhold av fosfor og kalsium og/eller lav magnesiumkonsentrasjon kan føre til forekomst av nefrokalsinose (Heinen et al., 1993; 4 Knox et al., 1981). I fisk, og spesielt fisk i en aktiv vekstfase, er det behov for disse komponentene, som tilsettes i betydelige mengder i fôr. Variasjoner av fôr innhold mellom forskjellige produsenter og batcher har ikke vært dokumentert hos laks i settefiskanlegg.

Genetisk predisposisjon for og hvilke mekanismer som fører til nefrokalsinose har ikke vært dokumentert hos laks. Hos pattedyr derimot ser man ofte en genetisk faktor ved utvikling av

nyrestein som antyder en metabolsk defekt (Lulich et al., 1999; Sayer et al., 2004; Vezzoli et al., 2011).

Symptomer hos fisk

Fisk som blir rammet av nyreforkalkninger får utfellinger av kalklignende materiale i nyretubuli og utførselsganger. Disse utfellingene beskrives som tre ulike former ut fra konsistensen på materialet (seigt, kornete, hardt). Diagnosen stilles ofte gjennom obduksjon og forandringene sees som regel med det blotte øye. Man kan dele inn alvorlighetsgraden av forkalkningene. MarinHelse AS og Pharmaq Analytic utarbeidet en scoringsveileder for nyreforkalkninger som har vist seg å være relativt dekkende og samsvarende mellom makroskopiske funn og histologiske funn.

Grad 0: ingen tegn til forkalkninger

Grad 1: Overtydlig urinledere med lette forkalkninger på innsiden av tubuli

Grad 2: Forkalkninger i urinlederne med lette forgreninger til sidene

Grad 3: Tykke forkalkninger i urinlederne med tydelige forgreninger til sidene

Grad 4: Tykke forkalkninger i store deler av nyret og brudd på basalmembran og hevelser i nyret klassiske tegn til en akutt nyrebetennelse

Grad 5: Svullent nyre med tydelig akutt betennelse uten synlige tegn til forkalkninger

Grad 0
Ingen tegn til forkalkninger



Grad 1
Overtydlig urinledere med lette forkalkninger på innsiden av tubuli



Grad 2
Forkalkninger i urinlederne og lette forgreninger til sidene



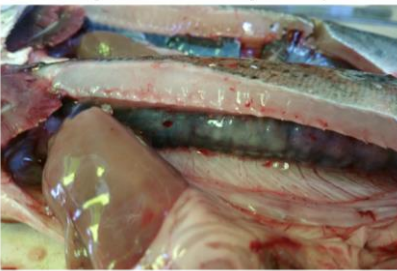
Grad 3
Fulle urinledere og tydelige forgreninger av forkalkningene til



Grad 4
Med betydelige forkalkninger og hevelse av nyret



Grad 5
Uten forkalkninger, men med betennelse og hevelse i nyret



Vurdering av den aktuelle risikofaktor

Diskuterte risikofaktorer

Vi har i denne risikovurderingen valgt å fokusere på følgende hovedområder;

Vannkvalitet

- Høye co₂-nivåer
- Hurtige endringer av co₂-nivå
- Fritt co₂, bundet co₂
- Lave o₂-nivåer
- Ph, hurtige endringer i pH
- Høy tetthet av fisk
- Høy alkalitet
- Stort innhold av calcium i driftsvann (Hardhet)
- Høy hardhet, alkalinitet og mye fritt/bundet Co₂
- Høy hardhet, alkalinitet og mye fritt/bundet Co₂ og osmoregulerisk dysfunksjon hvor nyret spiller en viktig rolle (sjøvannstilpasset fisk i feil vannmiljø)

Ernæring

- Stor tilgang på phosphor
- Lavt nivå av magnesium
- Toksiske nivåer av Selen og Arsen
- Helsefôr med høyt nivå av antioksydanter

Indre biologiske rytmer som forstyrres og påvirker nyrenes funksjon negativt

- Osmoregulering
 - Sjøvannstilpasning/smoltifisering
 - Sees ofte sammen med HSS
 - Bløtvevsforkalkninger

Risikoreduserende tiltak

Det foreligger per i dag svært lite kunnskap til hva som ligger bak en utfelling av kalsiumfosfat i nyrene på laksefisk. Problemet er økende og det sees oftere i RAS-anlegg enn i gjennomstrømningsanlegg. Høye karbondioksidnivåer har vist seg å gi forkalkninger i flere studier, men nyere studier igjen viser at det må være andre sammenfallende forhold for å utløse forkalkningene. Co₂ alene har ikke nødvendigvis en slik effekt (Mota et al 2019). Basert på de siste års erfaringer med RAS-teknologi og nefrokalsinose, så ser det ut til at fiskegrupper som ikke smoltifiseres på vanlig måte er overrepresentert iblant problemanleggene. Flere forskere har sett en mulig sammenheng mellom HSS og nefrokalsinose og da kan det være nærliggende å tro at deler av samme årsaksforhold ligger bak begge lidelsene.

Det er MarinHelse sin oppfatning at det vil være fornuftig å basere tiltakene rundt nyreforkalkninger på stabil og god vannkvalitet med lave co2-nivåer samt understøttelse av fiskens smoltifisering gjennom fornuftig bruk av positive og negative smoltifiseringssignaler ut gjennom produksjonen. Regelmessig overvåkning av nyrestatus gjennom de forskjellige produksjonstrinnene vil være av betydning for å kunne gå inn tidlig med korrigerende tiltak.

Forslag til risikominimerende produksjonsrutiner under drift

- Sørge for å holde oksygenivåene rundt 100 % metning
- CO2-konsentrasjonen i kar skal ligge under 15 mg/l
- pH bør ligge rundt 7,4 ved normal drift
- Det skal unngås bruk av kalsiumholdige buffertilsetninger og heller benyttes lut og karbonat for buffring av driftsvannet
- Sjøvann tilsettes etter driftsplan
 - Skaper en buffer mot H2S hvis oksygenet skulle droppe i biofilm eller
- Holde alkaliniteten mellom 100-200 mg/l

Konklusjon

Med bakgrunn i de overnevnte faktorene er det en risiko for nyreforkalkninger hos Averøy Industripark AS. Akvakulturanlegget er basert på RAS-teknologi, noe som betyr at det resirkulerer mye vann og holder forholdsvis høye temperaturer gjennom hele året. Forbruket av oksygen blir høyt og dette åpner for en høy co2-produksjon i driftsvannet av både fisk og bakterier. I tillegg er det en stram produksjon med muligheter for tilføring av større mengder kalsium og utfordringer knyttet til tidlig sjøvannstilpasning.

Det er MarinHelse AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til nyreforkalkninger kan overvåkes, håndteres og kontrolleres via et godt fokus på de risikominimerende tiltakene som er listet opp i denne risikovurderingen. I forbindelse med etableringen av Averøya Industripark AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både vannkvalitet og smoltifiseringsrutiner. Dette er av stor fordel.

Summen av de foreslåtte tiltakene i risikovurderingen burde være tilstrekkelige til å redusere risikoen for nyreforkalkninger til et akseptabelt nivå. I tillegg burde det være gode muligheter til å stoppe anløp av utbrudd gjennom den foreslåtte overvåkning.

Per Anton Sæther
Veterinær
MarinHelse AS

Referanser

- Bjerknes V., Lydersen E., Golmen L. G., Hobæ, A. & Holtet L. (1994) Nefrokalsinose hos regnbueørret i oppdrettsanlegg ved Trengereid. Miljømessige årsaker. NIVA-rapport O-93249.
- Bruno D.W. (1996) Nephrocalcinosis. Aquaculture Information Series. Marine Laboratory, Aberdeen, 16, 1-5.
- Chen C.Y., Wooster G.A., Getchell R.G., Bowser P.R. & Timmons M.B. (2001) Nephrocalcinosis in Nile Tilapia from a Recirculation Aquaculture System: A Case Report. *Journal of Aquatic Animal Health* 13, 368-372.
- Damsgård B., Bjørklund F., Johnsen H.K. & Toften H. (2011) Short- and long-term effects of fish density and specific water flow on the welfare of Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 322-323, 184-190.
- Fikri A., Recai T., Hijran Y.Y. & Oguz K. (2000) Nephrocalcinosis in intensively reared rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh* 52, 111-117.
- Fivelstad S. (2013) Long-term carbon dioxide experiments with salmonids. Review. *Aquaculture engineering* 53, 40-48.
- Fivelstad S., Hosfeld C., Handeland S., Terjesen B.F. & Kvamme K. (2015b) Sluttrapport for Postsmolt D: Grenseverdier for karbondioksid for postsmolt. Høgskolen i Bergen. FHF-prosjekt 900895, 34 pp.
- Fivelstad S., Hosfeld C.D., Medhus R.A., Olsen A. & Kvamme K. (2018) Growth and nephrocalcinosis for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolt exposed to elevated carbon dioxide partial pressures. *Aquaculture* 482, 83-89.
- Fivelstad S., Kvamme K., Handeland S., Fivelstad M., Olsen A.B. & Hosfeld C.D. (2015a) Growth and physiological models for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr exposed to elevated carbon dioxide concentrations at high temperature. *Aquaculture* 436, 90-94.
- Fivelstad S., Olsen A.B., Asgard T., Bæverfjord G., Rasmussen T., Vindheim T. & Stefansson S. (2002) Long-term sublethal effects of carbon dioxide on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.): ion regulation, haematology, element composition, nephrocalcinosis and growth parameters. *Aquaculture* 215, 301-319.
- Fivelstad S., Olsen A.B., Kløften H., Ski H. & Stefansson S. (1999) Effects of carbon dioxide on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at constant pH in bicarbonate rich freshwater. *Aquaculture* 178, 171-187. 10
- Fivelstad S., Waagbø R., Zeitz S.F., Hosfeld A.C.D., Olsen A.B. & Stefansson S. (2003) A major water quality problem in smolt farms: combined effects of carbon dioxide, reduced pH and aluminium on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts: physiology and growth. *Aquaculture* 215, 339-357.
- Gambaro G. & Trinchieri A. (2016) Recent advances in managing and understanding nephrolithiasis/nephrocalcinosis. *F1000 Research* 695, 1-8.
- Good C., Davidson J., Terjesen B.F., Takle H., Kolarevic J. & Bæverfjord G. (2018) The effects of long-term 20 mg/L carbon dioxide exposure on the health and performance of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolt in water recirculation aquaculture systems. *Aquaculture Engineering* 81, 1-9.
- Good C., Davidson J., Welsh C., Snekvik K. & Summerfelt S. (2010) The effects of carbon dioxide on performance and histopathology of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems. *Aquaculture Engineering* 42, 51-56.
- Hicks B.D., Hilton J.W. & Ferguson H.W. (1984) Influence of dietary selenium on the occurrence of nephrocalcinosis in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases* 7, 379-389.
- Hjeltnes B., Bang Jensen B., Bornø G., Haukaas A., Walde C.S. (red), Fiskehelserapporten 2018, utgitt av Veterinærinstituttet 2019, 132pp.
- Hosfeld C.D., Engevik A., Mollan T., Lunde T.M., Waagbø R., Olsen A.B., Breck O., Stefansson S. & Fivelstad S. (2008) Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture* 280, 146-153.
- Khan J.R., Johansen D. & Skov P.V. (2018) The effects of acute and long-term exposure to CO₂ on the respiratory physiology and production performance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in freshwater. *Aquaculture* 491, 20- 27.

- Mota V.C., Nilsen T.O., Gerwins J., Gallo M., Ytteborg E., Baeverfjord G., Kolarevic J., Summerfelt S.T. & Terjesen B.F. (2019) The effects of carbon dioxide on growth performance, welfare, and health of Atlantic salmon postsmolt (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture* 498, 578-586.
- Nylund A., Plarre H., Hodneland K., Devold M., Aspehaug V., Aarseth M., Koren C. & Watanabe K. (2003) Haemorrhagic smolt syndrome (HSS) in Norway: pathology and associated virus-like particles. *Diseases of Aquatic Organisms* 54:15-27.
- Olsen A.B., Bornø G., Colquhoun D., Flesjå K., Haldorsen R., Mo T.A., Nilsen H., Skjelstad H.R. & Hjeltne B. (2006) Helsesituasjonen hos oppdrettsfisk 2006. Veterinærinstituttet, 20pp.
- Rodger H.D. & Richards R.H. (1998) Haemorrhagic smolt syndrome: a severe anaemic condition in farmed salmon in Scotland. *Veterinary Record* 142, 538-541.
- Sayer J.A., Carr G. & Simmons N.L. (2004) Nephrocalcinosis: molecular insights into calcium precipitation within the kidney. *Clinical Science* 106, 549-561.
- Schlottfeldt H.J. (1981) Some clinical findings of a several years survey of intensive aquaculture systems in northern Germany, with special emphasis on gill pathology and nephrocalcinosis. In: Tiews K. (Ed.), *Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems* vol. I, pp. 109– 119. Berlin. 11
- Shavit L., Jaeger P. & Unwin R.J. (2015) What is nephrocalcinosis? *Kidney International* 88, 35-43.
- Smart G.R., Knox D., Harrison J.G. , Ralph J.A., Richards R.H. & Cowey C.B. (1979) Nephrocalcinosis in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson; the effect of exposure to elevated CO₂ concentrations. *Journal of Fish Diseases* 2, 279-289.
- Sæther P.A. (2019) MarinHelse - fisken i fokus. Presentasjon på TEKSET 2019, Clarion Hotel og Congress Trondheim, Norge.

Utdrag fra internkontroll landbasert akvakultur

4.0 Beredskapsplaner

4.1 Beredskapsplan personskade

Målgruppe	Alle ansatte
Formål	Prosedyren skal sikre at alle på arbeidsplassen vet hva de skal gjøre om det oppstår en alvorlig ulykke
Definisjon/generelt	Disse prosedyrene gjelder ved • Brann, eksplosjon, syreutslipp og gasslekkasjer • Personskade og plutselig sykdom
Aktivitet	Lokaliser hvor ulykken har skjedd og varsle personer i faresonen. Berging av personer og førstehjelp har første prioritet. Redningsarbeid og tiltak for å redusere skaden skal iverksettes umiddelbart. Gi melding til lege, ambulanse og/eller brannvesen. Til politi ved personskade. Møt og informer brannvesen, politi eller ambulansepersonellet
	SAMLEPlass ved evakuering er utenfor hovedinngangen
	Ved ulykke: 1. Forsøk om mulig å begrense omfanget av skade. 2. Ved personskade må det gis førstehjelp om nødvendig ring 113 3. Førstehjelpsutstyr er plassert i kontrollrommet, og på verksted
	OPPTRE ROLIG! IKKE FÅ PANIKK!
	Nødnummer: Brann: 110 Ambulanse: 113 Politi: 112 Giftinformasjonssentralen: 22591300 Mattilsynet , Region Midt: 22400000/Faks: 23216801 Arbeidstilsyn: 73199700 Bedriftshelsetjeneste: xxxxxxxx Fiskehelsetjeneste: xxxxxxxx
Ansvarlig	Daglig leder er ansvarlig for at beredskapsinstruksen blir gjort kjent for de ansatte
Avvik og korrigerende tiltak	Avvik skal registreres i avviksmelding og rettes opp så snart som mulig. Daglig leder er ansvarlig for korrigerende tiltak
Dokumentasjon / Henvisninger	Prosedyren skal henge på oppslagstavle
Håndtering av media	Det er kun daglig leder som har anledning til å gi uttalelser til media

4.2 Beredskapsplan ved rømming av fisk

Målgruppe	Alle ansatte som arbeider med levende fisk
Formål	Sikre innsats og varsling i henhold til regelverk, og sikre at vi håndterer en eventuell rømming på best mulig måte og starte gjenfangst av rømt fisk
Ansvar	Beredskapsleder: Daglig leder har overordnet ansvar for at beredskapsplanene blir iverksatt, og bestemmer omfanget av tiltakene. Stedfortreder i tilfelle daglig leder ikke er tilgjengelig er hhv. Styreleder, driftsleder, røkter eller teknikker
Definisjon/generelt	Det skal vises særlig aktsomhet for å hindre at fisk rømmer. Denne planen skal iverksettes ved mistanke om rømming, eller når rømming har skjedd. Vi skal også kartlegge farer og vurdere risiko for rømming. Dette gjøres under eget kapittel for risikoanalyse.
Handlingsrekkefølge /varsling	1. Iverksetting av konsekvensreducerende tiltak a. Hvis reparasjon av skade/eliminering av årsak/reduksjon av skade er mulig prioriteres dette 2. Varsling internt a. Skiftansvarlig b. Daglig leder c. Styreleder 3. Varsling eksternt a. Fiskeridirektoratets beredskapsavdeling b. Fylkesmannen c. Mattilsynet d. Forsikringsselskap e. Lokale fiskere
Skadebegrensing	Begrens omfang av skader på personer, fisk og utstyr. Skader påvises og repareres umiddelbart
Gjenfangst	Ved mistanke om rømming settes gjenfangstgarnene umiddelbart ut rundt det aktuelle området (innenfor angitt område, ved utslippsledning) Gjenfangstplikt i første omgang er begrenset til 500 meter fra anlegget/kaiområdet. Plikten opphører når det er åpenbart at den rømte fisken ikke lenger er i området. Fiskeridirektoratets regionkontor kan i samråd med Fylkesmannens miljøvern avdeling gi dispensasjon fra 500 meters regelen. Lokale fiskere varsles i tråd med varslingsliste/nødnummerliste Melding om rømming kan av daglig leder formidles gjennom lokalmedia slik at privatpersoner i tillegg kan involveres i gjenfangstfisket
Håndtering av media	Det er kun daglig leder som har anledning til å gi uttalelser til media

4.3 Beredskapsplan ved massedødelighet

Målgruppe	Alle ansatte som arbeider med levende fisk
Formål	Begrense omfang av skader på fisk gjennom korrekt handling samt korrekt innsats og varsling i henhold til regelverk ved massedødelighet
Ansvar	Beredskapsleder: Daglig leder har overordnet ansvar for at beredskapsplanene blir iverksatt, og bestemmer omfanget av tiltakene. Stedfortreder i tilfelle daglig leder ikke er tilgjengelig er hhv. Styreleder, driftsleder, røkter eller teknikker
Definisjon/generelt	Forøket dødelighet er definert som en dødelighet som er høyere enn den dødeligheten som anses som normal hos Averøy Industripark på bakgrunn av produksjonshistorikk. For at beredskapen skal være mer konkret i forhold til begrepene og varsling og tiltak utløses på et regelmessig grunnlag er det valgt å sette følgende grenser for definisjonen av forøket dødelighet og massedødelighet; Forøket dødelighet: • Fisk fra 0,2-5 gram: > 0,2 % daglig dødelighet • Fisk fra 5-500 gram: > 0,05 % daglig dødelighet • Fisk fra 500-5300 gram: > 0,025 % dødelighet Massedødelighet: > 2 % daglig dødelighet
Handlingsrekkefølge /varsling	1. Iverksetting av konsekvensreducerende tiltak a. Hvis reparasjon av skade/eliminering av årsak/reduksjon av skade er mulig prioriteres dette 2. Varsling internt a. Skiftansvarlig b. Daglig leder c. Styreleder (kun ved massedødelighet) 3. Varsling eksternt a. Mattilsynet b. Hordafôr ved behov for ekstra ensilasjekapasitet c. Forsikringsselskap (kun ved massedødelighet)
Konsekvensreducerende tiltak	Få oversikt over situasjonen Ved forøket dødelighet: • Ta kontakt med fiskehelsetjenesten • Følg råd i forhold til akutt-tiltak fra veterinær/fiskehelsebiolog • Fokuser på fjerning av dødfisk og svak fisk fra alle rammede kar/avdelinger • Ved forøket dødelighet, unntatt når dødeligheten åpenbart ikke er forårsaket av sykdom, eller annen grunn til mistanke om smittsom eller ikke-smittsom sykdom i en eller flere

produksjonsenheter, skal helsekontroll gjennomføres uten unødig opphold for å avklare årsaksforhold.

- Ved vedvarende forøket dødelighet skal ny helsekontroll gjennomføres innen 14 dager, med mindre årsaksforhold er entydig og avklart

Ved massedødelighet:

- Ta kontakt med fiskehelsetjenesten
- Følg råd i forhold til akutt-tiltak fra veterinær/fiskehelsebiolog
- Undersøk om det ligger åpenbare årsaker som lavt O2, TGP, strømstyrke, unormal pH, salinitet, TAN, nitritt, nitrat, H2S etc.
- Gjør eventuelle korrigeringer og forebygg eventuell mulighet for ytterligere dødelighet
- Iverksett smittebegrensende tiltak (avgrense/isolere/sperre kar og eller avdelinger)
- Dødfisk-opptak intensiveres. Dødfisk telles og fjernes fra karet og kvernes umiddelbart.
- Ta ut «Akuttpakke» for innsendelse i tråd med prosedyre
 - 5x Gjellebuer av 10 fisk og legges på 10 formalinglass.
 - Organpakker fra 10 fisk legges på formalin
 - 10 hele fisk fryses ned i hver sin plastpose
 - 2 x 0,5 liters vannprøver fra hvert av karvann og biofiltervann settes i kjøleskap og sendes NIVA samme eller påfølgende dag

Ved velferdsmessig behov for fjerning av svak fisk i store mengder må dette vurderes i hvert enkelt tilfelle og i samråd med veterinær.

Pumping av syk levende fisk må det tilstrebes kortest mulig oppholdstid for fisk i rørsystemet.

Alternativet er å velferdsmessig bedøve og avlive fisken før pumping dersom fisken ikke kan transporteres i rør ut til ensilasjebåt (Hordafôr) for bedøving og destruksjon.

Kapasiteter for kverning/slakting av fisk:

Ensilasjeanlegg tilknyttet avdeling: Kvern på 6 kW med tank på 20 kubikk.

Bedøvelsesbad med kapasitet med opptil 1000 fisk i timen med overdose Finquel. Anlegget har til enhver tid tilgjengelig minimum 30 kg Finquel på anlegget.

Ekstern kapasitet:

Det foreligger en beredskapsavtale med Hordafôr, som inkluderer bistand til våtbedøving, oppkverning og ensilering av fersk dødfisk eller levende fisk og bortkjøring. Alle skip og vogntog er godkjent av myndighetene for bedøving og destruksjon samt ensilering av levende/død fisk. De er utstyrt med bl.a. store pumpesystemer, kverner og kompetent mannskap som kan håndtere svært store mengder død fisk på kortest mulig tid.

	Maks total biomasse i en avdeling ved produksjonsslutt på Averøya er 346 500 kg fisk. Dette volumet dekkes av en båt hos Hordafôr.
Håndtering av media	Det er kun daglig leder som har anledning til å gi uttalelser til media

4.3 Beredskapsplan ved utbrudd av alvorlig/listeført smittsom sykdom

Målgruppe	Alle ansatte som arbeider med levende fisk
Formål	Sikre innsats og varsling i henhold til regelverk ved grunn til mistanke om alvorlig og/eller listeført smittsom sykdom
Ansvar	Beredskapsleder: Daglig leder har overordnet ansvar for at beredskapsplanene blir iverksatt, og bestemmer omfanget av tiltakene. Stedfortreder i tilfelle daglig leder ikke er tilgjengelig er hhv. Styreleder, driftsleder, røkter eller teknikker
Definisjon/generelt	Utbrudd av alvorlig/listeført smittsom sykdom Alle ansatte samt driftsledelse har opplæring i smittsomme sykdommer og hvordan disse sykdommene opptrer samt klassiske kjennetegn. Ved mistanke om slike sykdommer skal avtalt handlingsrekkefølge følges.
Handlingsrekkefølge /varsling	1. Iverksetting av konsekvensreducerende tiltak a. Fjerning av svak fisk og dødfisk intensiveres b. Biofilterenhet isoleres c. Mistanke varsles internt 2. Varsling og tilkalling av fiskehelsetjeneste a. helsekontroll gjennomføres uten unøddig opphold for å avklare om dødeligheten skyldes smittsom sykdom b. Nødvendige prøver tas ut. Enten umiddelbart i tråd med «Akuttuttak» eller så gjøres dette av ansvarlig fiskehelsepersonell ved ankomst anlegget. Hvis mistanke opprettholdes/bekreftes igangsettes varsling eksternt. Ved betydelig dødelighet og behov for ekstra ensilasjekapasitet varsles Hordafôr 3. Varsling internt a. Skiftansvarlig b. Daglig leder c. Styreleder 4. Varsling eksternt a. Det regionale mattilsynet b. Hordafôr
Håndtering av media	Det er kun daglig leder som har anledning til å gi uttalelser til media

Velferdsscoring TRIPWELL



Velferdsscoring: hudblødninger



Definisjon: Sår på snutepartiet som omfatter fremre del av over- og underkjeve

0 = intet å anmerke

1 = antydning /mistanke defekt (Små blødninger/fargeforandringer. Ofte sett på buksiden)

2 = tydelig skade / defekt (Et større område med blødninger, ofte sett sammen med skjelltap)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (En betydelig mengde ferske blødninger, ofte sett sammen med betydelig skjelltap, sår og ødemer i huden)

Velferdsscoring: snuteskader



Kilde: Veterinærinstituttet

Definisjon: Sår på snutepartiet som omfatter fremre del av over- og underkjeve

0 = intet å anmerke

1 = antydning /mistanke defekt (liten skade på snuten over/under)

2 = tydelig skade / defekt (skade og rifter i hud på snutepartiet)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (betydelige, dype og store skader)

Håving skader finner:
Er det nye skader?

Velferdsscoring: finnesår



Definisjon: Med finneskade menes blødninger, ferske rifter med blottlagt underhud i finnen eller ved finnebasis og blottlagte finnestråler.

0 = intet å anmerke (normale finner)

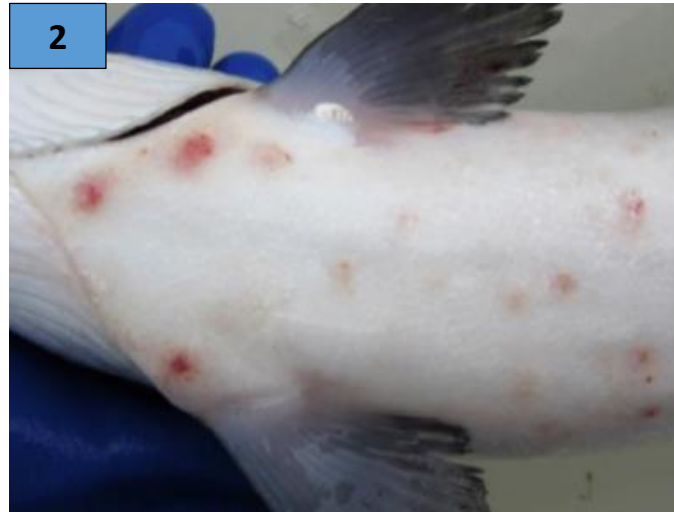
1 = antydning /mistanke defekt (en eller flere grunne rifter, gjerne med små blødninger)

2 = tydelig skade / defekt (en eller flere dypere rifter, med blødninger. Finnestråler kan være eksponert)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (finner er splittet, helt ned til basis. Deler av finner kan være revet av eller henge løst)

Håving skader finner:
Er det nye skader?

Velferdsscoring: sår



Definisjon: brudd i huden med påfølgende sårutvikling, enten mekanisk eller av bakteriell opprinnelse.

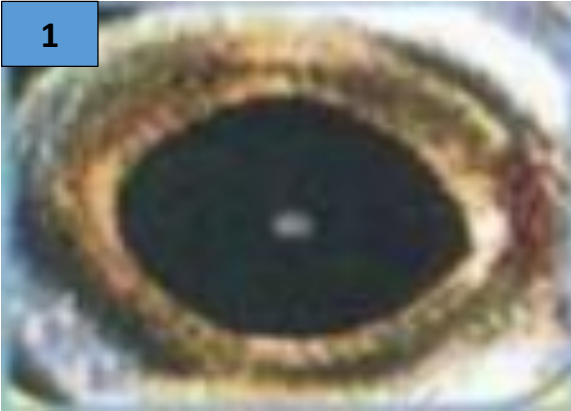
0 = intet å anmerke (normal frisk hud)

1 = antydning /mistanke defekt (skjelltap med antydning til begynnende sår. Eller, lite sår som ikke når ned til muskulaturen)

2 = tydelig skade / defekt (Ett eller flere mindre hudsår som når ned til muskulaturen. Kan gro)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (store åpne sår som ikke er forenelig med god velferd. Gror sannsynligvis ikke)

Velferdsscoring: øyeblakking



Definisjon: en tilstand der linsen i øyet blir blakket/gråere. Når linsen blir grå, vil mindre lys passerer gjennom den slik at fisken får nedsatt syn.

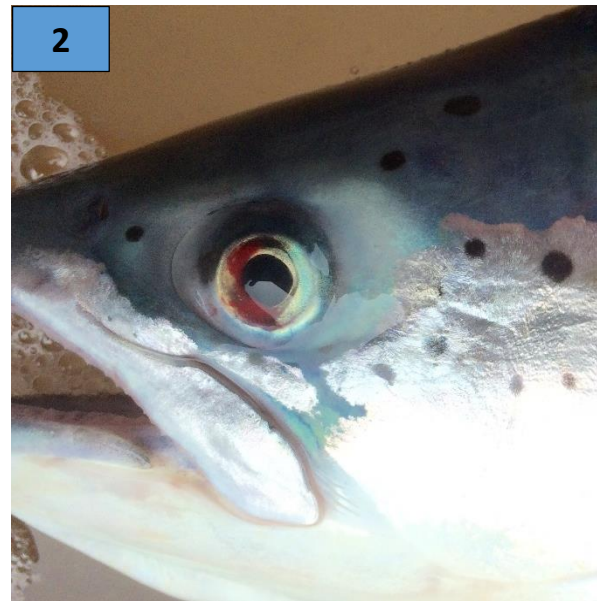
0 = intet å anmerke (normale friske øyne)

1 = antydning /mistanke defekt (opp til 10 % av linsa på det ene øyet er blakket)

2 = tydelig skade / defekt (10-50 % linsa på begge øynene er blakket. Eller, linsa på det ene øyet er fullstendig blakket)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (linsa er fullstendig blakket på begge øynene. Fisken er blind)

Velferdsscoring: øyeblikning/-skade



Definisjon: en tilstand med blødninger i – eller rundt øyet. Verste utfall er punktert øye.

0 = intet å anmerke (normale friske øyne)

1 = antydning /mistanke defekt (En liten blødning eller svak blakking av hornhinnen)

2 = tydelig skade / defekt (større blødninger i øyet eller tydeligere blakking av hornhinnen)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (Store betydelige blødninger og ett eller begge øynene er ødelagt. Irreversible skader, hvor øyet kan være "punktert")

Velferdsscoring: deformitet ryggrad



Definisjon: deformert ryggrad som påvirker fiskens mobilitet eller i verste konsekvens immobiliserer fisken

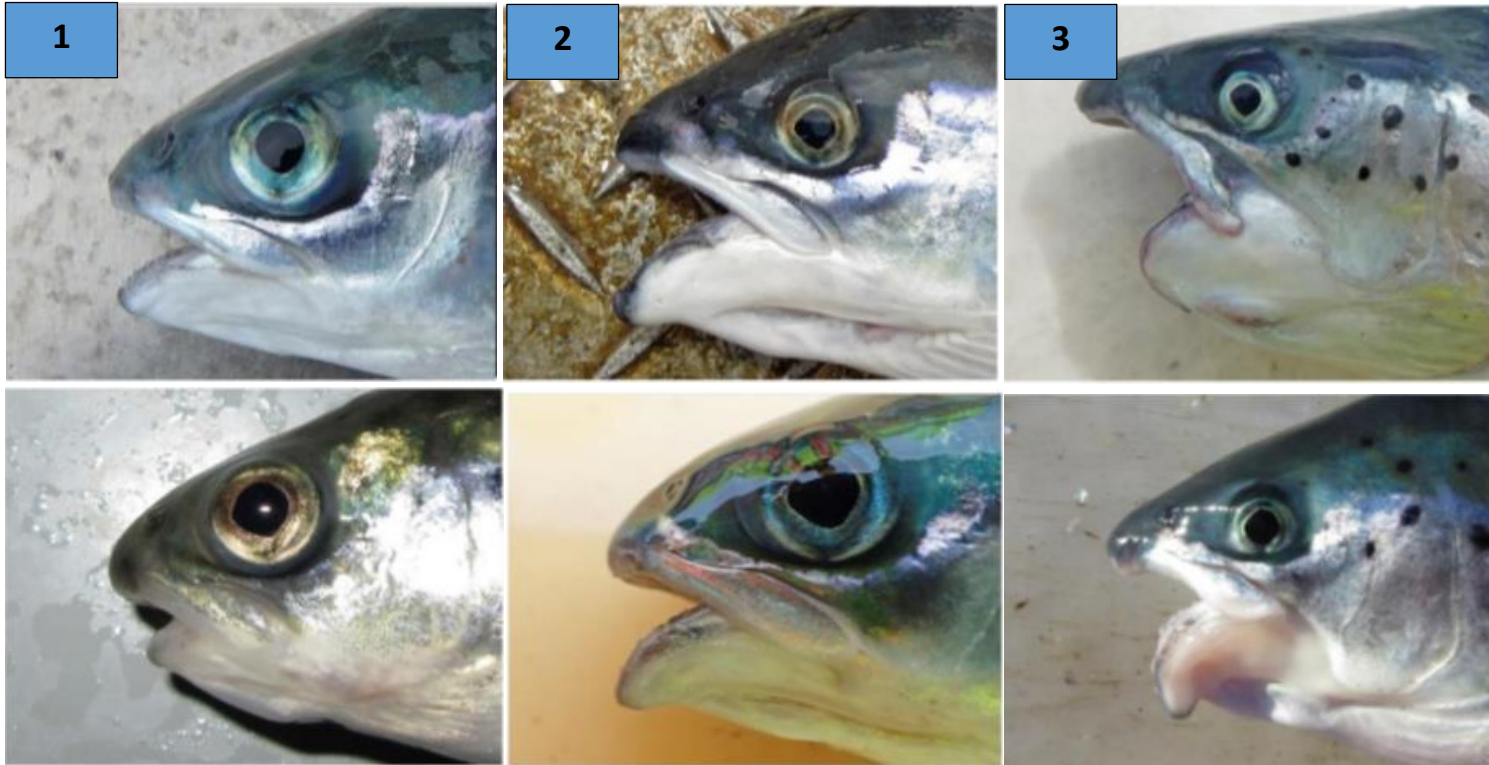
0 = intet å anmerke (normal ryggrad)

1 = antydning /mistanke defekt (mistenker deformitet)

2 = tydelig skade / defekt (tydelig deformitet. Kan påvirke fiskens mobilitet, men ikke nødvendigvis)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (ekstrem deformitet, fisken er tydelig helt eller delvis immobilisert)

Velferdsscoring: deformitet underkjeve



Definisjon: deformert vevsstruktur i underkjeven som påvirker fiskens normale kjevefunksjon

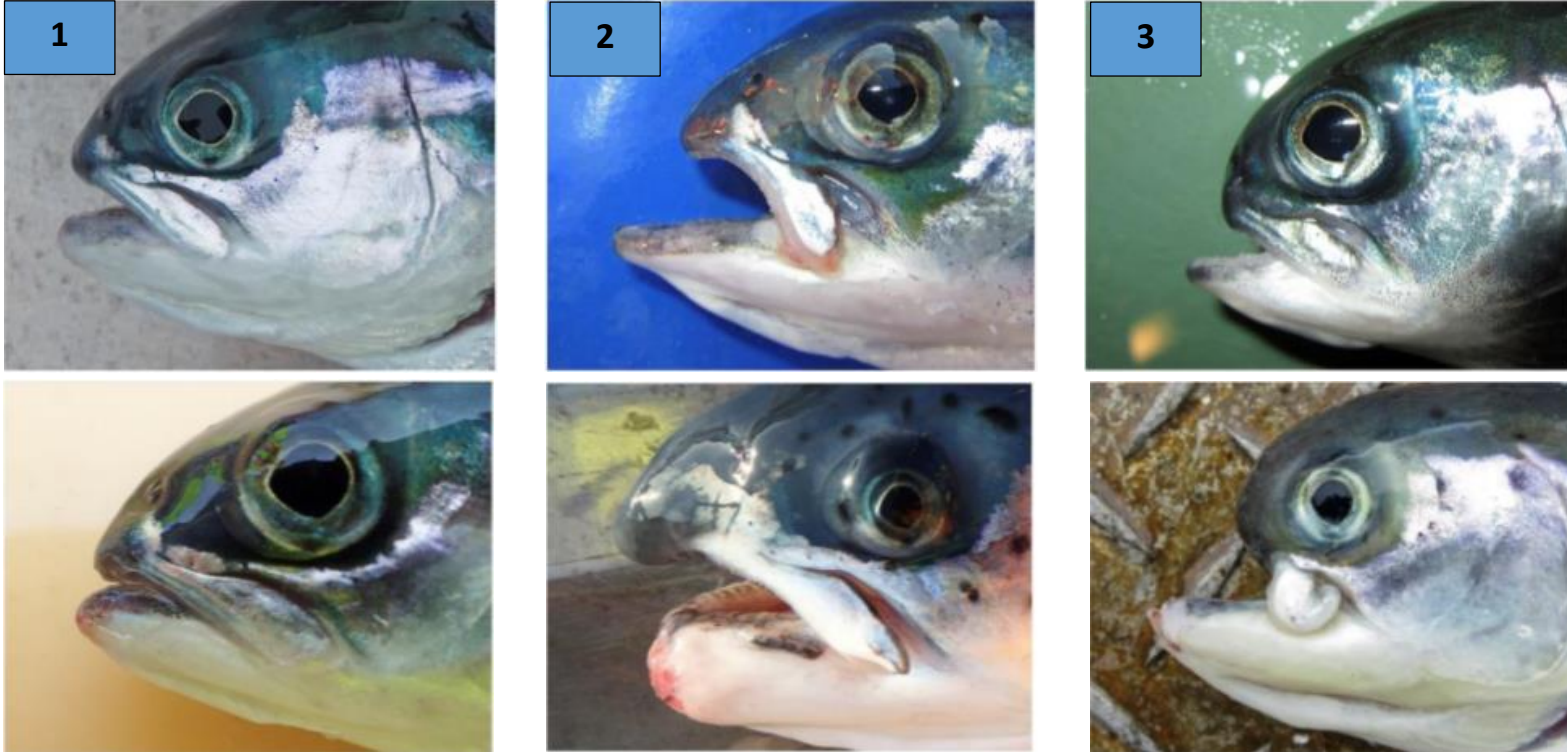
0 = intet å anmerke (normale underkjeve)

1 = antydning /mistanke defekt (mindre deformitet, uten klinisk betydning)

2 = tydelig skade / defekt (større deformitet, ofte sett ved at fisken er moderat underbitt)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (ekstrem deformitet ved at underkjeven er immobilisert, med betydelige sekundær betydning)

Velferdsscoring: deformitet overkjeve



Definisjon: deformert vevsstruktur i overkjeven som påvirker fiskens normale kjevefunksjon

0 = intet å anmerke (normale underkjeve)

1 = antydning /mistanke defekt (mindre deformitet, uten klinisk betydning)

2 = tydelig skade / defekt (større deformitet, ofte sett ved at fisken er moderat kortsnute)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (ekstrem deformitet ved at overkjeven er immobilisert, med betydelige sekundær betydning)

Velferdsscoring: gjellelokkforkortelse



Definisjon: deformert eller helt – eller delvis manglende gjellelokk, som kan påvirke fiskens evne til å pumpe vann gjennom gjellene. Kan blottlegge gjellevevet og sekundært medføre strukturelle ødeleggelser av vevet.

0 = intet å anmerke (normale gjellelokk som dekker gjellevevet fullstendig)

1 = antydning /mistanke defekt (Gjellelokket dekker bare delvis gjellene på en eller begge sider. Gjellevevet er ikke synlig affisert)

2 = tydelig skade / defekt (Gjellelokket dekker bare delvis gjellene på en eller begge sider. Gjellevevet kan være opp til moderat synlig affisert)

3 = betydelig skade, bør avlives pga. skaden (Gjellelokket dekker gjellene delvis eller mangler på en eller begge sider. Gjellevevet er synlig affisert)