

OVERORDNET PLAN FOR BIOSIKKERHET – MULTIGEN GADUS



FORMÅL

Formålet med en biosikkerhetsplan er å ta kontroll over flest mulig faktorer, både i et optimaliserende perspektiv og i et risikoperspektiv, som sammen etablerer forutsetninger som bidrar til å sikre forutsigbar drift som ivaretar både produksjon, oppdrettsfisk, villfiskpopulasjoner, kystmiljø og omkringliggende akvakulturlokaliteter.

- Biosikkerhetsplanens hovedformål er å bidra til en stabil og god produksjon som muliggjør en god ivaretagelse av helse og velferd for torskefisk produsert på plattformer basert på Multigen Akva AS sitt konsept uten at det omkringliggende miljø påvirkes i særlig grad.
- Biosikkerhetsplanen skal danne en helhetlig tilnærming til utfordringer knyttet til fiskens velferd og sikkerhet under hele produksjonsprosessen, fra før inntak av torskkeyngel til et ferdig produkt som slakteklar torsk.
- Biosikkerhetsplanen skal også dokumentere at utfordringene knyttet til alvorlige operative hendelser, alvorlige produksjonslidelser og opptak og spredning av smittestoff og kjønnsprodukter gjennom driften til selskap som opererer på en eller flere plattformer basert på Multigen Akva AS sitt produksjonskonsept er godt utredet.
- Biosikkerhetsplanen skal ivareta anleggets behov for ikke å påvirke omkringliggende akvakulturvirkosomheter i negativ grad i forhold til spredning av smittestoff.
- Biosikkerhetsplanen skal særskilt ivareta anleggets behov for ikke å påvirke omkringliggende gytefelt/gyteområder for torsk i negativ grad i forhold til spredning av genetisk materiale gjennom rømming eller gyting i merd og lokale villfiskstammer gjennom uheldig miljøpåvirkning i nærområdet rundt plattformen.

Denne biosikkerhetsplanen ivaretar de krav som gjeldende lovverk stiller, dokumenterer igangsatte tiltak og ivaretar samtidig hensynet til omgivelsene.

INNHold

FORMÅL	2
OPPSUMMERING	6
Generelt	7
Generelt om oppdrett av torsk i Norge.....	7
Generelt om resirkuleringsteknologi og Multigen-konseptet.....	15
Geografiske forhold	24
Områdebeskrivelse (– utslippspunkt og sjøvannsinntak)	24
MILJØMESSIGE FORHOLD INNENFOR ANLEGGETS NÆROMRÅDE.....	28
B-undersøkelse.....	28
Punktutslippsundersøkelse	32
Strømmålinger ved utslippspunkt	35
Fysiske forhold innenfor anleggets eget driftsområde – anleggskonstruksjon	39
Driftsområdet på plattformene.....	40
Fjerning av agens ved membranfiltrering av sjøvann	41
Prosessanlegg – Beskrivelse av utstyr	43
Biologisk filtrering med sand som filtermateriale og biomedie i RAS anlegg	46
CO ₂ – lufting – pH kontroll	48
Oksygenering.....	50
Slusing	51
Dødfisk og slamsystem.....	53
Generell håndtering av organisk materiale i prosess-systemet (slambehandling)	56
Slam fra RAS anleggene.....	59
Beregning av utslipp fra Multigen	60
Rensing av avløp fra Multigenplattformer	61
driftsmessige forhold	62
Rekruttplattformen	62
Matfiskplattformen	63
Smittebegrensende rutiner og utstyrløsninger	64

Ultrafiolett stråling (UV)	65
Ozon	67
Membranfiltrering.....	68
Planlagte smittebarrierer hos multigen gadus AS.....	70
Membranfiltrering av sjøvann-Operasjon-Virkemåte og dokumentasjon av oppetid	72
Dokumentasjon av oppetid	74
Screening og vaksinerings av torskeyngel	77
Dødfiskhåndtering.....	77
Beredskapsplaner ved akutt høy dødelighet	78
Brakklegging etter endt produksjon.....	78
Oversikt smittebarrierer knyttet til vanninntak sjø.....	78
Barrierer driftsvann.....	79
Barrierer avløpsvann	80
Oversikt over mulige områder for inntak av smitte	80
Vertikal smitte	82
Vannbåren smitte.....	82
Betydningen av smitte via inntaksvann	83
Vektorbåren smitte (mennesker, andre levende organismer og utstyr)	84
Luftbåren smitte.....	84
Smitte med levende innsatsfaktorer (torskeyngel, torskerekutter)	85
Smitte til og fra annen akvakulturvirksomhet.....	87
Mulighet for påvirkning av VILLFISK OG gytefelt eller gyteområder for torsk	89
Kartlegging, risikovurdering og risikominimering knyttet til de viktigste smitemessige utfordringene	90
Utvalgte patogener	92
Listeførte infeksjøs sykdommer	95
Viral hemoragisk septikemi (VHS)	95
Nodavirus VNN/VER	96
Francisellose	96

Håndtering av Kategori F-sykdommer	97
Ikke-listeførte infeksjoner	98
Atypisk furunkulose.....	98
Klassisk vibriose.....	98
Ikke smittsomme helseutfordringer:	99
Taperutvikling.....	99
Tarmlidelser	99
Deformiteter	100
Kjønnsmodning og gyting i merd	101
Kjønnsmodning	101
Gyting i merd.....	104
Plan for overvåking av smittesituasjonen i anlegget.....	106
Plan for opplæring av ansatte	107
Beredskap- og tiltaksplaner	107
Rømming	108
Vannstopp	111
Oksygensvikt	111
H ₂ S.....	111
Syre/base forgiftning.....	113
Nitrogenovermetning.....	113
Massedødelighet.....	114
Velferdsovervåking fiskevelferd drift	114
Avbruddskriterier Fiskevelferd-Drift	116
opptrappingsplan fiskevelferd drift.....	118
Opptrappingsplan for produksjonen.....	118
Relevant prosedyreverk	119

OPPSUMMERING

Multigen Gadus AS ønsker å etablere en lokalitet for produksjon av torsk i Vorfjorden i Moskenes kommune i Nordland fylke. Lokaliteten er gitt navnet Vorfjorden. Lokaliteten vil være den andre omsøkte for selskapet og innebærer oppstarten på et nytt oppdrettskonsept for torsk som har som mål å adressere de viktigste utfordringene knyttet til torskeoppdrett i Norge i dag hva biosikkerhet angår. Konseptet baserer seg på en lukket produksjon om bord på en dobbelvegget stålplattform som er festet til havbunnen med 3 ben. Produksjonssystemet er basert på resirkuleringsteknologi og alt vann som kommer inn og ut fra produksjonen blir membranfiltrert på en slik måte at ingen kjente fiskepatogene bakterier, virus eller parasitter hverken kommer inn eller ut av produksjonsenheten. Dette gjelder også for evt. kjønnsprodukter som melke og rogn. Alt av slam og organiske partikler fra produksjonen vil bli samlet opp og sendt til videreforedling.

Det valgte produksjonskonseptet gjør det mulig å kontrollere både lysforhold, vannbevegelse og vanntemperatur gjennom hele årssyklusen og gjør det mulig å kjøre 10 grader som driftstemperatur alle måneder i året hvis ønskelig. Konseptet skal levere løsninger for å produsere torsk i to ulike segmenter. En rekruttplattform som tar imot en torskeyngel på rundt 100 gram og fører denne frem til rundt 500 gram i størrelse og en matfiskplattform som mottar denne rundt 500 gram store torsken og fører den frem til ønsket slaktestørrelse. Produksjonen i Vorfjorden vil gradvis bygges opp til et komplett produksjonssystem for torsk og vil da bestå av en rekruttplattform og fire matfiskplattformer.

Årsaken til at det er besluttet å gjøre denne delen av produksjonen til sjøs om bord på en plattform og ikke på land, er at dette konseptet ikke bare reduserer etableringskostnader og driftskostnader i forhold til en tilsvarende landbasert drift, det ivaretar også miljøet både på land og i sjø på en bedre måte enn det som er tilfellet i dag. En plattform i sjø representerer et reversibelt tiltak som kan flyttes eller fjernes eller resirkuleres på en helt annen måte enn for eksempel rene landbaserte løsninger som innebærer større og irreversible naturinngrep.

På bakgrunn av vurderinger av smitterisiko mellom oppdrettstorsk og villtorsk samt oppdrettstorsk og oppdrettslaks og øvrige planlagte smitteforebyggende tiltak, er det Multigen Gadus AS sin oppfatning at den planlagte etableringen på lokaliteten Vorfjorden til bruk for torsk er biosikkerhetsmessig forsvarlig. Etableringen innebærer et paradigmeskifte i forhold til påvirkning av omgivelsene. Dette gjelder ikke bare i forhold til sykdomsfremkallende organismer, men også hva miljøet angår. Kun små mengder nitrogen vil slippes ut til omgivelsene og ingen kjente patogener eller kjønnsprodukter som kan påvirke omgivelser, ville torskestammer, annen villfisk eller annen oppdrettsfisk vil slippes ut.

GENERELT

Formålet med denne biosikkerhetsplanen er å bidra til en stabil og forutsigbar produksjon med få avbrudd og få episoder med dødelighet grunnet hendelser, prosessvikt og sykdom.

Biosikkerhetsplanen skal blant annet dokumentere at utfordringene knyttet til opptak og spredning av smittestoff gjennom nyetableringen basert på konseptet til Multigen Gadus AS på 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 akvakulturvirkksomheter. Den skal også utgjøre et beslutningsgrunnlag knyttet til fornuftige tiltak mot viktige hendelser av driftsmessig art, knyttet til fiskevelferd, vannkvalitet og mer prosessstekniske 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 torsk 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 innsett av yngel til ferdig produsert sluttprodukt som slakteklar torsk. Den er med andre ord sterkt knyttet til den driftsplan som er etablert og har i enkelte tilfeller vært førende for viktige veivalg.

GENERELT OM OPPDRETT AV TORSK I NORGE

Norge har mange naturlige fortrinn for oppdrett av fisk og fangstbasert akvakultur, både rødfisk og hvitfisk. De naturlige fortrinnene er knyttet til miljø og rent hav, men også til kapital og kunnskap. Forskningsmiljøene er på mange områder i fremste klasse, og teknologisk og biologisk er Norge den førende nasjonen på verdensbasis. Norge har også noen av de sterkeste produsent- og støttefunksjonsmiljøene i landet. Den ferske torsken er verdensberømt, og den har hatt en avgjørende samfunnsmessig betydning for utviklingen langs hele norskekysten. Grunnlaget for oppdrett av torsk ble lagt for over 120 år siden da G.M. Dannevig ved Flødevigen havforskningsstasjon startet med klekking av torskerogn og utsetting av larver. Denne aktiviteten ble

videreført frem til 1971 med årlige utsett av rundt 20-400 mill. larver. På Dannevig's tid ble det også vist at det var mulig å produsere torskeyngel ved startfôring med naturlig plankton i store bassenger. Et gjennombrudd i så måte var at det i 1983 ble masseprodusert torskeyngel (75 000 yngel) i ekstensive pollsystemer. Her var føden for torskelarvene naturlig dyreplankton. På slutten av 1980-tallet ble det vist at yngel av torsk og annen marin kaldtvannsfisk kunne oppdrettes intensivt ved bruk av dyrkede og anrikede levendefôr-organismer. Kommersiell torskeyngelproduksjon basert på en slik intensiv metode ble etablert tidlig på 90- tallet i BP Nutrition sitt anlegg i Bessaker i Sør-Trøndelag, men dårlige markedsmuligheter gjorde at aktiviteten ble avsluttet etter noen få år. Av flere årsaker ble interessen for oppdrett vakt på ny i 1998 og i perioden 2000-2009 ble det gjort store fremskritt i kommersialisering av intensiv yngelproduksjon av torsk, og den intensive metoden ble hurtig gjeldende for kommersiell torskeyngeloppdrett. Det ble investert store summer i forskning og utvikling knyttet til torskeoppdrett og store nasjonale forskningsprosjekt ble gjennomført. Flere yngelanlegg utviklet en relativt forutsigbar produksjon, og allerede i 2008 ble det produsert over 24 mill yngel, derav 23 etter intensive metoder. Det ble investert over 3 milliarder kroner i torskeoppdrett fra 2002 til 2010. Fra 2000-2008 ble det omsatt for ca. 1 milliard kroner førstehånds fra produsent av oppdrettstorsk/oppfôret torsk. Fra statlig hold ble det gitt solid støtte til torskeoppdrett og fra de første bevilgningene kom i statsbudsjettet for 2002 og fram til 2010, hadde myndighetene investert nesten 1 mrd. kroner i FoU og støttefunksjoner for å utvikle torskeoppdrett i Norge.

Matfiskproduksjonen vokste gradvis i perioden 2000-2010 og i 2008 ble det solgt oppdrettstorsk i et volum på 13 500 tonn rund vekt. Omfanget av fangstbasert akvakultur av torsk har variert over tid. På 90-tallet ble det utviklet flere teknologiske nyvinninger som gav økt overlevelse, velferd og lønnsomhet i næringen. De viktigste var føringsrom med vanntilførsel fra undersiden (1992), flatbunns- merder for restitusjon (1994) og mer skånsom ombordtakingsteknologi. I denne perioden ble dødeligheten etter overføring fra fartøyets transporttank til merd redusert fra nær 50 prosent til tre prosent eller mindre. Fangstbasert akvakultur lå nede i årene 1995-2001 pga. liten merverdi i levering av levende råstoff. Virksomheten fikk fornyet aktualitet som følge av innføring av fartøykvoter i torskefiskeriene, der aktørene ønsket å maksimere verdien av den tildelte kvoten gjennom å kunne levere deler av fangsten levende. I en periode fikk man også en kvoterabatt på 20 prosent på levendefangst for oppføring. De siste årene har 1000-2000 tonn torsk blitt lagret levende hvert år.

Prisen på oppdrettstorsken hadde imidlertid allerede i 2006 begynt å dale og produksjonskostnadene økte i samme periode. Dette førte til økonomiske utfordringer for flere oppdrettere og året 2008, med en global finanskriser, ble starten på slutten av andre bølge av det norske oppdrettstorskeventyret. Uavhengig av dette ble det imidlertid bevilget midler til en rekke forskningsprosjekt som skulle vare lengre enn det skulle vise seg at norsk torskeoppdrett gjorde.

Samtidig med starten på den andre bølgen i norsk torskeoppdrett besluttet norske myndigheter i 2002 å etablere et nasjonalt avlsprogram for torsk. Målet var å avle fram en oppdrettstorsk med

bedre vekstegenskaper enn villtorsk, og som hadde høyere resistens mot fiskesykdommer. Oppgaven ble gitt til Nofima, som siden oppstarten i 2003 har drevet et nasjonalt avlsprogram for torsk, med hovedbase på Kraknes utenfor Tromsø. Nofima er et ledende forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. De første årene etter oppstarten, var trua på og forventningen til torskeoppdrett stor. På det meste var det 15 yngelanlegg for torsk rundt om i landet. Til sammen produserte oppdrettsanleggene 19 000 tonn spiseklar torsk i året. Den positive utviklingen stoppet som nevnt imidlertid brått i 2008. Deler av produksjonen var fortsatt ikke godt nok utviklet og i tillegg kom finanskrisen. I 2014 var det slutt på kommersielt torskeoppdrett i Norge. Tidlig og midt på 2000-tallet drev over 30 aktører med oppdrett av torsk i Norge. Det var flere rene torskeoppdrettere, men også lakseoppdrettere som Marine Harvest (i dag Mowi) og Grieg Seafood produserte torsk. Torsk var i utgangspunktet en ny art for oppdrett, og ikke domestisert på samme måte som laksen. Det var en rekke biologiske utfordringer med produksjonen. Samtidig var det en kraftig økning i torskebestanden i Barentshavet med påfølgende økte kvoter og lave torskepriser. Da finanskrisen kom i 2008 ble dette i sum en dødelig cocktail for torskeoppdretterne, som tidvis hadde en produksjonskostnad over dobbelt så høy som salgsprisen. Ett etter ett gikk selskapene konkurs. Dagens Næringsliv meldte i 2009 at samlet tap for norske torskeoppdrettere var over 1 milliard kroner. Selskapet Codfarmers var det største selskapet, og var notert ved Oslo Børs. Etter lange perioder med tap, gjeldsakkord og nedskalering av drift ble selskapet delt opp, avviklet og strøket fra børsen i 2013. Dette markerte avslutningen på den andre torskebølgen.

Tross konkurser og en næring med brukket rygg, har forskningsinstituttet Nofima holdt liv i en gruppe stamfisk av torsk som de har avlet videre på. Dette har også selskapet Havlandet Marin Yngel i Florø gjort. Selv om de mistet kundene sine, fortsatte altså to av aktørene i avlsprogrammene for torsk sitt arbeid. Det ene i regi av INC Invest-eide Havlandet Marin Yngel AS i Florø, det andre i statlig regi hos Nofima i Tromsø. I dag avler miljøet i Florø på åttende generasjon stamfisk, mens Nofima har kommet til syvende generasjon. Begge avlsprogrammene melder det samme: Torsken har blitt et husdyr med vesentlig forbedret vekst, og har ikke lenger det samme behovet for å utforske rømmingsmuligheter eller å bedrive kannibalisme som øverste prioritet.

De viktigste utfordringene som til slutt førte til at oppdrettstorsk som næring i praksis forsvant var;

- 1) Kapitaltilgang og finansieringsordninger: Oppdrett er kapitalkrevende selv når omfanget er begrenset. Dette gjelder også fangstbasert akvakultur. Det er alltid svært viktig med styrking av finansieringsordninger som sikrer at næringen kan utvikle seg videre inntil større grad av forutsigbarhet og lønnsomhet oppnås.
- 2) Fiskehelse: Torsk er en ny oppdrettsart og det er flere bakterielle sykdomsutfordringer som man per i dag ikke har vaksiner mot. Francisellose og flere andre sykdommer hos torsk har vist seg å bli svært tapsbringende i oppdrett. Det er kritisk for næringen at det etableres behandlingsstrategier eller vaksiner som reduserer risikoen for slike sykdommer.

- 3) Styrket markedsstrategi: Siden oppdrettstorsk må konkurrere mot villfanget torsk er det viktig å styrke markedsstrategien for fersk torsk på helårsbasis. Dette går blant annet på markedsinformasjon, navn, produktegenskaper, geografiske forskjeller, forbrukerinnsikt, merking med mer.
- 4) Kjønnsmodning: Den absolutt største utfordringen som rammet torskeoppdrett i første runde var store biomassetap knyttet til kjønnsmodning. Det har vist seg vanskeligere å hindre kjønnsmodning hos torsk enn hos laks. Biomassetapet og kostnaden ved kjønnsmodning var betydelig, og det var hunntorsken som ble mest rammet. Lidelsen ble kalt verpenød og førte til stor dødelighet for hunntorsken i forbindelse med kjønnsmodningen. Kjønnsmodning generelt blir også sett på som et problem i forhold til spredning av rogn og genetisk materiale til omgivelsene. Det er derfor fortsatt av overordnet viktighet å utarbeide effektive strategier for å unngå kjønnsmodning og øke forutsigbarheten i produksjonen av oppdrettstorsk.
- 5) Settefisk-kvalitet: Selv om kvaliteten på yngel og settefisk bedret seg betydelig fra 2006-2013, så er det fremdeles en oppfatning at den var for variabel og for dårlig.
- 6) Fôr og fôring: Torsk er en utpreget måltidsspiser og den er avhengig av et fôr som tilfredsstiller dens behov for substans for å stimulere mage-tarmtrakten på best mulige måte. I første runde med torskeoppdrett var tarmlidelser den viktigste dødsårsaken under normal drift. Det må bygges ytterligere kunnskap om marine råvarer, fôrsammensetning, konsistens og alternative fôrråvarer og deres betydning for tarmhelse, vekst, fôrutnyttelse, utvikling, mattrygghet og bærekraft.

I dag ser vi konturene av en ny oppstart av norsk torskeoppdrett som kystnæring. Flere aktører har tatt i bruk avlsmaterialet fra de to ledende avlsmiljøene Havlandet Marin Yngel og Nofima, og satt ut oppdrettstorsk på flere sjølokaliteter. Blant pionerne i denne tredje oppdrettsbølgen er selskapene NorCod, Ode, Kime Akva og Vesterålen Havbruk. NorCod er et av de selskapene som er kommet lengst og slaktet høsten 2021 fra sin første lokalitet i samarbeid med Namdal Torsk. De produksjonene som så langt er utslaktet, har vist at torsken vokser raskere og at det er god fiskevelferd og lav dødelighet. Etter en produksjonstid på 15 måneder ble slaktevekt nådd og man mistet kun drøye 6 % av beholdningen fra innsett til oppstart slakt på begge lokaliteter. En rekke andre selskaper har satt ut torsk i perioden 2022-2024 med varierende resultater, men slaktevolumet er økende og i 2024 ble det slaktet omtrent 14 700 tonn. I 2024 var det satt ut 4,8 millioner torsk som er rundt 28 prosent økning (en million flere fisk) sammenliknet med 2023 (Fiskeridirektoratets biomassestatistikk hentet 28.01.2025). Disse omtalte produksjonene har så langt gått svært bra i sjøfasen uten de store helseutfordringene. Dette er gode feltbevis for at det har vært en betydelig avlsmessig fremgang siden forrige oppdrettsrunde. Med dagens avlsmateriale tar det rundt seks måneder fra klekking av den 4,5 mm lange og sårbare torskeyngelen til den er rundt 20-30 gram og er klar for sin første påvekstperiode frem til den når rundt 100 gram og settes i merder i sjøen. Etter 15-18 måneder i sjøen er fisken slakteklar. Det tar altså cirka to og et halvt år etter klekking å oppnå slaktevekt på tre kilo.

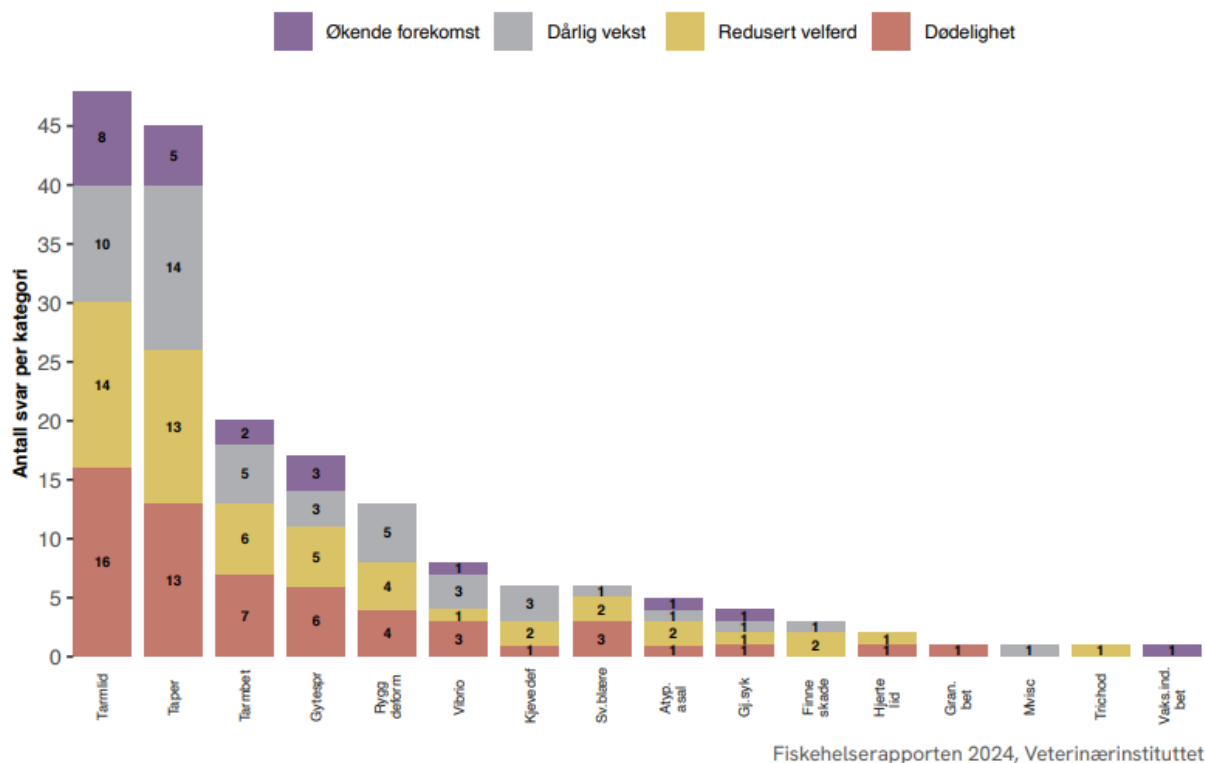
Vi er nå i en tredje «torskeboom» i norsk oppdrettsnæring hvor en rekke selskaper, blant dem Norcod AS, Ode AS og Vesterålen Havbruk satser på oppdrett av torsk. Arealutfordringer langs norskekysten gjør imidlertid etablering av nye lokaliteter for torsk utfordrende. En stor del av kystarealet er tatt i bruk til oppdrett av laks, slik at det er vanskelig å få innpass for andre fiskearter. Hvis egnede lokaliteter identifiseres, er det nødvendig med vurderinger av risiko knyttet til spredning av sykdommer mellom torsk og laks i oppdrett. Når det gjelder lokaliteten Vorfjorden, så er dette en lukket lokalitet hva inntak og utslipp av patogener og kjønnsprodukter angår. Dette gjør at vanlige biosikkerhetsmessige utfordringer ikke er aktuelle. Lokaliteten er plassert i Nord Norge i en del av Norge hvor det er mindre enn en håndfull aktive torskelokaliteter.

Erfaringene fra den økte aktiviteten knyttet til oppdrettstorsk de siste tre årene, basert på de nye avlsgenerasjonene når det gjelder fiskehelse, fiskevelferd og biosikkerhet, har vist at det er gjort store fremskritt på flere av de områdene som førte til at den andre bølgen med torskeoppdrett i Norge stoppet opp. Begge avlsmiljøene kan vise til en jevnere og bedre kvalitet på yngelen, noe som gir mindre deformiteter og færre problemer knyttet til utvikling av taperfisk. Den viktigste enkeltfaktoren er imidlertid at torsken vokser hurtigere. God tilvekst gjennom hele livssyklusen til torsken gjør det mulig å korte ned på omløpshastigheten til produksjonen og gjennomføre en produksjon i sjø uten å måtte gå gjennom kjønnsmodningsprosessen mens torsken er i en såpass stor størrelse at de fleste individene kjønnsmodner. Tidligere har dette ikke vært mulig, da produksjonen i sjø tok over 2 år. Nå er man nede i en produksjonstid på 15-18 måneder. Dette muliggjør en produksjonsplan hvor de meste av torsken er for liten til å kjønnsmodne første vinteren i sjø og at den blir slaktet ut før den rekker å gå inn i kjønnsmodningen andre vinteren i sjø. Dette var en av hovedårsakene til at det ikke var mulig å drive med torsk på en økonomisk gunstig måte i perioden 2000-2013. Da ble nesten all torsk kjønnsmoden siste vinteren i sjøen med det som resultat at svært mye hunnfisk døde av verpesjuka og resten av fiskegruppen mistet betydelig biomasse til produksjon av kjønnsprodukter. Denne biomassen måtte møysommelig og dyrt bygges opp igjen før slaktning igjen var aktuelt og da ble resultatet forlenget produksjonstid og en produksjonskostnad som ble for høy i forhold til den prisen markedet var villig til å betale.

Kjønnsmodningsproblematikken kan altså med dagens avlsmateriale løses gjennom et økt søkelys på utsettstidspunkt, størrelse ved overføring til sjølokalitet og et tilpasset slaktetidspunkt. Selve kjønnsmodningsprosessen er fortsatt en utfordring for næringen også når det gjelder de siste avlsgenerasjonene, men det kan se ut som om den slår inn noe mindre i styrke og at den rammer færre individer enn før. Bruken av lys i sjøfasen for å unngå eller redusere kjønnsmodningen er fremdeles under utprøving og viser så langt varierende resultater. Erfaringer fra sesongen 2022/2023 og 2023/2024 viser at dette er en utfordring som alle aktørene ennå ikke har lyktes i å få under tilfredsstillende kontroll.

Biosikkerhetsproblematikken i torskeoppdrett er krevende. Det er kun to torskerognprodusenter og få stamfisk- og yngelanlegg. Det er tett kontakt med villfisk i sjøanlegg, manglende særkrav som omhandler for eksempel flytting/transport, brakkleggingsgrupper og lovpålagte screeningprogram for sykdommer. Regjeringen nevner som tiltak i dyrevelferdemeldingen som kom i 2024 at de skal

«oppretholde et godt smittevern og effektive tiltak mot smittsomme sykdommer». Det trengs tett myndighetsoppfølging inkludert regelverksutvikling for å unngå store velferdskonsekvenser for oppdrettstorsken og for å forvalte de nye risikobildene. Torsken har en annen anatomi og andre behov sammenliknet med laksefisk, og i matfiskfasen oppdrettes den i tett kontakt med ville artsfrender. Det er viktig at drift og smitteforebyggende tiltak er tilpasset dette. Selv om det er andre biosikkerhetsmessige utfordringer knyttet til torsk enn laks, så er det også gjort klare fremskritt for torsken.



Figur 1: Figuren over viser resultatet fra spørreundersøkelsen hos fiskehelsepersonell og inspektører i Mattilsynet i forbindelse med Fiskehelserapporten 2024. Respondenter som hadde oppgitt å ha tilsyn med matfisk torsk, ble bedt om å sette kryss ved de fem viktigste problemene fra en liste på 29 ulike helseproblemer, ut ifra om disse etter deres oppfatning fører til økt dødelighet, dårligere vekst, redusert velferd eller er et tiltagende problem (økende forekomst).

Rent helsemessig viser undersøkelser og datainnhenting at det stort sett er de samme dødsårsakene som dominerte i forrige torskebølge som er fremherskende i dag også. Tarmlidelser, taperutvikling og kjønnsmodningsproblematikk dominerer dødfisktallene, som erfarte en stor økning fra rundt 13 % i løpet av et år både 2022 og 2023 til 22,2 % for torsk i matfiskfasen i 2024.

Utvikling av vaksiner til havbruksnæringen er viktig for samfunnet og har vært avgjørende for laks som oppdrettsart. Vaksiner er et forebyggende biosikkerhetstiltak som sparer fisk for sykdom, plager og smerter. Vaksiner øker samtidig forutsigbarheten og bidrar til en mer stabil økonomisk produksjon og utvikling av næringen. Ved oppstart av nye oppdrettsarter er det ofte de bakterielle

infeksjonene som er mest toneangivende og som påfører fisken og næringen de største tapene. Det har derfor vært av stor betydning at det utvikles vaksiner som beskytter fisken og næringsaktørene mot slike hendelser. Bakteriesykdommen Francisellose ble under den andre runden med torskeoppdrett ansett som det største sykdomsproblemet. Dette er en kronisk sykdom som i tillegg til økt dødelighet fører til nedsatt tilvekst og nedklassing på slaktelinjen. Fiskens almenntilstand svekkes betydelig og torskens blir mer mottakelig for andre sykdommer som vibriose, atypisk furunkulose og viral nervevevsnekrose (VNN). Det var som figuren under viser de bakterielle sykdommene som dominerte sykdomsbildet på torskens tidlig på 2000-tallet og svært få viruslidelser. Det ble påvist Francisellose på en torskelokalitet i Midt Norge i 2024, noe som understreker alvorlighetsomfanget denne sykdommen bringer med seg for torskeoppdrett.

Tabell 1: Oversikt over antall torskelokaliteter med påviste virus og bakteriesykdommer i perioden 2005-2010. Kilde: Fiskehelsesrapporten 2010

Tabell 1. Oversikt over antall torskelokaliteter med påviste virus- og bakteriesykdommer.						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
IPN	IP	IP	IP	IP	IP	IP
VNN (nodavirus)	IP	3	6	3	1	IP
Atypisk furunkulose	3	13	9	16	16 **	5
Francisellose	4	7	8	14	8 **	3
Vibriose (<i>V. ang.</i>)	18	19	19	20	16	6
Kaldtvannsvibriose (<i>Vibrio (Aliivibrio) salm.</i>)	2	IP	1	1	3	1
Infeksjon med <i>Vibrio ordalii</i>	1	IP	3*	IP	IP	IP
Infeksjon med <i>Vibrio (Aliivibrio) logei/V. logei</i> liknende	2	1	2	IP	1	2
Infeksjon med <i>Vibrio splendidus</i>	IP	IP	IP	3	2	1
Infeksjon med <i>Photobacterium</i> sp.	3	3	6	4	5	1
Infeksjon med <i>Moritella viscosa</i>	1	2	IP	IP	1	IP

IP - ikke påvist
 * Påvist i renkultur i et tilfelle og som blandingsinfeksjon med *V. anguillarum* O2 biotype II i to tilfeller. IP - ikke påvist
 ** Atypisk furunkulose og francisellose påvist på samme lokalitet/utbrudd i ett tilfelle

Vi har siden oppstarten av torskennæringen tidlig på 2000-tallet hatt noen få vaksiner som delvis har beskyttet torskens mot utbrudd av de bakterielle sykdommene. Graden av beskyttelse var imidlertid ikke optimal og av kort varighet. I tillegg ble vaksinene gradvis faset ut og spisset mot andre oppdrettsarter som f.eks. rognkjeks, da den andre oppdrettsbølgen for torsk var over. Det finnes i dag kun autogene vaksiner som beskytter mot sykdommene vibriose og atypisk furunkulose hos torsk. Disse autogene vaksinene ser imidlertid ut til å beskytte betydelig bedre mot de viktigste bakterielle sykdommene enn de vaksinene som var tilgjengelige under den siste torskebølgen. Det er imidlertid fremdeles slik at det ikke er utviklet vaksiner som beskytter fisken mot for eksempel sykdommen Francisellose. Dette er en klar svakhet med tanke på at denne sykdommen forårsaker store biosikkerhetsmessige utfordringer for de selskapene som drev med torsk i midt- og Sør-Norge i perioden 2005-2013.

Historisk forelå det som nevnt kun torskevaksiner som beskyttet mot sykdommene vibriose og atypisk furunkulose. Disse regulære vaksinene ble imidlertid trukket fra markedet da torskennæringen forsvant i 2013. I dag benyttes det kun autogene oljebaserte vaksiner. Disse vaksinene er utbedret og

gir i dag en betydelig bedre beskyttelse mot utbrudd av sykdommene enn det som var tilfellet ved forrige produksjonsperiode. Siden oppstarten av den tredje bølgen i 2020 har det ikke vært registrert tydelige utbrudd av sykdommene vibriose og atypisk furunkulose. Dette er et bevis for at dagens oljevaksiner er betydelig bedre enn de vannbaserte vaksinene man hadde i forrige torskeperiode fra 2002 til 2013.

Autogene vaksiner er i dag altså den eneste typen vaksiner som tilbys torskenæringen. Autogene vaksiner er spesialproduserte vaksiner som inneholder bakterie- eller virusstammer fra enkeltanlegg eller fra syk fisk i et avgrenset geografisk område. Dette innebærer at det tas ut bakterieutstryk fra syk fisk fra en spesifikk lokalitet. Bakterien dyrkes, indentifiseres og brukes til å lage en skreddersydd vaksine til det aktuelle oppdrettsanlegget. Autogene vaksiner skal bare brukes når kommersielle vaksiner ikke er tilgjengelig eller ikke gir tilstrekkelig beskyttelse. En autogen vaksine vil i mange tilfeller kunne være den beste og riktige løsningen mot sykdom i et oppdrettsanlegg. Autogene vaksiner er et godt alternativ dersom eksisterende vaksiner ikke gir forventet effekt, eller at sykdom forårsakes av varianter av bakterier og virus det ikke finnes regulære vaksiner mot. Statens Legemiddelverk har klare retningslinjer for å godkjenne søknader for autogene vaksiner.

Det finnes ennå en del lidelser som ikke er av infeksjøs art, men som må sees på som produksjonslidelser. En av disse utfordringene er tapersyndrom og en annen er tarmlidelser av ulik art og type. Fiskehelsetjenestene meldte under andre torskeoppdrettsperiode mellom 2000-2013 at det var store problemer med diverse tarmlidelser hos oppdrettstorsken. I anlegg uten sykdom utgjorde slik fisk om lag halvparten av dødfisken totalt. Det ble sett forskjellige typer forandringer, bl.a. glasstarm, tarmbetennelse, invaginasjoner, tarmslyng og kraftig utspilt tarm. Ifølge fiskehelsetjenestene til de selskapene som nå driver med torskeoppdrett igjen, så er det fortsatt slik at ulike tarmlidelser dominerer blant dødfisken under normal drift.

Multigen Gadus AS skal fremføre torskeyngel fra en størrelse rundt 100 gram til slaktevekt. Multigen-konseptet i seg selv skal gjøre fisken mindre utsatt for sykdommer gjennom hele produksjonskjeden. Multigen Gadus AS ser det som svært avgjørende for helseutviklingen til fisken på plattformen at torskeyngelen som overføres er sykdomsfri og at den ikke er bærer av mange sykdomsagens som kan slå ut i sykdom etter at den er satt ut på plattformen. Yngelens bærerstatus vil i sum bety mer for risikoen for utvikling av sykdom i fiskegruppen enn påvirkninger fra omgivelsene. Membranfiltreringen og UV av alt inntaksvann og avløpsvann på plattformen vil effektivt fjerne risikoen knyttet til denne delen av produksjonen både for torsken på de ulike plattformene og villfisken om måtte være i nærmiljøet rundt plattformene.

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 torsk generelt og den valgte produksjonsplan spesielt, i forhold til de utfordringer man kan komme til å støte på.

GENERELT OM RESIRKULERINGSTEKNOLOGI OG MULTIGEN-KONSEPTET

Resirkuleringsteknologien har de siste 15 - 20 årene blitt tatt stadig mer i bruk i norsk fiskeoppdrett og internasjonalt. I takt med økende utfordringer knyttet til alvorlige smittsomme sykdommer og 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. Dette har imidlertid ikke løst de utfordringene som næringen som helhet sliter med i sjøfasen. Multigen Akva AS har derfor flyttet den landbaserte teknologien til et lukket anlegg i sjø. Denne teknologien passer også godt til produksjon av torsk hvis vi ser på denne artens behov i forhold til oppdrettsmiljø og biosikkerhet.

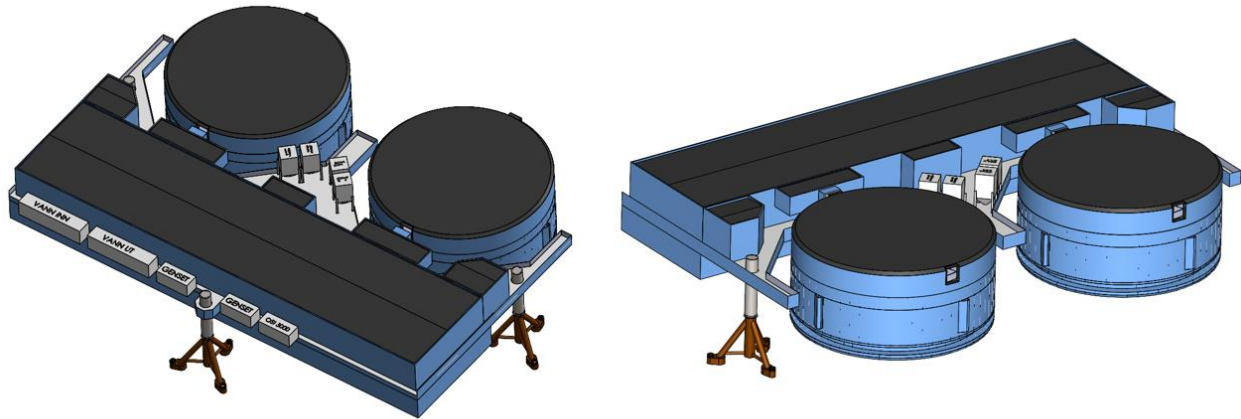
Multigenkonseptet baseres på en etablering av komplette produksjonssystemer som tar torskeyngelen fra 100 gram og opp til slaktevekt gjennom to ulike typer produksjonsplattformer. Det er utviklet to forskjellige plattformer for drift. Et komplett produksjonssystem består av en rekruttplattform og fire matfiskplattformer som er nøye designet for optimale biologiske forhold for torsk og logistikk slik at disse plattformene utfyller hverandre med henblikk på optimalt bruk av utstyr, vann og areal. Disse plattformene etableres gradvis etter som produksjonen bygges opp.

Ekstern torskeyngel leveres til rekruttplattformen når den er rundt 100 gram i snittvekt. Rekruttplattformen består av to tanker på hver 5 000m³ volum med et produksjonspotensial på fire batcher torskeyngel per år på 1.1-1.3 millioner 500 grams fisk. Totalt skal det flyttes over 1-1.1 millioner fisk over i matfiskplattformen. I denne prosessen er det mulig å ta ut den delen av biomassen som ikke er egnet til videre oppdrett. Matfiskplattformen som er bestående av en flåte, en produksjonstank på 25 000m³ og en ventetank er laget for et fortløpende uttak av fisk fra tanken gjennom produksjonen. I løpet av en syklus på litt under ett år vil det være over 3600 tonn med matfisk som kommer ut av hver matfiskplattform og rett til markedet. Ved bruk av sorteringssystemet og ventemerden kan en matfiskplattform sende fisk ut til markedet hver 14. dag.

En matfiskplattform tilsvarer 8-12 oppdrettstanker på land med et samlet tankvolum på rundt 45-50.000 m³ noe som er det dobbelte sammenlignet med en matfiskplattform basert på Multigen sitt konsept. På plattformen unyttes vannet dobbelt så effektivt og trenger bare 1/5 av arealet og bare en oppdrettstank. Når dette sees i sammenheng, ser man reduserte kostnader og energiforbruk sammenlignet med landbasert produksjon. Multigen produserer mer med bruk av mindre, også areal.

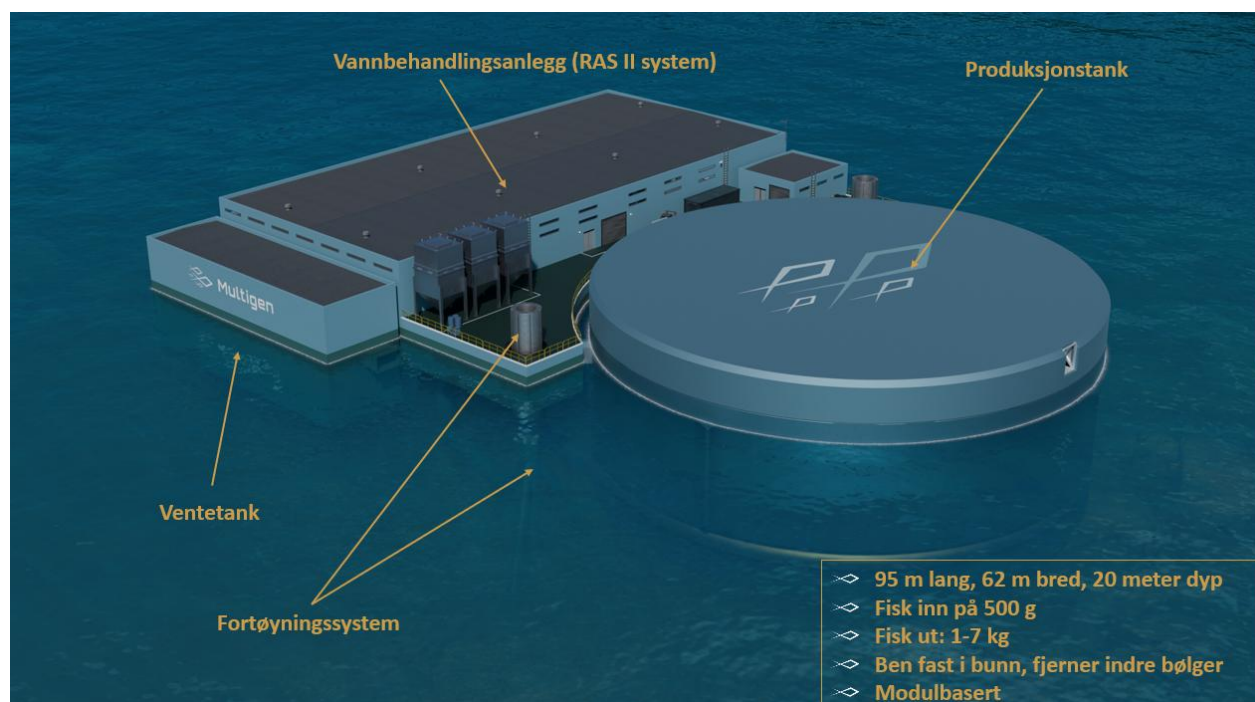
I snitt benyttes det 96.000 m² overflateareal for hvert anlegg i Norge. I tillegg har mattilsynet veiledende minimumsavstander mellom anleggene på henholdsvis 2,5 km og 5 km. Lokalteter med

avstander under 5 km må operere innenfor samme produksjonssone. Betydningen av dette er at utsett, sykdomsutfordringer og slakt må koordineres og samkjøres.



Figur 2: Skissene viser rekruttplattformen med sine to oppdrettstanker.

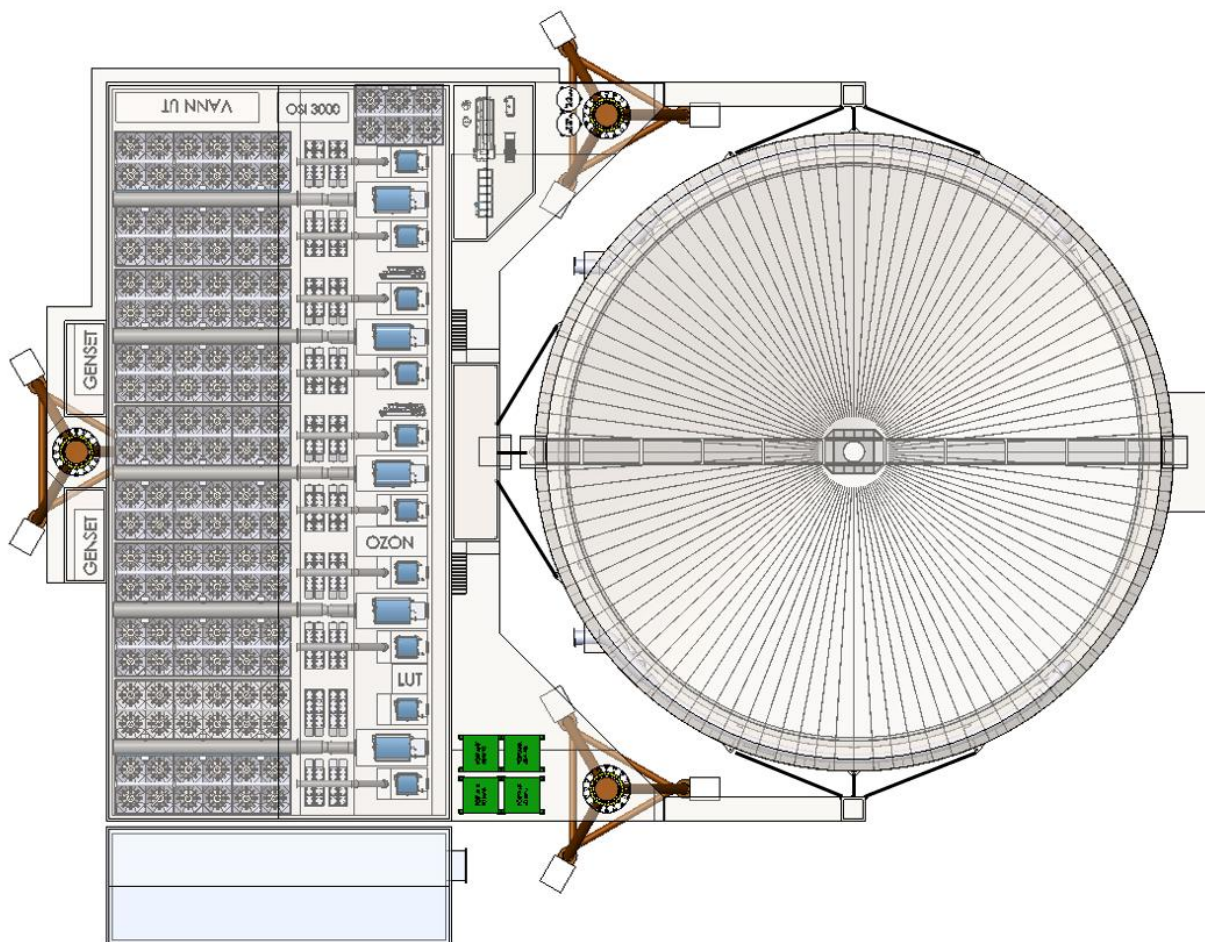
Rekruttplattformen skal ta fisken fra 100-500 gram og består av to smittemessig adskilte biofiltersystemer som hver har en produksjonstank på 5 000m³. Det totale produksjonsvolumet på rekruttplattformen vil da være 10 000m³. Dette produksjonsløpet tar rundt 11 uker og innebærer at det kan kjøres igjennom 4 slike produksjonsløp per biofilterenhet i året med god tid til periodemessig vask, desinfeksjon, vedlikehold og evt. reparasjoner mellom hvert produksjonsløp.



Figur 3: Skissen viser matfiskplattformen slik den fremstår etablert på havbunnen.

Matfiskplattformen utgjøres av et biofiltersystem og består av en stor produksjonstank på 25 000m³. Denne tanken er bundet til en plattform som huser selve vannbehandlingsanlegget som er et RAS 2-system. Det er knyttet en ventetank til plattformen som muliggjør et gradvis uttak av fisk fra produksjonstanken uten at fisken i tanken må sultes. Fisk som blir levert ut fra plattformen vil bli hentet fra denne ventetanken etter at fisken er sultet lenge nok til at mage-tarmsystemet er tømt og at evt. geosminlignende metabolitter er borte.

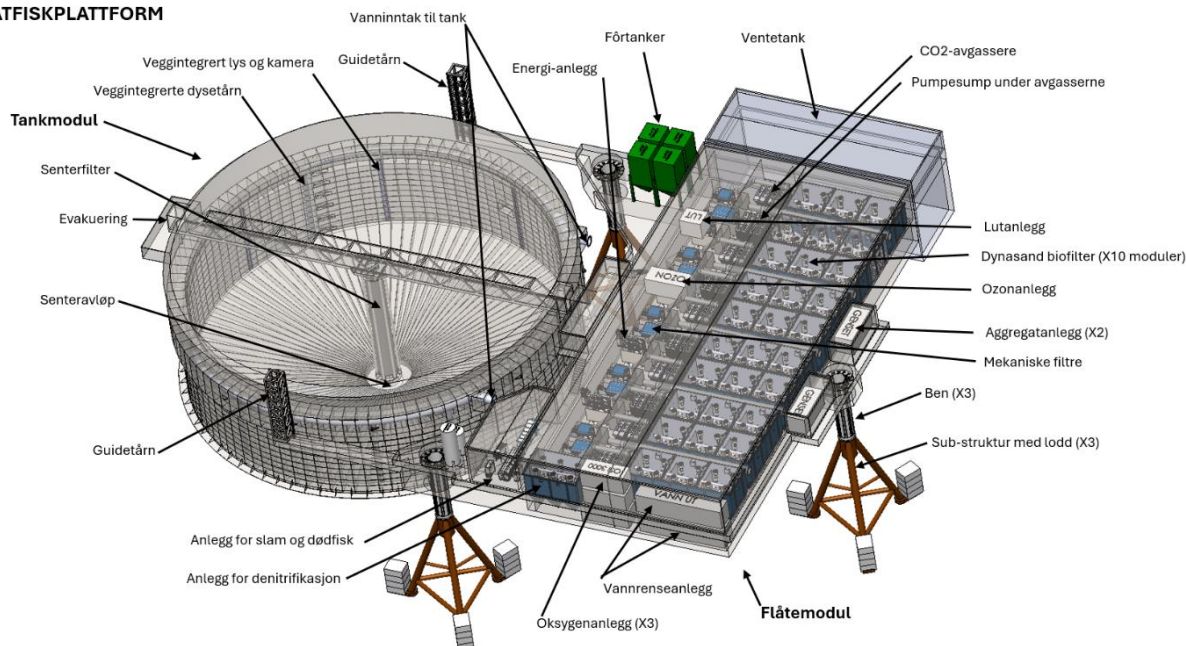
Resirkuleringsteknologien knyttet til plattformen er tatt et skritt videre gjennom å løfte graden av vannbehandling inn til produksjonsenheten og ut fra produksjonsenheten slik at ingen kjente akvakulturrelaterte virus, parasitter, amøber eller bakterier hverken kommer inn med inntaksvannet eller ut med det krystallklare utslippsvannet. Dette sikres gjennom bruk av membranfiltreringsteknologi i kombinasjon med ultrafiolette stråler på både inntaksvann og utslippsvann. Begge metoder representerer kjent og velbenyttet metodikk, men er i den angitte kombinasjonen ikke benyttet i særlig grad innenfor akvakultur.



Figur 4: Skissen viser matfiskplattformens tre hovedbestanddeler, produksjonstanken, ventetanken og resirkuleringsanlegget

Dette lukkede anlegget baserer seg på kjent RAS 2-teknologi som blir benyttet av flere landbaserte resirkuleringsanlegg i dag. Denne metoden muliggjør en ytterligere reduksjon av vannforbruket enn standard resirkuleringsanlegg og har en gjenbruksgrad på rundt 99,5 % av alt benyttet vann. Dette lave vannbehovet muliggjør en vannrenseteknologi som ellers ikke blir benyttet ofte. Konsekvensen av disse teknologivalgene er at anlegget er helt lukket hva inntak og utslipp av patogener angår, mens det blir sluppet ut minimale mengder av et avløpsvann som i all hovedsak består av små restmengder av næringsstoffet nitrogen. Mengden nytt vann som benyttes ligger rundt 3 100 liter per minutt under full produksjon på en matfiskplattform. Dette innebærer at mengden avløpsvann er tilsvarende. Full produksjon innebærer en maks utfôring på rundt 14 000 kg fôr i døgnet.

MATFISKPLATTFORM



Figur 5: Skissen viser matfiskplattformens oppbygging i detalj (Kilde: Multigen Akva AS).

Alt av avfallsstoffer som en produksjon medfører skal behandles på selve plattformen. Dette innebærer at alt fast organisk materiale blir håndtert i et slamanlegg som er plassert på plattformen.

Multigen AS har hatt som mål å adressere alle utfordringer næringen har i dag på en fremtidsrettet og bærekraftig måte. Når det gjelder selve resirkuleringsanlegget som utgjør hovedkomponenten i prosess-systemet på plattformen, så er dette basert på tradisjonell RAS 2 teknologi, men i stedet for vanlige plastbaserte biofilterlegemer er disse erstattet med et biofilter basert på sand som biofiltermedium. Den valgte leverandøren er Nordic Water med sitt konsept Dynasand. Det benyttes sandbaserte biofilter i flere akvakulturanlegg i verden i dag, men konseptet er ikke like utbredt i Norge enda, men representerer en metode som har vært benyttet i over 40 år iblant annet kommunal avløpsbehandling, drikkevannsanlegg og i næringsmiddelindustri. I dag er det over 30 000 DynaSand-filtre installert over hele verden i mer enn 50 land. Årsakene til at denne løsningen er valgt av Multigen Akva er flere. Det viktigste er imidlertid at systemet representerer den mest miljøvennlige og effektive måten å fjerne biologisk materiale samt nitrogenholdige avfallsstoffer på. Det er særlig filterets rensekapasitet per kubikkmeter filtermedium og dets evne til å fjerne organisk materiale som kan bli en utfordring i forhold til gassen H₂S, som har vært avgjørende for valget av denne løsningen. Systemet er i tillegg en enkel funksjon uten bevegelige deler og et DynaSand-filter har svært høy pålitelighet og et svært lavt behov for vedlikehold og tilsyn.

Metoden er grundig dokumentert i forhold til effektiv fjerning av fine partikler og organisk materiale og representerer i tillegg det mest effektive biofiltersystemet med et effektiv biofilmareal per volumenhet som er betydelig større sammenlignet med alle andre typer rensemedier som benyttes i konvensjonelle RAS-anlegg i dag. For å teste ut systemet i et RAS-anlegg basert på produksjon av fisk

ble det i 2022 gjennomført et forsøk i Bergen i Norge. (Se vedlegg 8.7). Et RAS-system ble satt opp av Litus Akva AS lokalisert hos Marineholmen RASLab AS. Systemet inneholdt et Dynasand-filter for evaluering av ytelse for faste stoffer og biologisk filtrering. Systemet etablerte biologisk filtreringsevne innen 4 uker med påfølgende ammoniumoksidasjon og nitrifikasjon. Det ble satt inn 250 gram atlantisk laks etter smoltifisering med en oppstartstetthet på 27 kg/m³. Produksjonen ble kjørt i en periode på 3 måneder til fisken nådde en sluttvekt på 900 gram og en tetthet i produksjonskarene på 80 kg/m³. Vannkvalitet og vannhastighet ble overvåket jevnlig gjennom produksjonsperioden. Fisken ble med jevne mellomrom prøvetatt og vurdert i forhold til gjellehelse og etablerte velferdsparametre. Prestasjonen til fisken var veldig god og dødeligheten lav. Fisken hadde en veksthastighet tilsvarende den som forventes i de fleste kommersielle RAS-systemer med tilsvarende produksjonstetthet. De forholdsvis høye tetthetene hadde minimal innvirkning på fiskevelferden. Systemytelsen var utmerket, noe som resulterte i høy grad av resirkulering av vannet, minimalt med etterfyllingsvann og en stabil vannkvalitet i produksjonskarene gjennom hele prøveperioden.

Erfaringene fra den økte aktiviteten knyttet til tradisjonelle resirkuleringsanlegg i Norge og utlandet, hvor produksjonen i all hovedsak har vært fokusert mot laks og produksjonen av stor postsmolt, har vist at det foreligger en rekke drifts- og helserelaterte utfordringer knyttet til denne teknologien. Når det gjelder torskeoppdrett, så er det kun et anlegg som har produsert torsk i et RAS-system. Havlandet RAS Pilot er et selskap som har produsert torsk frem til 5-6 kg. Havlandet holder til på Norges største forsyningsbase, Fjord Base i Florø. Der har de siden tidlig 2000-tall drevet landbasert oppdrett av torsk. Selskapet har en egen avlsstamme og har nå 8. generasjon i karene. Denne torsken bruker 18 måneder på å bli 4 kg. Den første generasjonen brukte fire år. Hos Havlandet Marin Yngel har de siden 2002 produsert yngel og settefisk av torsk fra anlegg lokalisert på Fjord Base i Florø. Anlegget er basert på gjennomstrømning, med omfattende vannbehandling av inntaksvannet. I 2003 etablerte de sitt eget avls-program, Havlandet-stammen. De produserer nå som nevnt 8. generasjon egg fra stammen, og yngelprotokoller og genetikk er kontinuerlig utviklet siden starten. Havlandet har bygget verdens største yngelanlegg for torsk på Gaddholmen. Anlegget kan forsyne hele norskekysten med torskeyngel på 2 gram av den beste kvalitet. Første produksjon kom i gang 15. august 2022, og frem til januar 2023 ble 7,7 millioner yngel levert fra anlegget. I 2020 ble et RAS-Pilot anlegg bygget som et utviklingsanlegg i mindre enn kommersiell skala hvor målet var å få kunnskap om denne typen produksjonsteknologi.



Figur 6: Det landbaserte anlegget til torskeoppdretteren Havlandet i Florø ble etablert som et pilotanlegg i 2020. (Foto: Havlandet).

Etter å ha kjørt to vellykkede produksjoner av laks frem til slakt ble pilotanlegget kjørt med et torskeinnlegg i 2022. I romjulen 2022 døde rundt 32 000 torsk med en snittvekt rundt 1,5 kg grunnet hydrogensulfidforgiftning. Det viste seg i ettertid altså at årsaken til fiskedød i karene var knyttet til hydrogensulfid som dannet seg i systemet. Dette var ifølge selskapet en følge av at oppdrett av torsk krever lavere strømhastighet enn oppdrett av laks. Strømhastigheten ble dermed lavere enn sedimentasjonshastigheten for organisk materiale, noe som førte til avleiring og dermed produksjon av hydrogensulfid.

Erfaringene fra de siste årene både i Norge og internasjonalt har vist at prosesstekniske utfordringer har vært av større betydning for fiskens velferd og helse i RAS-baserte systemer enn infeksjøs sykdommer. Det er ikke noen grunn til å tro at dette vil stille seg annerledes for torsk. Dette har i forhold til laks 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 (H_2S), episoder med sterk lut eller syre og gassovertmetning knyttet til nitrogengass. Bruken av fullt sjøvann med sitt store innhold av sulfat i et resirkuleringsystem blir av mange oppfattet som et produksjonssystem med økt risiko for H_2S -dannelse og massedødelighet. Det er blant annet for å kunne adressere risikoen for hydrogensulfidforgiftning at det er valgt å benytte et sandfilter i Multigen-konseptet i stedet for vanlige moving- eller fixed-bed med plastlegemer. Sandkornene i et sandfilterbasert system er mellom 1,2-2mm størrelse. Dette gir ikke bare en enorm overflate per kbm. sandvolum i forhold til andre løsninger, men vil også gi en svært god mekanisk filteregenskap. Sanden vil fysisk holde tilbake

partikler helt ned til 1 Micron og gi økt grad av partikkelfjerning som igjen reduserer risikoen for dannelsen av H2S.

Forgiftningsepisoder med gassen karbondioksid har også inntruffet og manglende evne til å fjerne karbondioksid 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. Dette har i stor grad handlet om ulike produksjonslidelser knyttet til laksen sin livssyklus og da særlig dens smoltifisering og vil derfor ikke være direkte overførbare til oppdrett av torsk.

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 prosessstekniske utfordringene. Det står ennå igjen å se om dette blir det samme for torsk. Når det gjelder produksjon av torsk er det helt andre infeksjøs lidelser som det blir viktig å unngå for å kunne drive forutsigbart og trygt. Basert på driftserfaringene de siste 6 årene i den tredje torskebølgen er det få infeksjøs lidelser som har vært utfordrende. En svært stor andel av dødeligheten, over 85 %, har vært knyttet til fisk som dør brått med ulike tarmlidelser og fisk som utvikler seg til tapere. Når det gjelder infeksjøs sykdommer har det vært tilfeller av vintersår og andre sårtilstander i kortere perioder. Torsken vaksineres som nevnt mot vibriose og atypisk furunkulose, som kanskje har vært de viktigste infeksjøs utfordringene for torsk de siste 20 årene. Her har imidlertid de nye oljebaserte autogene vaksinene gitt god beskyttelse. Bakteriesykdommen Francicellose ble et stort problem for torskeoppdrettere i sør- og midt Norge ved forrige torskebølge og bidro sterkt til at næringen stoppet opp. Multigen-plattformen er en lukket installasjon hvor ingen bakterier, virus eller parasitter kommer inn, men det kan ikke utelukkes at når man kjøper torskeyngel, så er disse allerede bærere av patogener som kan skilles ut i RAS-vannet når torskeyngelen er flyttet inn på plattformen og slik senere skape utfordringer for produksjonen.

Rent prinsipielt er en av hovedutfordringene knyttet til oppdrett av fisk i resirkuleringssystemer at flere forskjellige sykdomsdagens kan overleve og trives godt i et lukket biofiltersystem og at disse sykdomsfremkallende agensene 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 oppformeres 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 etter hvert etablerer seg 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 eventuelt flyttes til et annet lukket anlegg eller et åpent produksjonssystem i sjø. Dette har særlig hos laks vært aktualisert de siste fem årene med henblikk på sykdommene ILA, IPN 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 ofte ikke være forenelige med en bærekraftig drift, så lenge rogn, yngel og større settefisksom settes inn i anlegget ofte er bærere av virus og bakterier som trives i et slikt produksjonsmiljø. Multigen Gadus skal etablere et saneringssystem basert på bruk av ozon i kombinasjon med sjøvann. Dette vil bli benyttet hvis patogenovervåkingen viser forekomst av særskilte patogener som påvirker fisken og produksjonen i for stor negativ grad. Ferdig nedvasket og sanertprosess-system vil bli restartet med en ekstern podingskultur plassert på plattformen som har en kapasitet på 20m³. Dette skal gjøre det mulig å sanere og restarte biofiltersystemet innenfor en normal brakkleggingsperiode mellom to innsett på plattformen.

Multigen Akva AS har designet og prosjektert et lukket oppdrettsanlegg for produksjon av laks eller torsk i sjø som skal redusere mulighetene for at smittsomme agens skal påvirke fisken og produksjonen negativt. Alt nytt vann som tas inn i anlegget skal UV-behandles og membranfiltreres med porer på membranen som ikke slipper gjennom noen strukturer med en størrelse over 0,02 mikron. Dette er mindre porer enn størrelsen de minste patogenene som vi kjenner til som er istand til å utløse sykdom hos laks og torsk har. Dette betyr at så lenge filtreringen er operativ vil det ikke slippes fiskepatogener hverken inn eller ut av dette anlegget. De eneste patogenene som kan slippe inn er de som fisken har med seg i kroppen når de settes inn i anlegget som postsmolt eller torskeyngel. Men disse vil igjen ikke slippe ut av anlegget da alt avløpsvann blir rensset med samme teknologi. For å redusere risikoen for inntak av uønskede patogener med torskeyngelen er det under etablering en langsiktig avtale med en yngelleverandør som skal levere all yngel til Multigen Gadus AS. Både foreldrene til denne yngelen og selve yngelen er underlagt et strengt screeningsprogram for å utelukke at uønskede patogener kommer inn. Dette programmet omfatter allerede sykdommer som VER og Francisella.

Multigen har etablert en produksjonsteknologi som ved ferdigstilling gjør det mulig å produsere torsk frem til en slaktevekt rundt 5 kg. Konseptet er basert på to ulike produksjonsplattformer. En rekruttplattform som mottar en 100 grams torskeyngel for videre oppformering opp til 500 gram og en matfiskplattform som skal ta fisken hele veien frem til slaktestørrelse. Dette stiller store krav til biosikkerhet gjennom hele produksjonen slik at færrest mulige patogener kommer inn i produksjonssystemene og får muligheten til å oppformere seg og senere utløse sykdom.

Multigen har valgt en produksjonsmåte og en prosess-strategi som skal ta høyde for disse utfordringene. I forbindelse med denne etableringen tas det i bruk en moderne resirkuleringsteknologi hvor forbruket av nytt vann er minimalt og betydelig mindre enn i vanlige

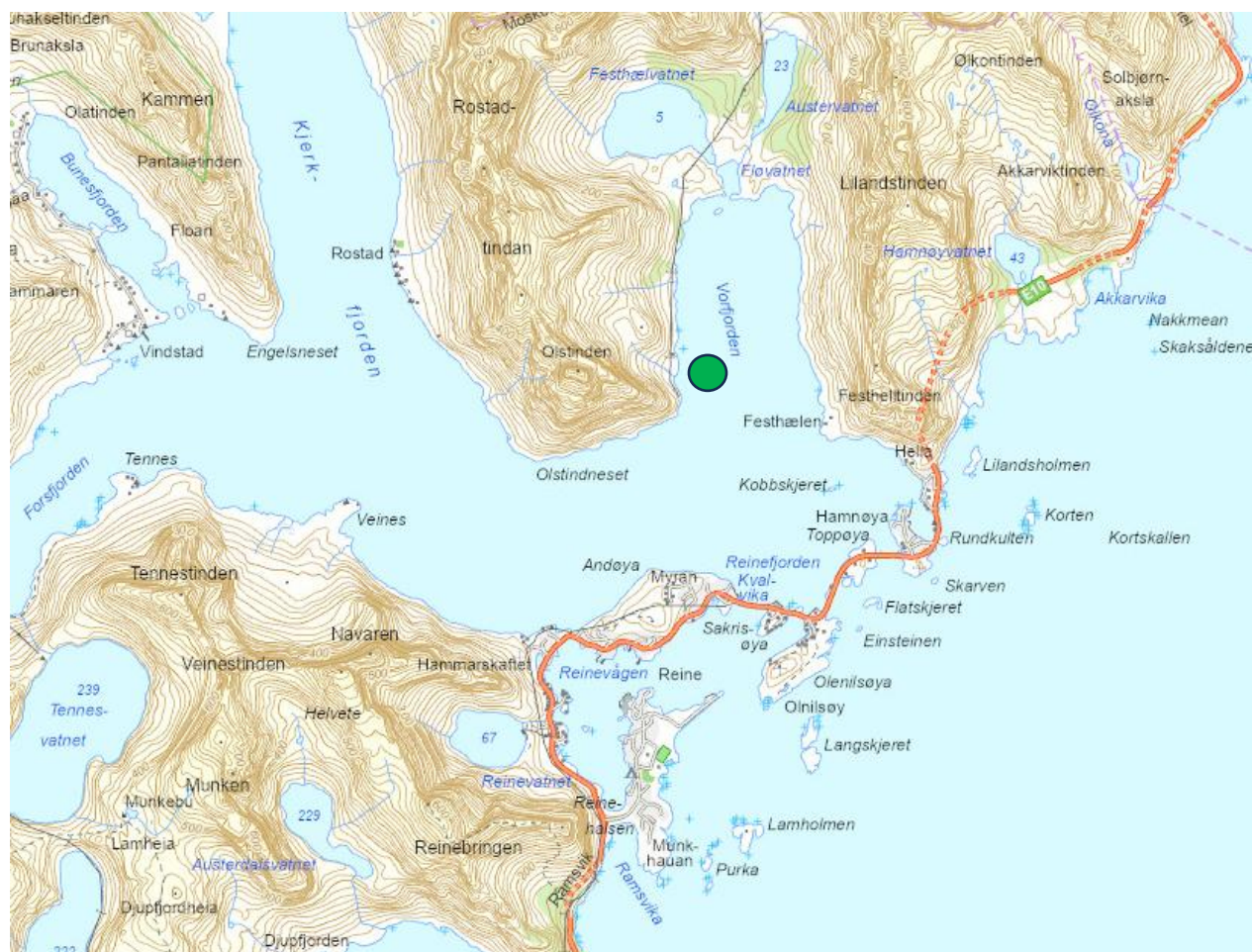
resirkuleringsanlegg. Dette utvider mulighetsrommet betydelig innenfor vannbehandling, siden det er svært små mengder nytt vann som skal inn i produksjonen og brukt vann som fjernes per tidsenhet fra produksjonen. Et RAS 2 anlegg bruker rundt 10 % nytt vann av det som et tradisjonelt RAS 1 anlegg gjør. Dette gir en total reirkuleringsgrad på rundt 99,5-99,9 %. Et av de største biosikkerhetsmessige målene med dette prosjektet har vært å introdusere relativt nye kombinasjoner av rense- og desinfeksjonsteknologier som skal fjerne alle kjente fiskepatogene parasitter, virus og bakterier fra inntaksvannet samt på det avløpsvannet som forlater anlegget.

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 ivarettatt i forhold til de utstyrsvalg som er tatt. 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 mindre utsatt for sykdommer gjennom hele produksjonskjeden.

GEOGRAFISKE FORHOLD

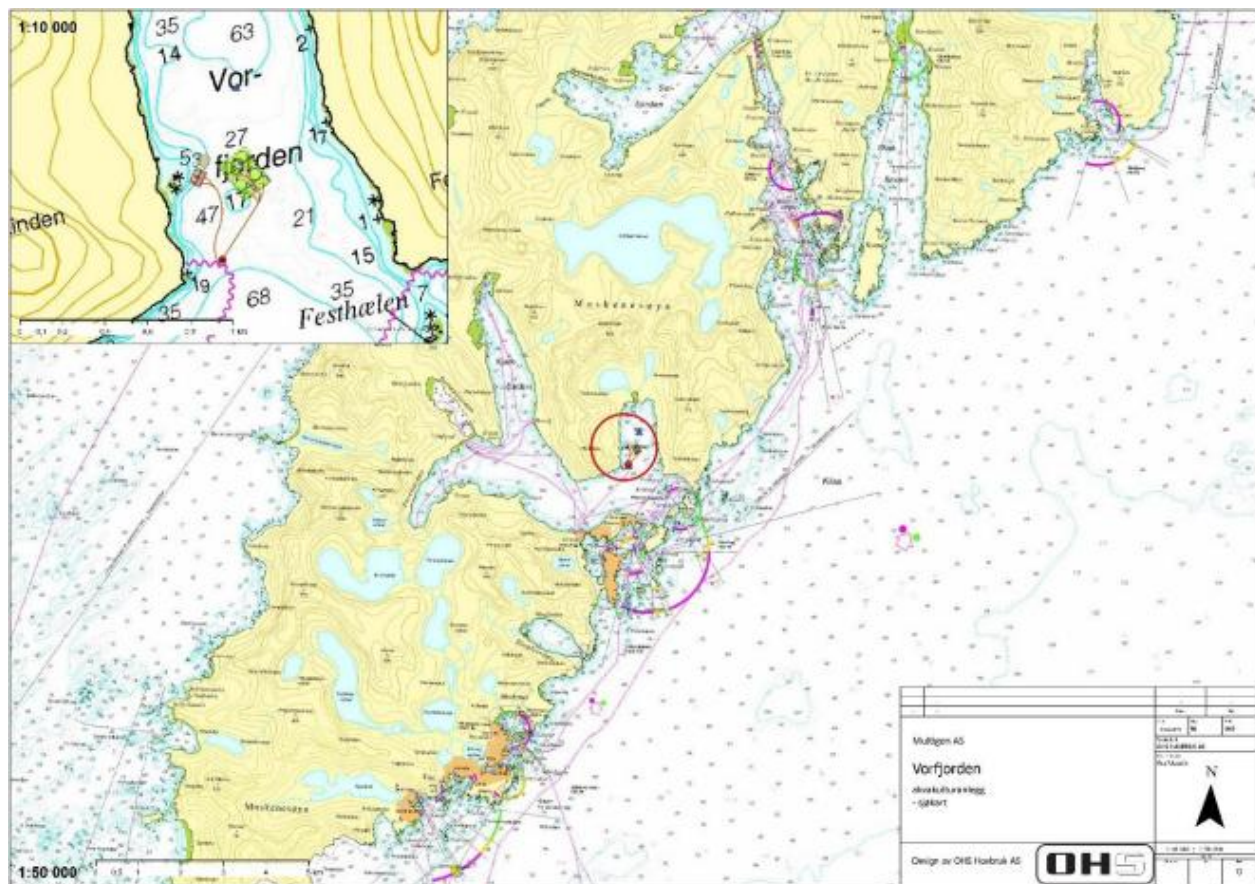
Redegjørelse og ivaretagelse av evt. utfordringer relatert til plassering av anlegget i forhold til landarealer, sjø og annen akvakulturvirkksomhet.

OMRÅDEBESKRIVELSE (– UTSLIPPSPUNKT OG SJØVANNSINNTAK)

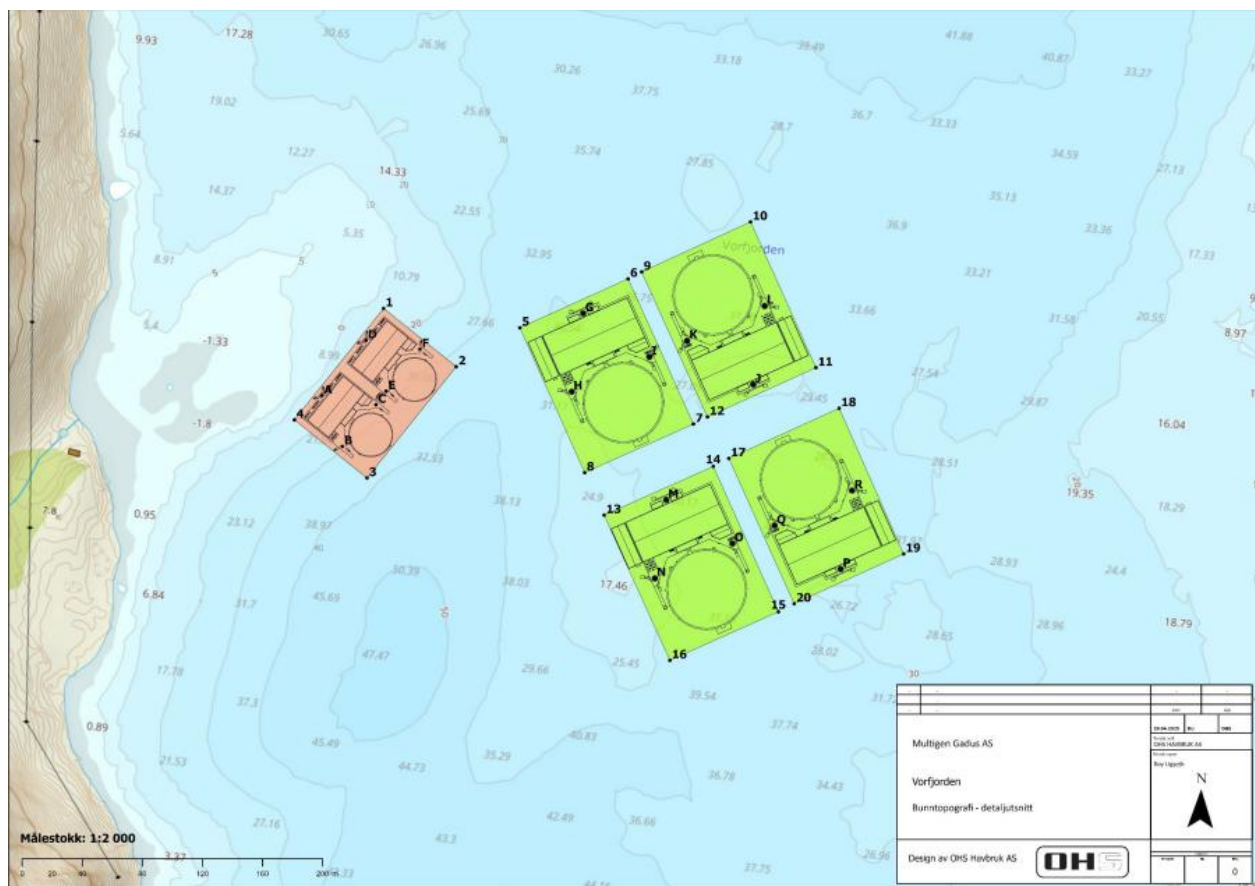


Figur 7: Viser et kartutsnitt fra det aktuelle området med lokaliteten Vorfjorden (grønn sirkel) i Moskenes kommune. Kilde: Fiskeridirektoratets kartverk Yggdrasil.

Lokaliteten Vorfjorden (grønn sirkel) ligger på vestsiden av Vorfjorden, ved munningen ut mot det større fjordsystemet Kjerfjorden i Moskenes kommune i Nordland. Vorfjorden ligger innenfor Reinefjorden og nord for tettstedet Reine. Det planlegges å sette ut et komplett produksjonssystem i det aktuelle området bestående av en rekruttplattform og på sikt fire matfiskplattformer. Området er allerede avsatt for akvakultur.



Figur 8: Figur B.2: Vorfjorden- Sjøkart 1:50000, detaljutsnitt i 1:10000. Rød sirkel viser lokalisering av omsøkt anlegg. (Kilde: OHS Havbruk AS)



Figur 9: VORFJORDEN - Bunntopografi 1:2000. Rosa areal viser planlagt rekruttplattform og grønne arealer viser planlagt plassering av matfiskplattformer. Blå trekant viser planlagt inntakspunkt for nytt vann og rødt kulepunkt viser planlagt sted for utslippsvann. Røde streker viser rørgater fra de ulike plattformene.

De planlagte produksjonsplattformene er lukket med et tilhørende avløpsrør fra hver produksjonsplattform som samles i en felles rørgate ut mot det anbefalte utslippspunktet som munner ut på 55 meters dyp i en skrånende bunn ned til et dypområde på omtrent 110m dyp. Sjøvannsinntaket er plassert lengre inn i bukten i god avstand fra utslippspunktet.

Hva	Nordlig grad	Desimal-min	Østlig grad	Desimal-min
Strømmåler	67°	57,261	13°	5,910
Inntakspunkt	67°	57,682	13°	6,227
Utslippspunkt	67°	57,261	13°	5,908

Figur 10: Viser posisjoner for strømmåler, inntakspunkt og utslippspunkt.

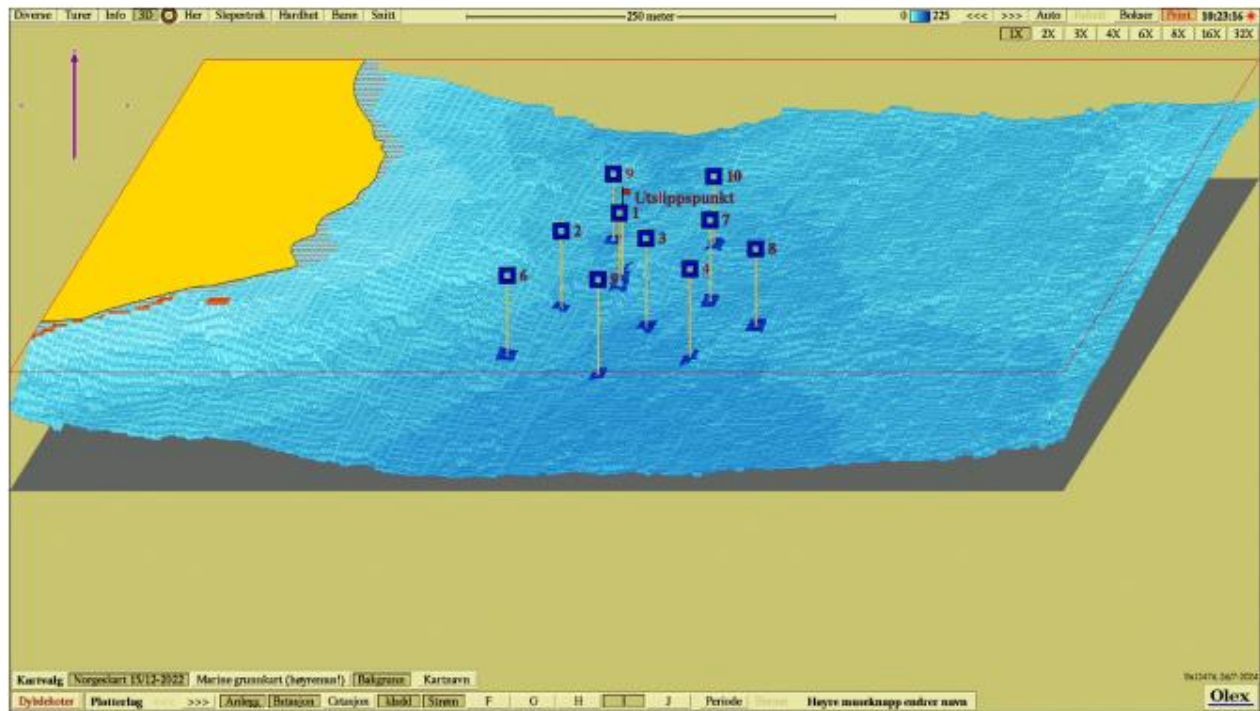
MILJØMESSIGE FORHOLD INNENFOR ANLEGGETS NÆROMRÅDE

Redegjørelse rundt rådende miljøforhold på lokaliteten

Ved et fullt utbygget produksjonssystem i Vorfjorden vil området inneholde en rekruttplattform og fire matfiskplattformer. Ved en full produksjon uten videresalg eller flytting av fisk før oppnådd slaktevekt, vil det totale utslippet av avløpsvann ligge i området 1620 liter i minuttet. Dette vannet vil ha en optisk klar farge og kun inneholde små mengder nitrogen. Det vil ikke inneholde bakterier, virus, parasitter eller kjønnsprodukter fra den oppdrettede fisken. Rekruttplattformen vil ha et utslipp på 180l/min ved full produksjon og hver av de fire matfiskplattformene på 360l/min. Det er planlagt å føre alle avløp til det anbefalte utslippspunktet som angitt i forrige kapittel.

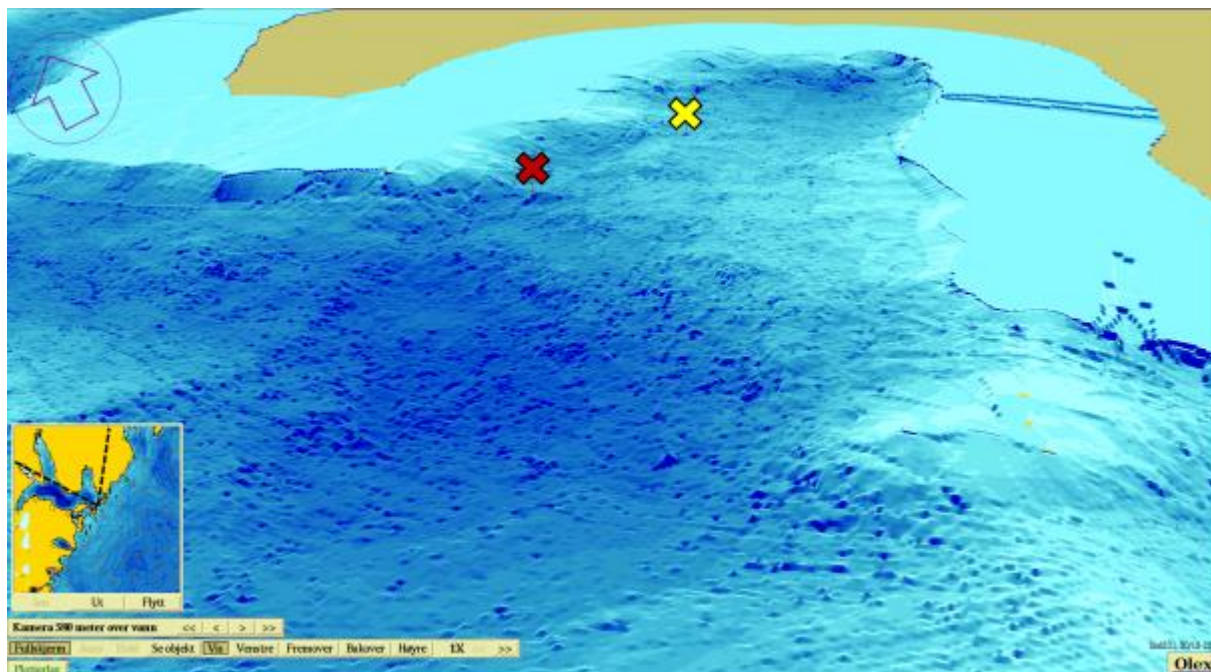
B-UNDERSØKELSE

På oppdrag fra Multigen Gadus AS har Åkerblå i 2024 utført en sedimentundersøkelse etter metodikk fra B-undersøkelse (NS9410) ved planlagt punktutslipp i forbindelse med søknad om ny lokalitet Vorfjorden. Undersøkelsen viste ingen tegn til organisk belastning i form av hverken gass, slam og lukt eller løst sediment, grabbvolum over 25 % eller sort sediment. De kjemiske verdiene viste generelt til naturlige bunnforhold. Gravende bunndyr ble funnet ved ni av ti stasjoner. Forundersøkelsen er en referanse for sammenlikning fremtidige undersøkelser og skal gi grunnlag for bedre å kunne plassere prøvestasjoner for videre overvåking med B-metodikk. Samlet får den planlagte lokaliteten tilstand 1, meget god.

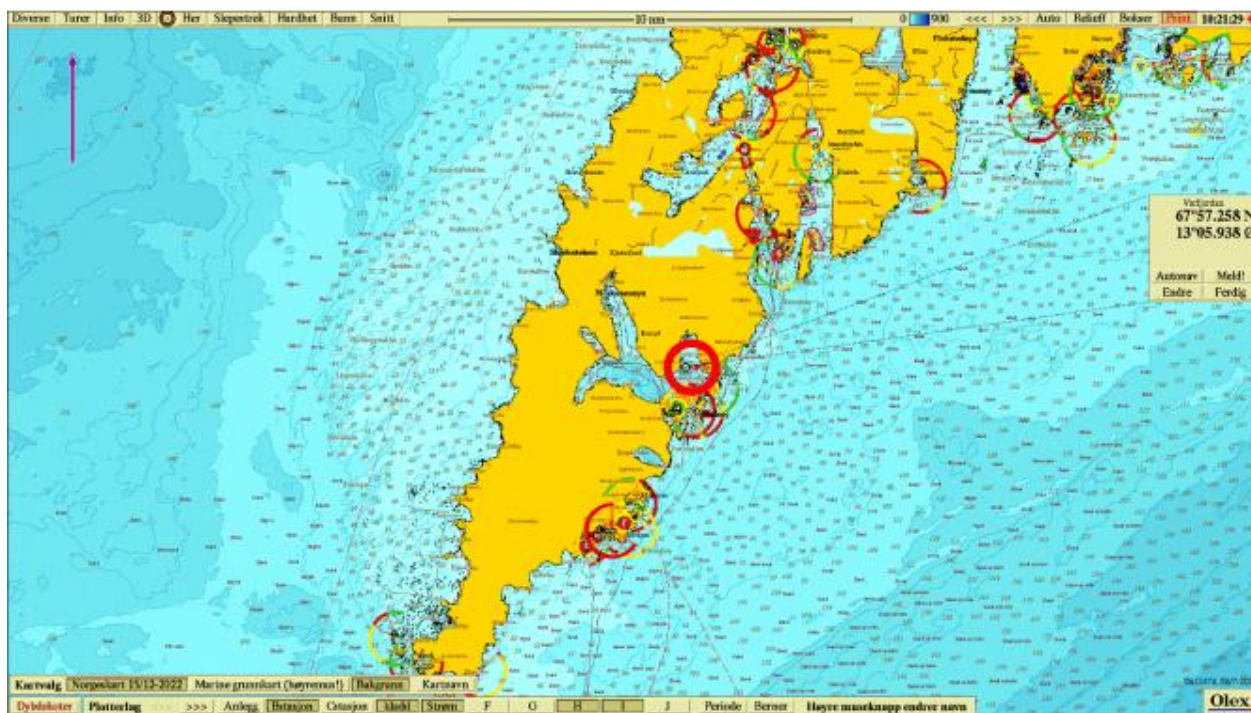


Figur 11: 3D-visning av planlagt utslippspunkt og prøvestasjoner med tilstandsklassifisering: blå firkant; Tilstand 1, grønn firkant; Tilstand 2, gul firkant; Tilstand 3, rød firkant; Tilstand 4. Kartdatum WGS84.

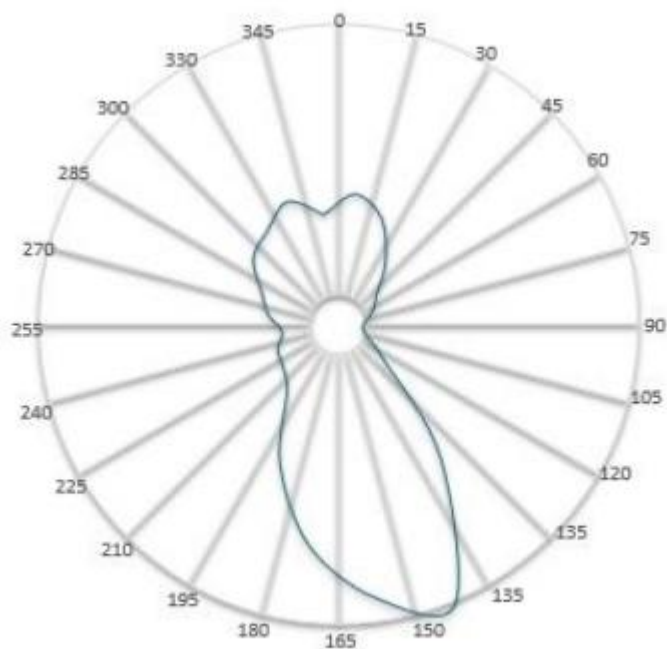
Resultatene fra B-undersøkelsen indikerer at havbunnen ved planlagt utslippspunkt har en naturlig tilstand. Det var generelt lavt grabbvolum og lite sediment i området. Det ble registrert hardbunn ved to stasjoner. Ved den ene harbunnstasjonen (st. 4) ble det registrert stein i grabbkjeften, ved den andre harbunnstasjonen (st. 5) ble det registrert stein i prøven. Dette tyder på blandingsbunn.



Figur 11b: 3D-visning/kart av bunntopografi i det gjeldende området. Gult og rødt kryss viser plasseringer av henholdsvis strømmålere på 5 og 5m dyp og bunndyp knyttet til strømmålinger gjennomført i området. Kart er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



Figur 12: Sjøkart (nordlig orientering) med avmerking av lokaliteten sentralt i kartet. Kartdatum WGS84



Figur 13: Strømrøse som viser strømshastighet over ulike himmelretninger i måleperioden, og indikerer hovedstrømretning på lokaliteten. Målingene er utført 46 meters dyp (Åkerblå).

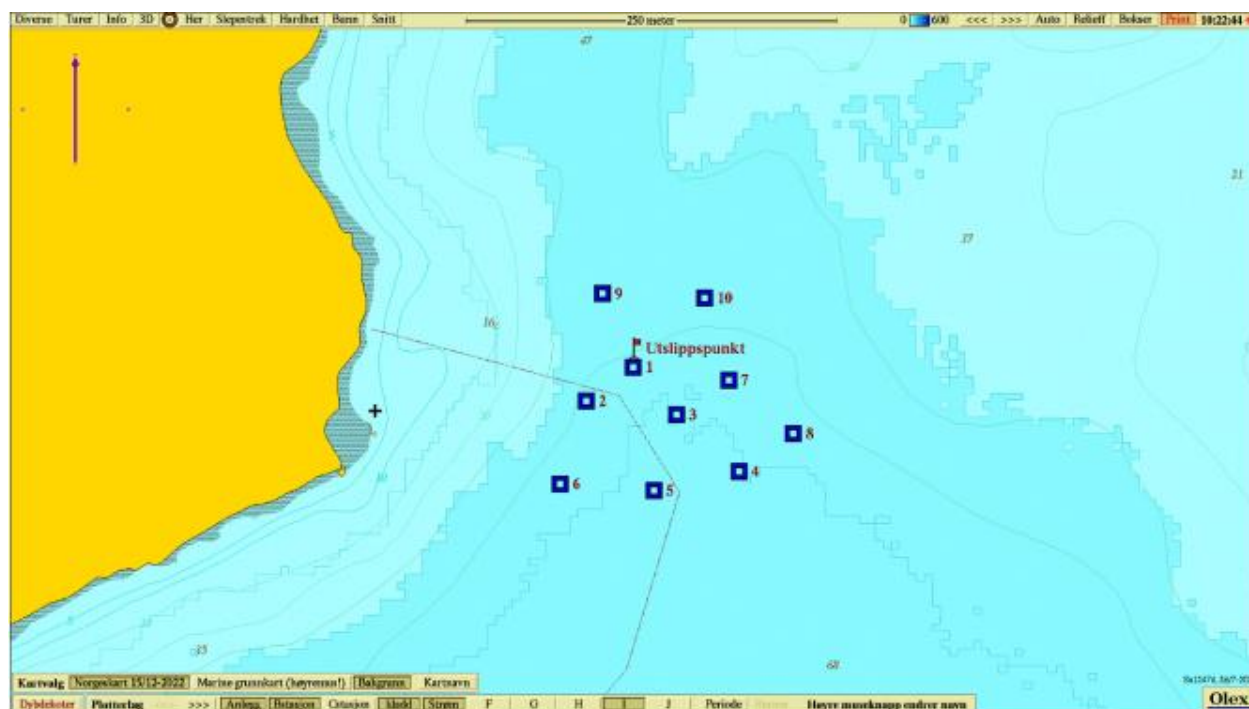
Type sediment: Sedimentet bestod i hovedsak av skjellsand og sand iblandet gurs. 2 av 10 stasjoner ble registrert som hardbunn.

Fauna: Det ble registrert bunngravende børstemark ved 9 av 10 stasjoner. Antall individer varierte mellom 1 og 10. Av annet dyreliv ble det registrert skjell (n=2), pigghuder (n=2), sjøtenner (n=10) og blekksprut (n=1).

Kjemiske målinger: De kjemiske målingene viste naturlige verdier ($\text{pH} > 7,68$ / $\text{Eh} > 120$). To stasjoner ble registrert som hardbunn med for liten mengde sediment til kjemiske målinger. De kjemiske målingene fikk samlet tilstand 1.

Sensoriske vurderinger: Gjennomsnittlig indeks score for de sensoriske vurderingene ble 0,00. Samtlige stasjoner hadde ingen gassproduksjon, fast sediment, lys/grå farge, ingen lukt, fast konsistens, grabbvolum under $\frac{1}{4}$ og 0-2 cm tykkelse på slam lag. Samlet gav de sensoriske vurderingene tilstand 1.

Samlet lokalitetstilstand: En sammenstilling av analyseresultatene av parametergruppene benyttet i B-undersøkelsen (gruppe II og III) gav en indeksverdi på 0,00 som indikerte et ubelastet sedimentmiljø og tilsvarte tilstandsklasse 1 (tabell 3.1). Samtlige 10 stasjoner viste beste tilstand (figur 3.1 og 3.2).

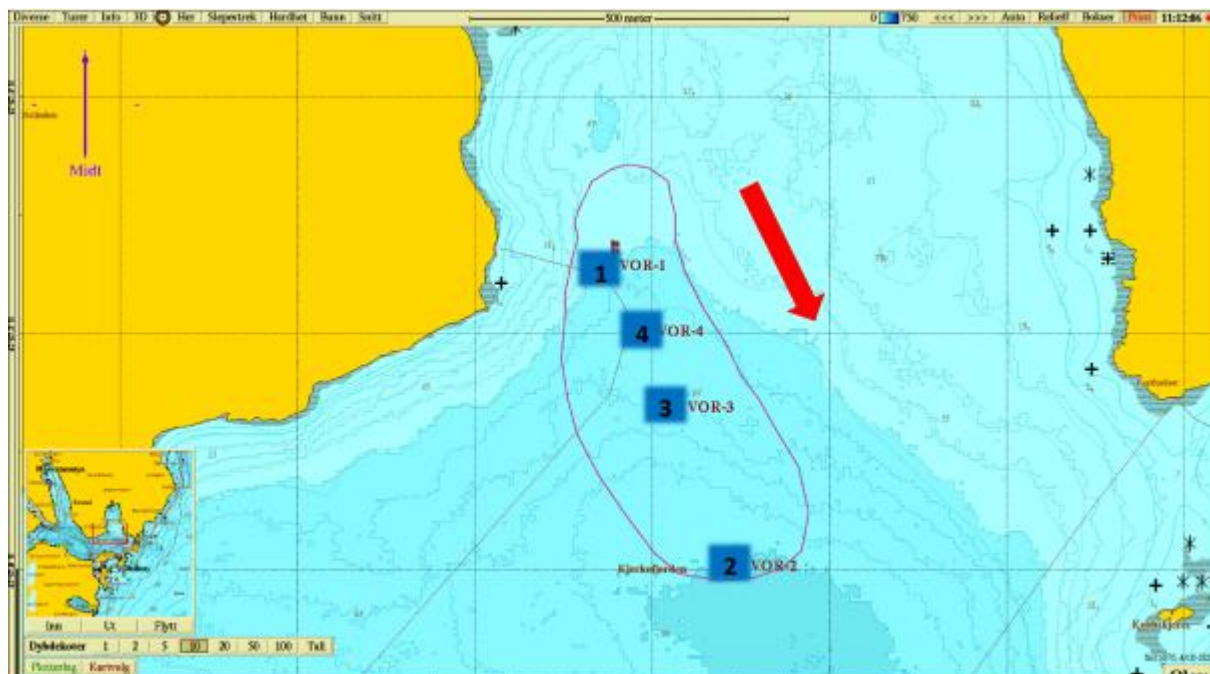


Figur 14: Plassering av utslippspunkt (gult kryss), målepunkt for strømundersøkelse (flagg), hovedstrømsretning (rød pil) og antatt influensområde (lilla linje) over oppmålt bunntopografi. Provestasjoner er presentert med faunatilstand: blå = Svært/meget god tilstand, grønn = god tilstand, gul = moderat tilstand, oransje = dårlig tilstand og rød = svært/meget dårlig tilstand. Tall representerer stasjonsnummer (1 = OPP-1 osv). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

PUNKTUTSLIPPSUNDERSØKELSE

Åkerblå AS gjennomførte en punktutslippsundersøkelse. Det er ikke utarbeidet egen standard for undersøkelse av punktutslipp (settefiskanlegg, kloakk, slakteri osv). Derfor ble denne undersøkelsen utført etter NS ISO 16665 (2014). Åkerblå AS benyttet en del av metodikken fra C-undersøkelser (NS9410 2016) da det er en del fellesnevnerne med hensikten til denne undersøkelsen. Formålet var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser for mer info se punktutslippsundersøkelsen.

Denne rapporten omhandler en punktutslippsundersøkelse ved planlagt utslippspunkt i forbindelse med søknad til akvakulturanlegg med lukket teknologi i Moskenes kommune, Nordland fylke. Resultatene fra denne undersøkelsen er rapportert inn til vannmiljødatabasen av Åkerblå AS.



Figur 14b: Utslippspunkt er markert med rødt flagg og antatt influensområde er streket opp i lilla farge. Prøvestasjoner er presentert med faunatilstand: blå = Svært/meget god tilstand, grønn = god tilstand, gul = moderat tilstand, oransje = dårlig tilstand og rød = svært/meget dårlig tilstand. Tall representerer stasjonsnummer (1 = VOR-1, 2 = VOR-2 osv.). Hovedstrømsretning for bunnstrøm er markert med rød pil, og plassering av strømmåler samfaller med posisjonen for planlagt utslippspunkt (rødt flagg). Kartet har nordlig orientering, og dybdekoter 10 meter. Kartdatum WGS84. Bunndata er levert av Olex AS.

Den planlagte lokaliteten Vorfjorden er tenkt plassert på vestsiden av Vorfjorden, ved munningen ut mot det større fjordsystemet Kjerkfjorden, i Moskenes kommune i Nordland (figur 2.1.1). Anlegget skal være av lukket teknologi med et tilhørende utslippspunkt, og planlagt MTB er 8000 tonn. Området hvor utslippspunktet er planlagt plassert er i økoregion Norskehavet nord, med vanntype beskyttet kyst/fjord. Dybden ved utslippspunktet er omtrent 55 meter, og fra utslippspunktet og videre i sørlig retning skråer bunnen slakt ned mot resipientens dypområde på om lag 110 meters dyp. Det er ingen terskeldannelser mellom utslippspunktet og resipientens sentrale dypområde, men dette dypområdet avgrenses i stor grad av øyer og landformasjoner mot åpent hav i sør og østlig retning, og i mindre grad av en svak terskel mot den indre delen av fjordsystemet i vestlig retning (figur 2.1.3 og 2.1.4). Kart over relativ hardhet viser flekkvise forekomster av relativt hardere bunnsbstrat, særlig i området rundt og rett nord for utslippspunktet, men også i den sørlige delen av det antatte influensområdet til utslippet (figur 2.1.5) Det er gjennomført målinger av bunnstrøm på 49 meters dyp ved det planlagte utslippspunktet (Åkerblå AS, 2024), og resultatene viser en hovedretning mot sør-sørøst med en svakere returstrøm mot nord (figur 2.1.2). Gjennomsnittlig strømhastighet er målt til 4,4 cm/s og defineres som middels sterk.

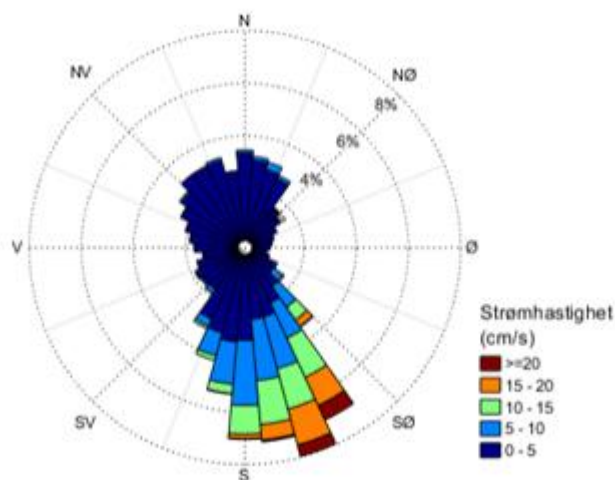
Resultatene viser svært gode faunaforhold i influensområdet, der samtlige stasjoner fikk beste tilstandsklassifisering (tabell 1; figur 1). Med unntak av et forhøyet karboninnhold ved VOR-2, VOR-3

og VOR-4, viste de kjemiske parameterne i hovedsak lave verdier.

Artssammensetningen i influensområdet bestod av en blanding av arter fra flere ulike økologiske grupper (NSI), men det var flere forurensningssensitive og/eller -nøytrale arter blant «topp ti» ved alle stasjoner, hvilket indikerer gode forhold. Hyppigste art varierte stasjonene imellom, men dominansen av enkeltarter var lav (< 17 %) og bidro til en svært god biodiversitet i området. Det kan ellers bemerkes at det ble gjort funn av kalkdannende rødalger ved VOR-1 og VOR-2, som kan danne naturtypen ruglbunn (se diskusjon).

Referansestasjonen (VOR-REF) viste liknende faunaforhold og geokjemiske verdier som i influensområdet. Stasjonen anses derfor som representativ for områdets økologiske tilstand, og vil kunne benyttes som referansestasjon ved eventuelle fremtidige undersøkelser ved Vorfjorden.

Grunnet utfordrende prøveforhold (hardbunn) ble VOR-1, VOR-4 og VOR-REF flyttet noe fra planlagt plassering i felt. Endelig stasjonsoppsett anses likevel som egnet for fremtidig overvåkning ved Vorfjorden. Samtlige prøvehugg var godkjent for volum og overflate, bortsett fra ett hugg ved VOR-1 med forstyrret overflate og ett hugg ved VOR-1 og VOR-REF med lavt volum. Videre ble det observert mindre forskjeller i indekssklassifiseringer mellom huggene ved flere stasjoner. Dette har imidlertid trolig hatt lite å si for resultatene (se diskusjon), og Åkerblå mener at prøvene er gode nok til å kunne beskrive den økologiske tilstanden ved Vorfjorden.



Figur 15: Strømrose som viser strømhastighet over ulike himmelretninger i måleperioden, og indikerer hovedstrømsretning ved utslippspunktet. Målingene er utført 49 meters dyp (Åkerblå AS, 2024).

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved VOR-2 (figur 3.2.1). Saliniteten var 31,9 ‰ ved overflaten og steg til 33,7 ‰ i sprangsjiktet fra 20 meters dyp til 27 meters dyp. Deretter gikk saliniteten ned til 33,3 ‰ ved 30 meters dyp, og holdt seg stabil ned til bunnen. Temperaturen ved overflaten lå på 15 °C og sank gradvis med dypet de første 20 meterne. Fra 20 meters dyp og ned til 27 meters dyp var det et sprangsjikt med temperaturfall ned til

6,8 °C. Heretter var temperaturen mer stabil, og ved bunnen ble det målt 4,3 °C. Oksygenmålingene viste forholdsvis stabile verdier fra overflaten og ned til ca. 23 meters dyp, med verdier fra 104,1 til 108,6 % og 8,73 til 9,77 mg/L for hhv. oksygenmetning og oksygeninnhold. Fra om lag 23 meters dyp falt oksygenmetningen gradvis med dypet ned til 90 % ved 60 meters dyp, og holdt seg tilnærmet stabil ned mot bunnen hvor den ble målt til 87,5 %. For oksygeninnhold viste målingene en økning til 10,21 mg/L ved 27 meters dyp, for deretter å falle gradvis med dypet ned til 9,29 mg/L ved 70 meters dyp. Deretter var oksygeninnholdet mer stabilt, og ved bunnen ble det målt 9,21 mg/L. Klassifisering av bunnvannet i henhold til Veileder 02:2018 viser svært god tilstand.

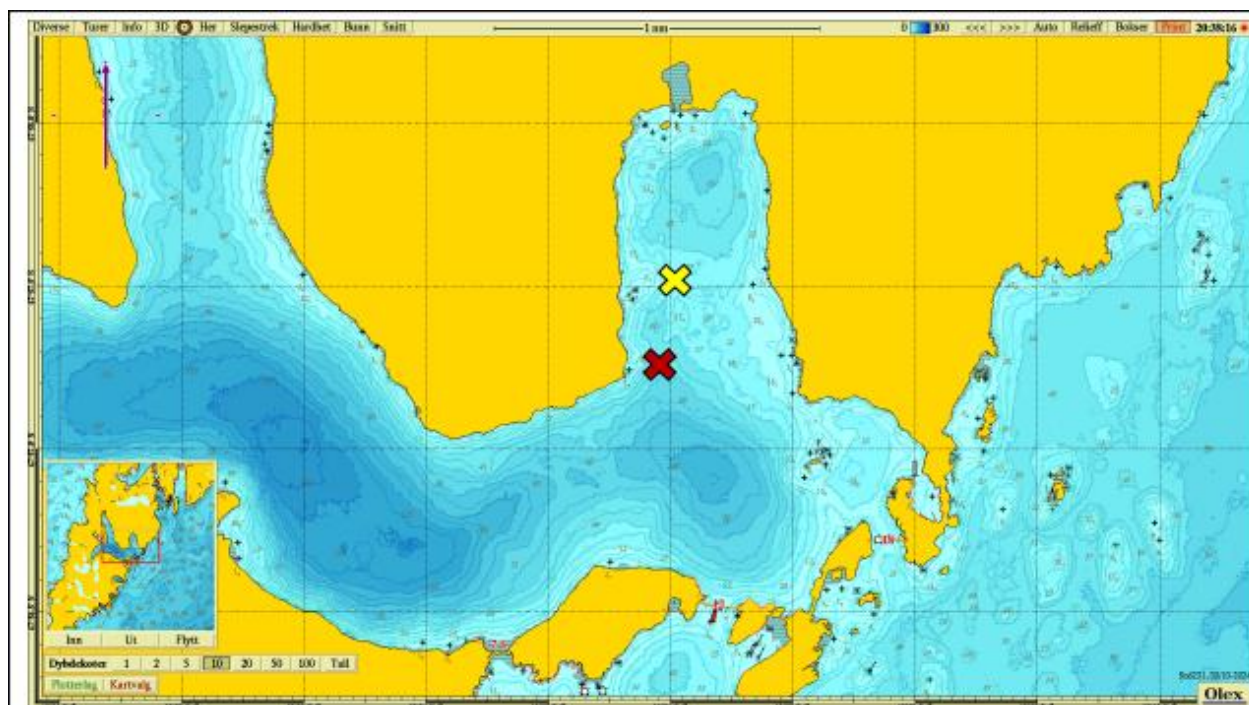
I hovedsak bestod sedimentet av sand med innslag av silt, skjellsand og grus. Prøvematerialet hadde fast konsistens, med unntak av myk konsistens i ett hugg ved VOR-REF. Ellers hadde det lys farge og det ble ikke registrert noen avvikende lukt. Ved VOR-2 og i ett hugg ved VOR-1 ble det registrert mye dødt rugl (kalkalger) i prøvematerialet, og ved VOR-4 ble det registrert noe mudder. Det ble ikke registrert forekomster av annet naturlig organisk materiale (planter, blader, kvister, tang ol.), fôr, fekalier, gassdannelse eller bakteriebelegg ved noen av stasjonene.

Resultatene viser svært gode faunaforhold i influensområdet ved Vorfjorden, der samtlige stasjoner fikk beste tilstandsklassifisering. Med unntak av et forhøyet karboninnhold ved de fleste stasjoner viste de kjemiske parameterne i hovedsak lave verdier. Det var en blanding av arter fra flere ulike økologiske grupper (NSI) som dominerte i influensområdet. Det skal nevnes at det forekom forurensningssensitive og/eller -nøytrale arter blant «topp ti» ved alle stasjonene, som tyder på gode forhold. Hyppigste art varierte stasjonene imellom, men særlig vanlige var børstemarkene *Paramphionome jeffreysii* (NSI-3) og *Heteromastus filiformis* (NSI-4). Ingen enkeltart dominerte stort ved noen av stasjonene (< 17 %), hvilket bidro til en svært god biodiversitet i området. Samtidig indikerer støtteparameterne (geokjemiske analyser og sensoriske vurderinger) ingen særlig grad av belastning i resipienten ved det planlagte utslippet, med unntak av et forhøyet karboninnhold ved VOR-2, VOR-3 og VOR-4.

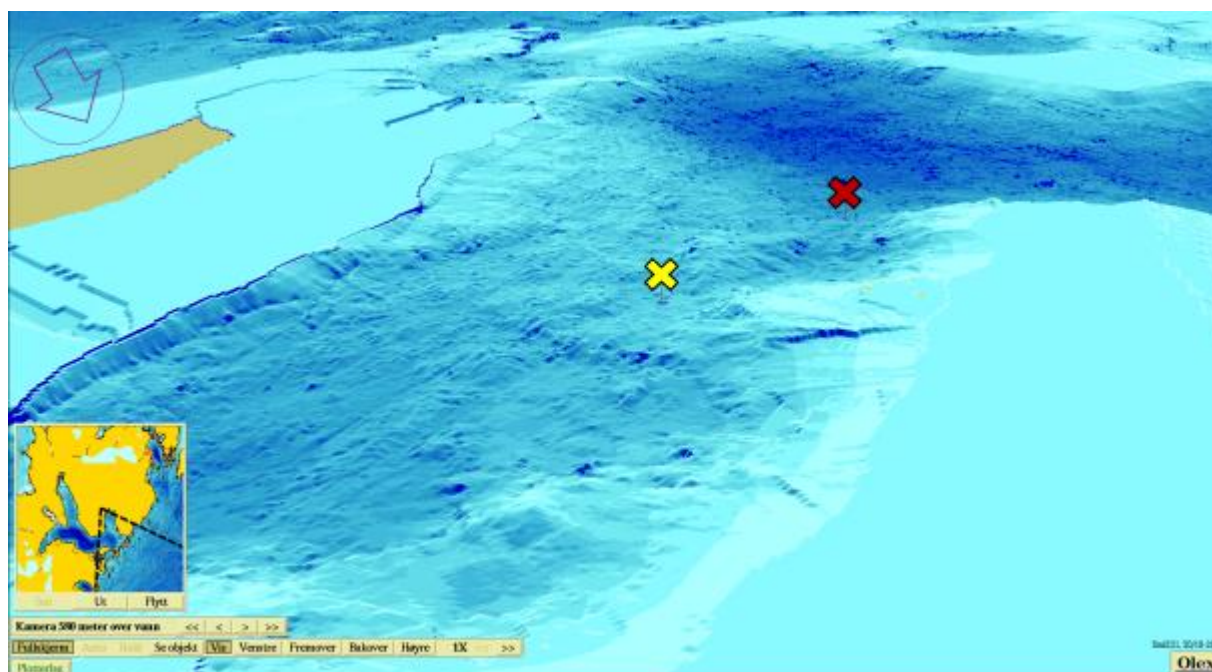
STRØMMÅLINGER VED UTSLIPPSPUNKT

Åkerblå AS har på oppdrag fra Multigen Gadus AS også utført strømmålinger ved utslippspunkt Vorfjorden som er vurdert etter beliggenhet, strømforhold, temperatur, vannutskiftning og tidevann. Resultatene fra strømmålingene gjelder for gitte prøvepunkt og for oppgitt tidsperiode. Vurderingen av strømforhold i området er gjort på bakgrunn av disse resultatene for mer info se strømrapporten.

Målepunktet for Vorfjorden ligger i Moskenes kommune, Nordland (Figur 2.1). Vorfjorden ligger innenfor Reinefjorden og nord for Reine. Plasseringen ligger delvis beskyttet fra Vestfjorden i sør. På grunn av omkringliggende topografi er de mest aktuelle vindretningene, med tanke på strøm, fra N og SØ og S. Bunntopografi er ca. 35m dyp under strømmålerposisjonen for 5m og 15m, og ca. 49m under strømmålerposisjonen for bunndyp (49m). Bunnen er orientert N – S i området for begge strømmålingsposisjonene.



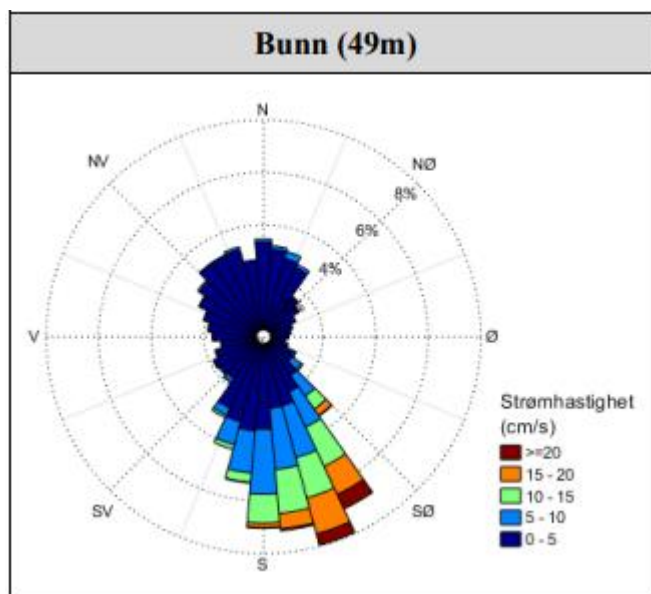
Figur 16: Plassering av strømmålere i området anvist med gult kryss (5m og 15m) og rødt (bunndyp 49m). Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer orientering til kart. Kart er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



Figur 17: 3D-kart/bilder av bunntopografi i området sett fra innerst i Vorfjorden. den tykke kompasspila indikerer kameraets orientering. De små bildene viser kameraets utsiktspunkt for den tilhørende bunntopografien. Kartene er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

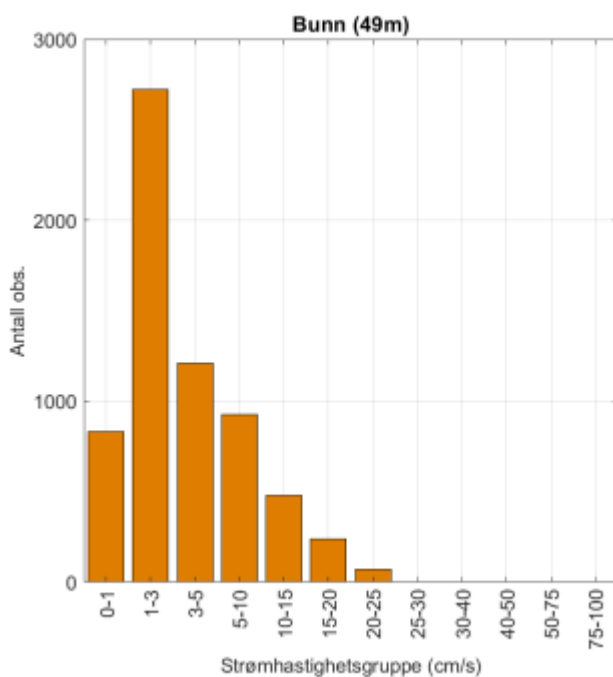
Tabell 2: Sammendrag av strømdata fra bunndyp (49m). (Kilde: Åkerblå AS).

Måledyp	Instrument (34m)		Bunn (49m)
Sjøtemperatur (°C)	3.6 - 6.5		3.5 - 6.3
Strømhastighet	5m	15m	Bunn (49m)
Maksimum (cm/s)	22.8	18.6	27.6
Gjennomsnitt (cm/s)	6.2	4.7	4.4
Minimum (cm/s)	0.0	0.0	0.0
Signifikant maks (cm/s)	10.2	7.7	9.4
Signifikant min (cm/s)	2.6	2.1	1.1
Varsians (cm/s) ²	12.3	6.8	20.4
Standardavvik (cm/s)	3.5	2.6	4.5
% < 1cm/s (dvs. 0 - < 1cm/s)	2.4	3.6	12.8
Lengste periode < 1cm/s (min)	20	20	110
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	19.1	28.8	54.8
Lengste periode < 3cm/s (min)	80	80	710
% < 10cm/s (dvs. 0 - < 10cm/s)	86.1	96.0	87.7
Lengste periode < 10cm/s (min)	1270	5470	3320
% ≥ 30cm/s	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 30cm/s (min)	0	0	0
% ≥ 50cm/s	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 50cm/s (min)	0	0	0
Effektiv transport			
Hastighet (cm/s)	0.4	0.5	2.5
Retning (grader)	333	68	168
Neumann-parameter	0.1	0.1	0.6
Gjennomsnittlig vannforflytning (m ³ /m ² /d)	5316	4070	3825



Figur 18: Strømrose på bunndyp (49m) (Kilde: Åkerblå AS).

En strømrose viser strømhastighet og -retning under hele måleperioden. Strømrosen viser hvor stor andel av målingene som er registrert for hver 10°-sektor, vist som prosentandel i figuren, og hvilken strømhastighetsklasse som er registrert i de ulike sektorene. Strømrosen gir en indikasjon på om strømmen har en dominerende retning eller ikke



Figur 19: Strømmens hastighetsfordeling på bunndyp (49m). Antall observasjoner er indikert på stående akse og hastighetsgruppe på liggende akse (Kilde: Åkerblå AS).

Strømmen på Vorfjorden er mot flere retninger på 5m og 15m, men er hovedsakelig N – S orientert, som stemmer med bunntopografi og fjordens orientering. På 5m er det mest vannutskiftning mot N (20.6%), og på 15m er det også mest vannutskiftning mot N (16.3%) (Tabell 4.17.1). Strømmen på bunndyp (49m) er hovedsakelig mot SØ/S (71.4%), som også stemmer med områdets bunntopografi og fjordens orientering (Tabell 4.17.1).

Maksimal strømhastighet var 22.8cm/s mot N på 5m, 18.6cm/s mot N på 15m og 27.6cm/s mot SØ på bunndyp (49m). Maksstrømmen er langs hovedstrømretning på alle dyp og er vurdert som svak på 5m og 15m, og som sterk på bunndyp (49m). Maksimalmålingen er bare én måling og gir ikke en indikasjon av om strømmen er sterk eller svak i området. Signifikant maksimal strømhastighet er gjennomsnittet av den høyeste tredjedelen av målingene og gir en indikasjon av styrken på strømmen i området. Denne var 10.2cm/s på 5m, 7.7cm/s på 15m og 9.4cm/s på bunndyp (49m). Signifikant maksimal strømhastighet er vurdert som svak på 5m og 15m, og som middels sterk på bunndyp (49m). Det var ingen tilfeller der strøm var > 30cm/s.

Strømmen er vurdert som tidevannsdominert på bunndyp (49m) under måleperioden, da tidevannsbidraget var $\geq 40\%$ (Tabell 4.24.1). Tidevannssignalet dominerte ikke på 5m eller 15m dyp under måleperioden (Tabell 4.24.1).

Ut fra omkringliggende topografi er det vurdert at vind fra N, SØ og S kan ha betydning for strømforholdene på lokaliteten. I måleperioden blåste vind mest fra S og sterkest fra V (Tabell 4.25.1). Grunnet friksjon mellom vind og vannoverflate vil vind med betydelig hastighet (> 3m/s) og stabil retning som blåser over en lengre periode ha innvirkning på strømmen. Tilfeller med vindpåvirkning er i dette tilfellet beregnet utfra sammenfallende eller motsatt rettet retninger ved et bestemt tidspunkt, uten hensyn til vindens varighet eller stabilitet. Hvis de lokale vindforholdene på strømmålingsposisjonen for 5m var like de på værstasjon Leknes Lufthavn er det vurdert at vind fra N kan ha påvirket strøm mot S, vind fra SØ kan ha påvirket strøm mot NV og vind fra S kan ha påvirket strøm mot N/NV. Selv om det var tilfeller hvor strøm- og vindretning sammenfalt når vind blåste fra NØ, er det ikke forventet at vind fra NØ vil påvirke strømmen i så stor grad siden lokaliteten er relativt beskyttet for vind fra NØ. Værstasjonen har en annen omkringliggende topografi enn strømmålerposisjonen og ligger i avstand på ca. 40km. Dermed kan det forventes noen andre vindretninger lokalt ved måleposisjonen enn på Leknes Lufthavn.

FYSISKE FORHOLD INNENFOR ANLEGGETS EGET DRIFTSOMRÅDE – ANLEGGSKONSTRUKSJON

Multigen Gadus AS har et produksjonssystem for torsk som består av to ulike typer produksjonsplattformer. En rekruttplattform som tar levert torskeyngel fra 100 til 500 gram og en matfiskplattform, som tar fisken videre opp til slaktestørrelse. Disse slaktestørrelsene er

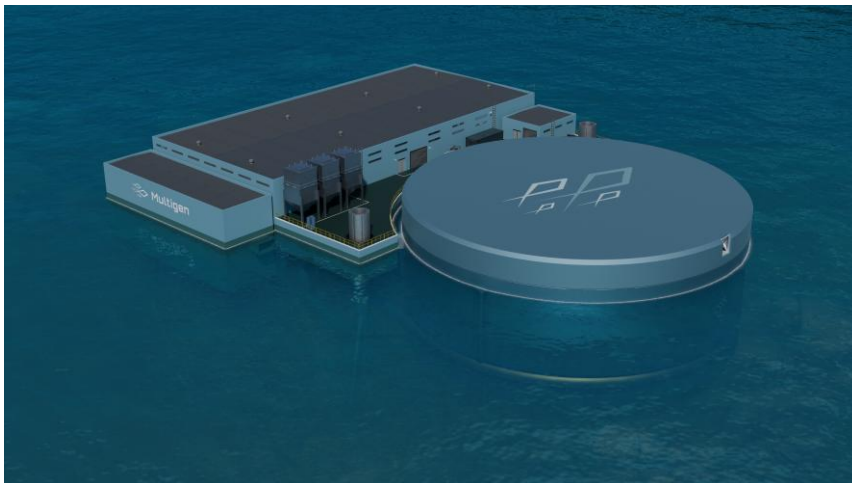
markedsavhengige og kan slik markedet er i dag starte på 1,7 kg og ende opp med en sluttvekt før tømning og brakklegging av plattformen på rundt 5 kg.

DRIFTSOMRÅDET PÅ PLATTFORMENE



Figur 20: Animasjon over rekruttplattformen slik den ser ut plassert i et skjermet og beskyttet sjøareal. (Kilde:Polarkonsult).

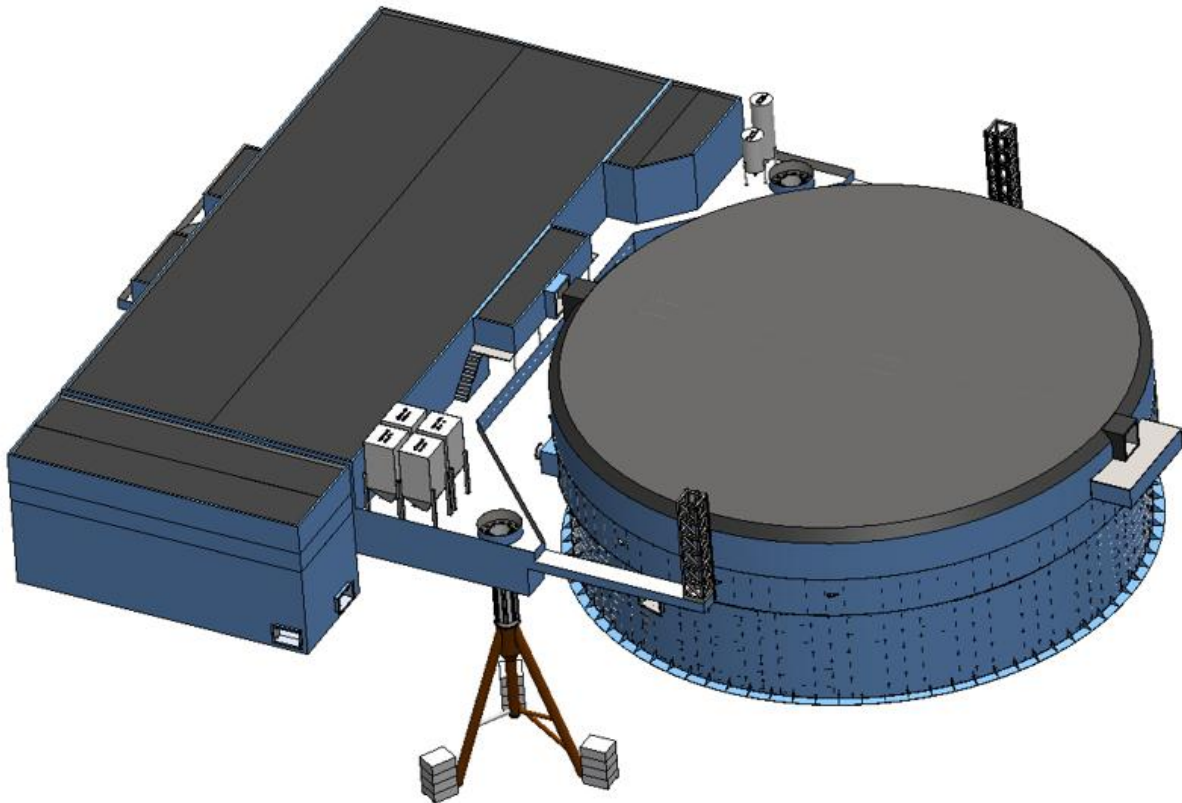
Rekruttplattformen skal ta fisken fra 100 gram til 500 gram og består av to smitteadskilte enheter med hver sine produksjonskar på 5 000m³ og sitt tilhørende biofiltersystem. Ved maks produksjon vil det føres ut rundt 6 500kg fôr. Dette vil kreve et forbruk av nytt vann på rundt 180 l/min.



Figur 21: Animasjon av matfiskplattformen (Kilde:Polarkonsult).

Matfiskplattformen utgjør siste del av produksjonssystemet og består av et stort produksjonskar på 25 000m³ og et tilhørende biofiltersystem. Maksimal tetthet i dette systemet er 75kg/m³ og plattformen vil ved full produksjon ha en maksimal biomasse på 1 870 000 kg. Dette innebærer en

maksimal utfôring per døgn på 14 000kg. Dette igjen fordrer et forbruk av nytt tilført vann på rundt 360l/min. Som på alle plattformer tilhørende Multigensystemet står det to plassbygde membranfiltreringsenheter plattformen som skal membranfiltrere alt vann inn og ut samt et slambehandlingsanlegg som tar ut alt av fast organisk materiale og tørker slammet ned til et tørrstoffnivå rundt 10 %.



Figur 19: Skisse av matfiskplattformen (Kilde: Lomar Teknologi AS).

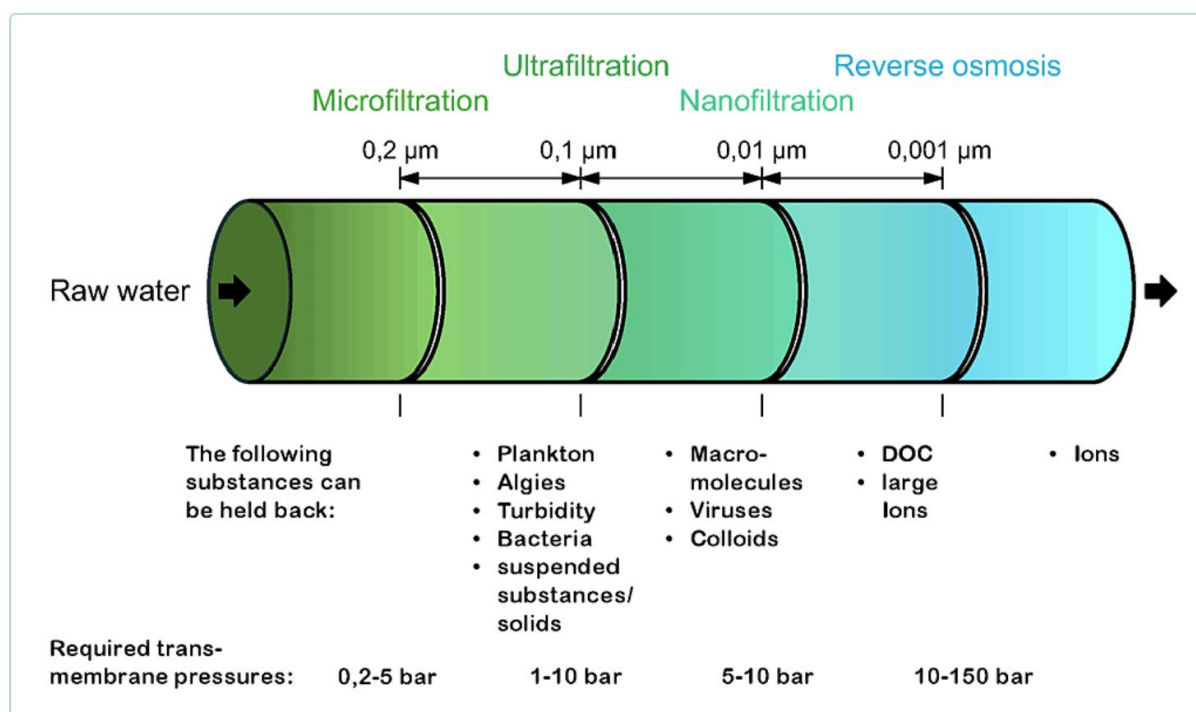
Et RAS 2 system muliggjør en stor produksjon basert på bruk av svært lite tilført nytt vann. Det at en bruker svært lite nytt vann og skiller ut like lite brukt vann gjør at det åpner seg for helt nye metoder for å rense, desinfisere eller sågar sterilisere både inntaksvann og avløpsvann. Samlet vannforbruk av sjøvann ved full produksjon i et komplett produksjonssystem er beregnet til ca. 1620l/min eller ca. 97 200l/time.

FJERNING AV AGENS VED MEMBRANFILTRERING AV SJØVANN

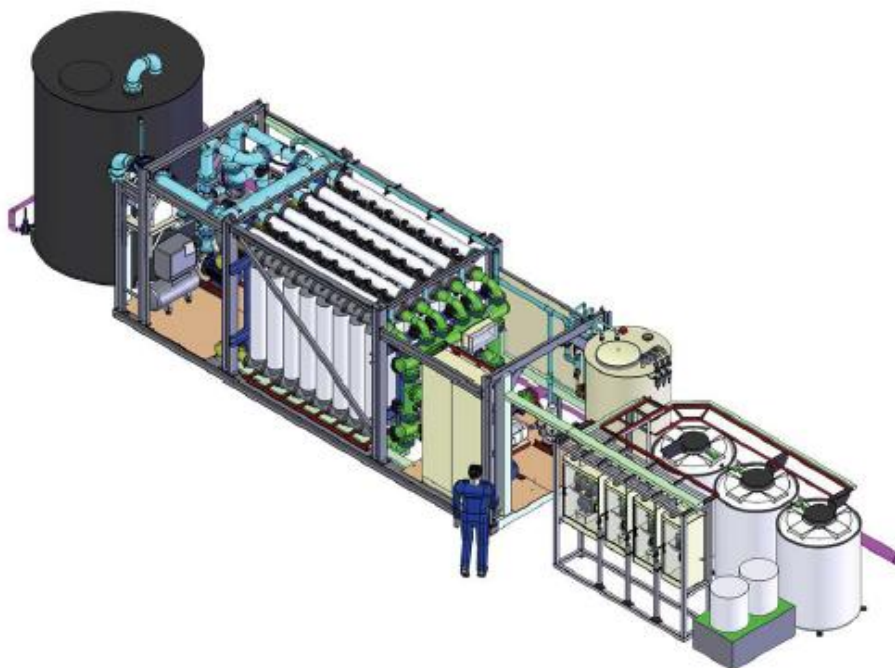
Det vil bli etablert plasstilpassede enkeltenheter for membranfiltrering på hver enkelt plattform. Det er lagt inn en overkapasitet på vannbehandling for å ha døgnkontinuerlig vannleveranse og med 100

% redundans. 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.

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 fjerner både parasitter, bakterier, virus og andre mikroorganismer som kan føre til sykdom hos oppdrettsfisk.



Figur 20: Skisse over hvilke typer mikroorganismer eller molekyler som fjernes ved de ulike filtreringsnivåene. (Kilde: AkvaFresh AS.)



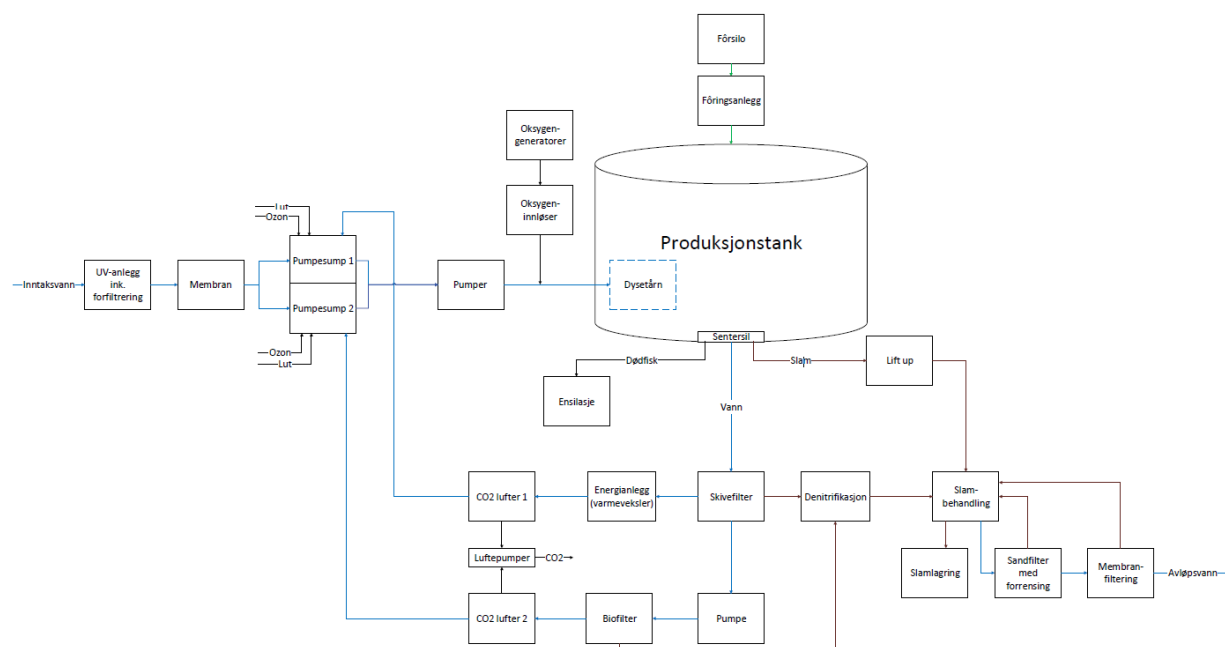
Figur 21: Skisse over filtreringsenhet for rensing av inntaksvann til Multigen (Kilde: Moss Hydro AS).

Ved nanofiltrering 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.

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 hvilke komponenter som holdes tilbake som vist i figur 22. Ønsket vannkvalitet for inntaks- eller avløpsvannet bestemmer hvilken filtreringsprosess som kan benyttes.

PROSESSANLEGG – BESKRIVELSE AV UTSTYR

Det er et komplekst samspill mellom ulike typer teknologi og utstyr på den enkelte produksjonsplattformen.



Figur 22: Prinsskisse prosess anlegg (Kilde: Polarkonsult).

Skissen viser utstyr i anlegget;

I det følgende beskrives prosessanleggets hovedbestanddeler og funksjoner

Renseanlegg RAS Fra avløpet i fiskekaret flyter vannet ved hjelp av tyngdekraften til et mekanisk filter hvor partikler over 60 µm filtreres fra hovedstrømmen.

Mekaniske filter Skivefiltrene utgjør den mekaniske renseprosessen i RAS-anlegget, og er første rensetrinn etter at vannet forlater fiskekarene.



Figur 23: Skivefilter i serie og skisse renseprinsipp (kilde: NP Innovation).

1. Innløpsvann
2. Filtrering ved gravitasjon gjennom filterduk
3. Trommelrotasjon
4. Tilbakespyling
5. Slamutløp

Vannet renner inn i trommelen fra forkant av filteret, og filtreres ut gjennom filterduken. Partikler større enn åpningen i filterduken holdes tilbake i filteret og forlater prosessen via rør til avløp. Ved normal drift vil alt vannet passere gjennom trommelfiltrene og fjerner fiskeskit, fôrspill og annet organisk materiale. De mekaniske filtrene er som standard utstyrt med filterduk på 60 micron.

Organisk materiale mindre enn lysåpningen i filterduken, så vel som løst stoff, passerer trommelfilteret og for videre nedbrytning i biofilteret. Rundt 85 % av vannmengden føres over filterduken med 60 μm , mens de resterende 15 % føres over finfilteret. Belastningen på de mekaniske filtrene blir kontrollert ved hjelp av to nivåsensorer som overvåker vannivået før og etter filtrering. Når filteret begynner å bli belastet vil vannivået stige i forkant av filteret

- Når vannivået i forkant av filteret stiger vil spylepumpen starte spyling av filterduken med dyser som spyler det organiske materialet av duken og til en oppsamlingsrenne. Avhengig av

design kan spylevannet enten være nytt vann eller filtrert vann hentet fra hovedstrømmen som går tilbake til fiskekarene.

- For å hindre partikler fra å tette spyledysene er det plassert et filter på inntaket til spylepumpene. Filtrene styres via driftskontrollen. Dersom vannstanden i trommelfilteret blir for høy, vil vannet gå i overløp via eget arrangement til pumpesumpen.

Det sentrale spylesystemet overvåkes av driftskontrollen.

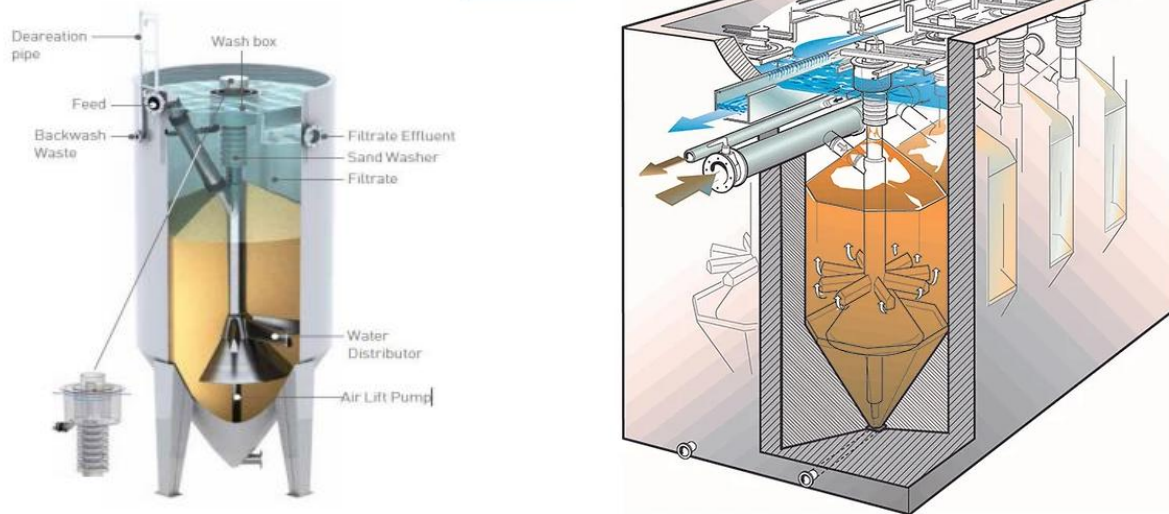
Instrumenter tilknyttet trommelfilter og spylesystem:

- Nivåstav ved innløp til filter
- Trykksensor ved pumpene for spylevann
- Dersom et filter går tett vil trykket falle og en trykkmåler vil sende et signal til SCADA-systemet som vil sende ut en alarm. Filteret må da renses eller byttes. Denne alarmfunksjonen vil også hindre at spylepumpen vil ha tørrkjøring.

Fjerning av organisk materiale ved hjelp av mekaniske filter reduserer belastningen på de biologiske filtrene. Etter mekanisk filtrering blir vannet ledet til de biologiske filtrene. Slam fra de mekaniske filtrene blir ledet til slamanlegg.

BIOLOGISK FILTRERING MED SAND SOM FILTERMATERIALE OG BIOMEDIE I RAS ANLEGG

Biologiske filtre kan oppdeles i aerobe filtre hvor det er oksygen til stede og i anaerobe filtre hvor den biologiske rensning foregår under oksygenfattige forhold. Små partikler som ikke blir fjernet i de mekaniske filtrene vil sammen med oppløste komponenter som fosfat og nitrogen, sistnevnte i form av ammonium utskilt fra gjellene til fisken. Ammonium er skadelig for fisk og må omdannes til den mer ufarlige komponenten nitrat. I biofilteret vil nitrifiserende bakterier omdanne ammonium først til nitritt og deretter til nitrat. Biofilterdesignet vil også medføre en mekanisk fjerning av mindre organiske partikler.



Figur 24: Prinsippskisse Sandfilter (Kilde: Litus Akva AS).

Når avløpsvann risler over et porøst medium som sand, vil det feste seg et tynt lag med bakterier til overflaten. Dette bakterielaget kalles biofilm. Bakteriene i biofilmen bidrar til å bryte ned (mineralisere) stoffer i avløpsvannet. Effektiviteten til de biokjemiske prosessene i biofilmen avhenger av mange forhold, men temperatur og biofilm areal per volumenhet rensemedium er viktig. Sand har en stor overflate sammenlignet med rensemedier som brukes i konvensjonelle RAS-anlegg. For eksempel vil 1 m³ sand med en kornstørrelse på 1 mm ha et overflateareal som overstiger 5000 m²/m³. Vanlige medier som brukes i biofilter har et overflateareal som sjelden overstiger 800 m²/m³. Driftstemperaturen i anlegget skal ligge på ca. 12 grader. Dette er et velegnet temperaturområde for nitrifikasjonsprosessen.

Fordeler ved bruk av sand:

1. Sand er naturlig og miljøvennlig og medfører ingen forurensingsrisiko. Sand er naturlig og miljøvennlig og medfører ingen forurensingsrisiko.
2. Sand er tilgjengelig i alle størrelser. Mest aktuelt i RAS er 1,2 - 2 millimeter størrelse. Dette gir en enorm overflate pr. m³ sandvolum.
3. Sand i denne størrelsen vil også ha en svært god mekanisk filteregenskap. Sanden vil fysisk holde tilbake partikler helt ned til 1 Micron. Filtreringsgraden sammenfaller med størrelse og gradering, samt vannhastighet.
4. Elektriske egenskaper: Kwartssand har en svak positiv ladning. Denne ladningen bidrar til å nøytralisere kolloide partikler (nanostørrelser/"fines") slik at de lettere flokkulerer til større partikler som fanges opp og holdes tilbake i sandfilteret.

5. Overflaten vil bli kolonisert av bakterier og vil derfor bli et svært effektivt biofilter. I biofilteret vil det vokse både heterotrofe bakterier som bryter ned organisk materiale (bod fjerning), og autotrofe bakterier som oksyderer tan til nitrat (nitrifikasjon). Prosessen starter spontant når det er tilgang på organisk materiale, TAN (total ammonium nitrogen) og O_2 .
6. Sandfilter binder noe fosfor.
7. Sand kan også brukes som anaerob filter. Det vil da kunne redusere Nitrat til N_2 (denitrifikasjon). I et sånt oppsett vil det også være svært effektivt for fosfor fjerning.

Dette skjer både som bunnfelling av partikler i kammeret og ved at partikler fester seg til biolegemene og blir helt eller delvis brutt ned i biofilteret. Vannet fra de mekaniske filterne blir ledet til bunnen av de nitrifiserende biofiltrene og flyter deretter fra toppen av biofiltrene til ozon-kammeret. Vannstrømmen fra biofiltrene flyter tilbake i en utløpsrenne.

CO₂ – LUFTING – PH KONTROLL

CO₂ avgasserne er plassert etter Dynasand filterne. Her blir vannet som kommer fra Dynasandfiltrene og overløp luftet for CO₂ ved hjelp av granulater som er fylt i flere vertikalrettede profiler.



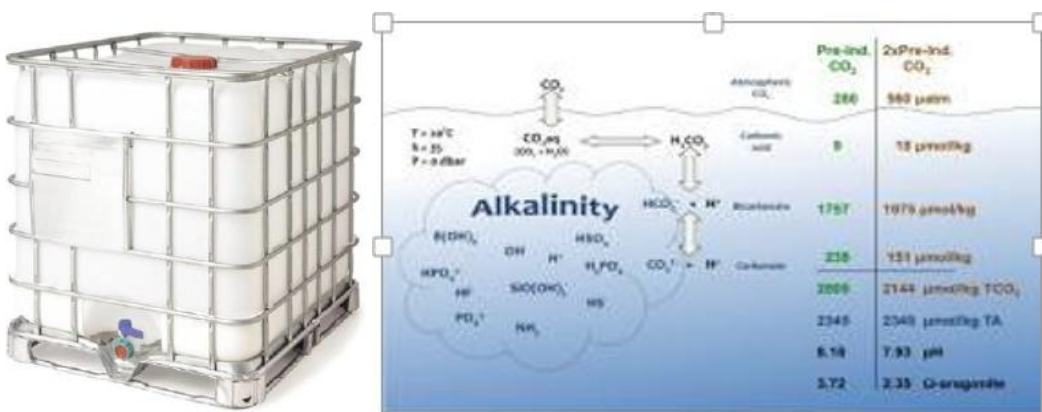
Figur 25: CO₂ –lufter for ras anlegg (Kilde: NP Innovation).

CO₂-lufteren består av flere mindre moduler som er montert sammen. Antall moduler avhenger av modelltypen. Enhetene har en kapasitet på 800 l/min hver, noe som også er den optimale strømmingen for best effektivitet. Hver avgasser kan maksimalt filtrere 48 m³/time. Det er for hver

rekke plassert 12 CO₂ luftere som gir en samlet maksimal kapasitet på 5760 m³/time. Vannet renner fra avgasserne ned i en pumpeump.

Sylindrene er lette og kan enkelt nås og fjernes fra lufteren for hånd og overføres til en badeløsning for desinfeksjon. CO₂ er omsluttet av FRP-vegger og utstyrt med luftuttak koblet til en avtrekksvifte. CO₂-lufter er en lufter av kaskadetype med selvrensende effekt. Vann- og luftstrømningsretningene er samtidige. Fyllmediet er laget av horisontale lag av PP-paneler, hver med mange små kanaler for det fallende vannet å passere gjennom. Vannet akselererer luften nedover, og med intens turbulens overføres CO₂ til luften.

I tillegg kan det brukes lut (NaOH) til pH og alkalitetskontroll. Det vil være behov for dosering av kalk (CaCO₃) i forbindelse med oppstart av anlegget eller i perioder med lav belastning. Doseringen gjøres via doseringspumper og tilsettes direkte i CO₂-luftekanalene. Dette sikrer god innblanding.



Figur 26: container med lut og diagram av kjemisk prosess ved tilsetning av lut og kalk.

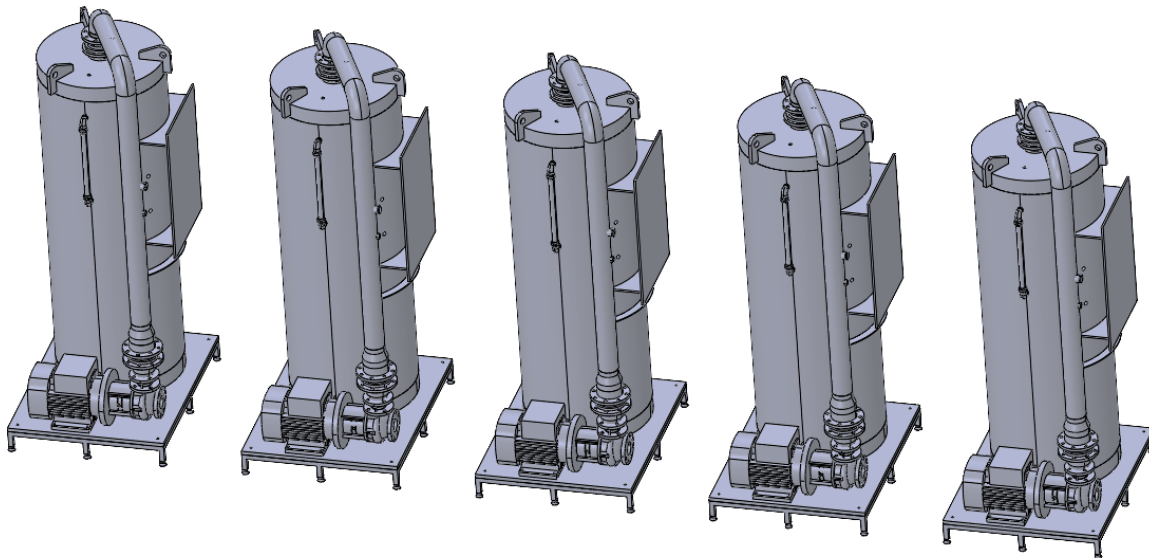
Når NaOH doseres, vil likevekten mellom CO₂ og CO₃ (alkalitet) forskyves ved at CO₂ omdannes til CO₃. Alkalitet (bufferevne) er svært viktig for den biologiske renseprosessen skal fungere tilfredsstillende. De nitrifiserende bakteriene er avhengige av alkalitet som karbonkilde for organisk vekst. Om alkaliteten blir for lav vil nitrifikasjonen hemmes, eventuelt opphøre. I tillegg til å tilføre alkalitet, sørger luten for at pH øker. Alkaliteten i prosessvannet skal til enhver tid holdes over 65 mg/l CaCO₃. Hvert RAS-anlegg utstyres med to stk. doseringspumper. Det leveres 2 pumper til hver RAS for full redundans. Pumpene plasseres i nærheten av luttanken i eget kjemikalierom i anlegget.

Doseringspumpene styres av driftskontrollen og benytter informasjon fra pH sensorene i pumpeumpene. Når pH er lav, doseres lut inn slik at pH stiger. Doseringsmengde og settpunktverdier defineres i driftskontrollen. Doseringsmengden kan også styres manuelt via operatørpanelet på doseringspumpen. Instrumenter i tilknytning til lut dosering:

- 2 x pH sensor i pumpeump
- Lavnivå-sensor i IBC container eller lut tank

OKSYGENERING

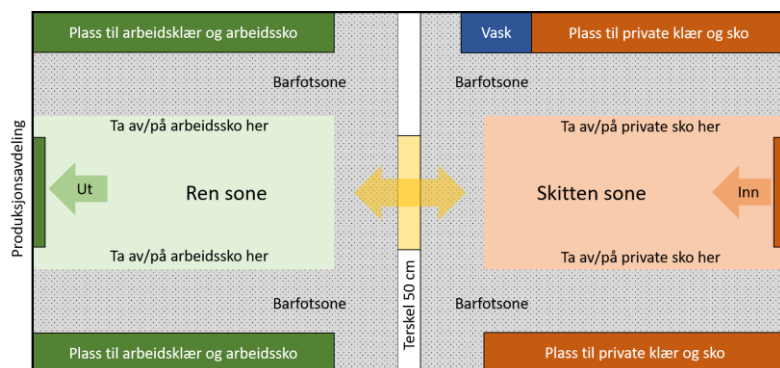
Tilsetning av rent oksygen kan enten skje ved enkel innblåsing direkte i produksjonskaret, eller under trykk i forskjellige systemer. Ved direkte innblåsing av oksygen i fiskekar vil det avhengig av dybde og boblestørrelse, kun innløses 10-20% av den tilførte mengden oksygen. Fordi oksygen er relativt kostbart er direkte innblåsing ikke særlig kostnadseffektiv og blir ofte bare anvendt i nødsfall.



Figur 27: Utstyr for oksygentilsetting Oksygenkjegle og oksygengeneratorer (Kilde: Sterner AS)

Ved å tilsette oksygen til vann som er under trykk kan en langt høyere andel O_2 innløses. Ved tilsetning av oksygen under et overtrykk på 0,7-1,0 bar overtrykk, som normalt benyttes, kan nesten 100 % av den tilsatte oksygenmengden innløses, og oksygenkonsentrasjoner på opptil 20-25 mg/l kan lett oppnås. Nødvendig trykk skapes av trykkpumper som pumper trykket tilsvarende 7-10 meter vannsøyle.

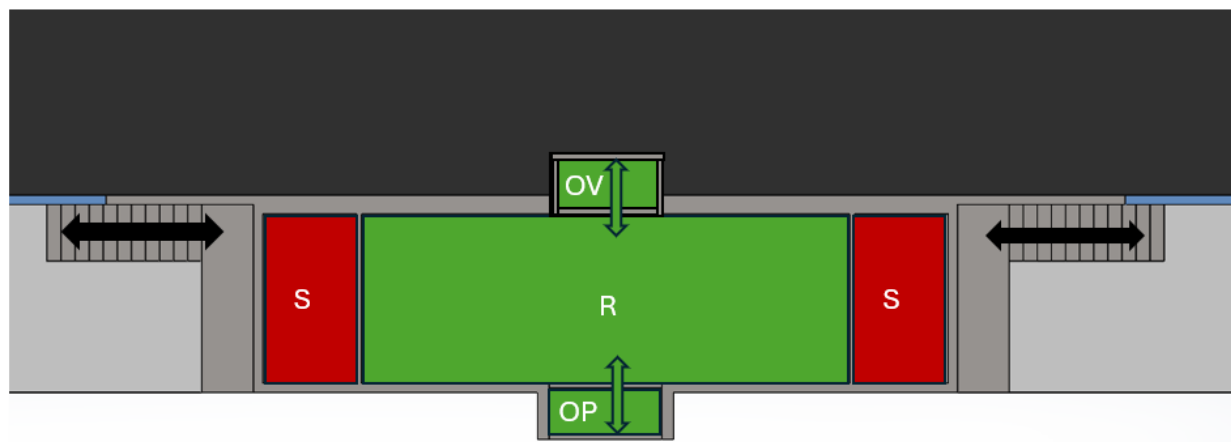
SLUSING



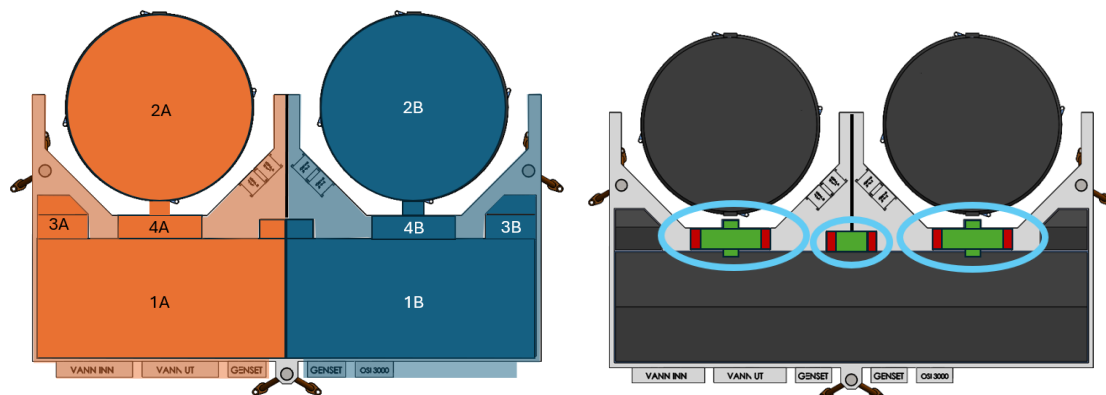
Figur 31: Skisse av sluse på 2x4 meter Kilde: Åkerblå, Per Anton Sæther

Driftsområdet til Multigen er bygd rundt samme mal og med de samme formål hva sikkerhet, miljø og fiskehelse angår. All produksjon hos Multigen foregår under tak.

Produksjonsplattformen er en flytende plattform i sjø sammensatt av flere moduler som har utstyr for renseanlegg for sjøvann inn, kar til fisk med vannrenseanlegg med filter (RAS 2), sumper, energirom, sluser, förlager, ventetank for slaktefisk, slambehandling, dødfiskhåndtering, el. anlegg og styrings og kontrollanlegg samt administrasjons – og sosialrom. Modulene er adskilt i egne smittemessige avdelinger og mellom disse avdelingene er det etablert smittesluser.

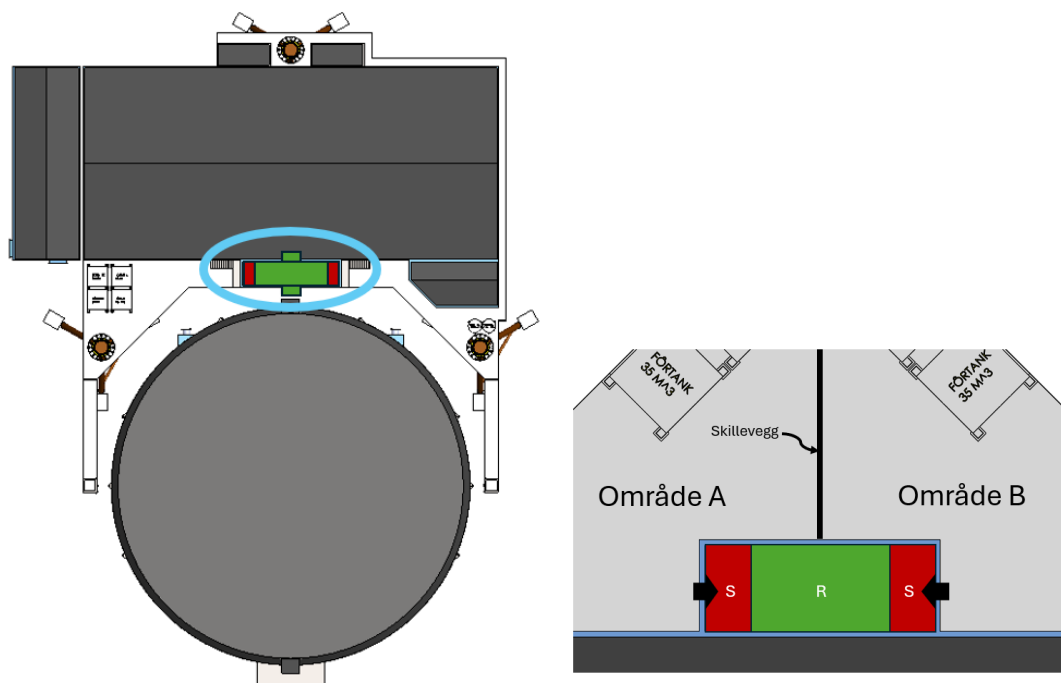


Figur 32: Skisse av slusesystemet på begge plattformene. S: Sluse som skiller urent fra rent område, R: Ren sone, Operasjonssentral, OV: Intern omkleddingssluse inn til vannrenseanlegg, OP: Intern omkleddingssluse inn til produksjonsenhet. (Kilde: Multigen Akva AS).



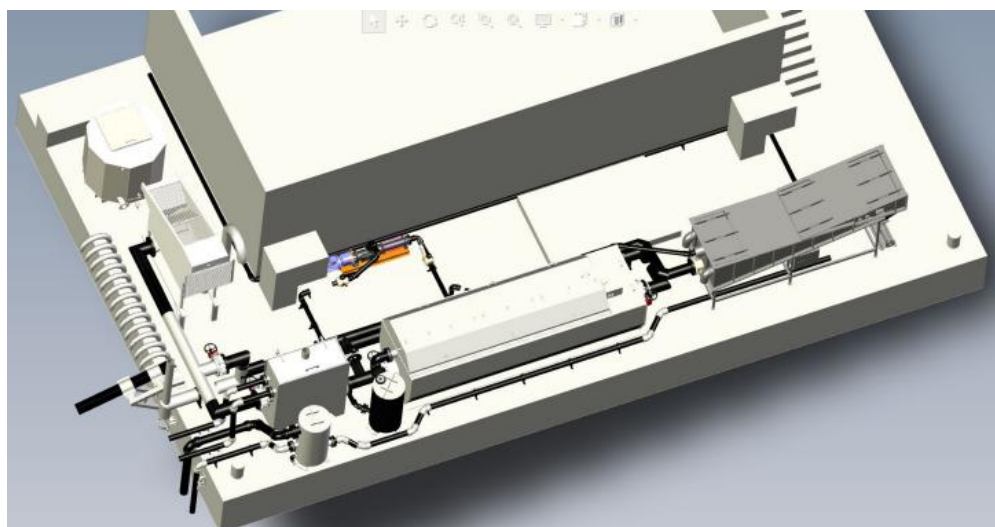
Figur 33: Skisse av adskilte smittemessige avdelinger og sluser mellom disse på rekruttplattformen. (Kilde: Multigen Akva AS).

Rekruttplattformen er delt opp i to helt adskilte produksjonssoner, her kalt Område A og Område B. Det er ikke mulig å bevege seg fra Område A til B uten at man går gjennom en sluse. Landbasen har et eget inngangsområde og er smittemessig knyttet til Område B. Dette innebærer at all inntrafikk av personlig utstyr og personell skjer via Område B på plattformen. Alt større utstyr, bruksmidler og materiell som fraktes til rekruttplattformen via båt leveres på det tilhørende Område. Det vil ikke på noe tidspunkt transporteres utstyr, bruksmateriell eller materiell fra et Område til det andre.



Figur 34 a: Skisse av Matfiskplattformen som er en egen smittemessig enhet. Hovedprinsippet hva skillet mellom ren og uren avdeling angår er bygget opp rundt det samme konseptet på alle plattformer og hovedområdet for slusing er her omrisset av en blå sirkel. Figur 34 b: Skisse av adskilte smittemessige områdene A og B på rekruttplattformen og slusen som skal benyttes ved trafikk mellom dem. (Kilde: Multigen Akva AS).

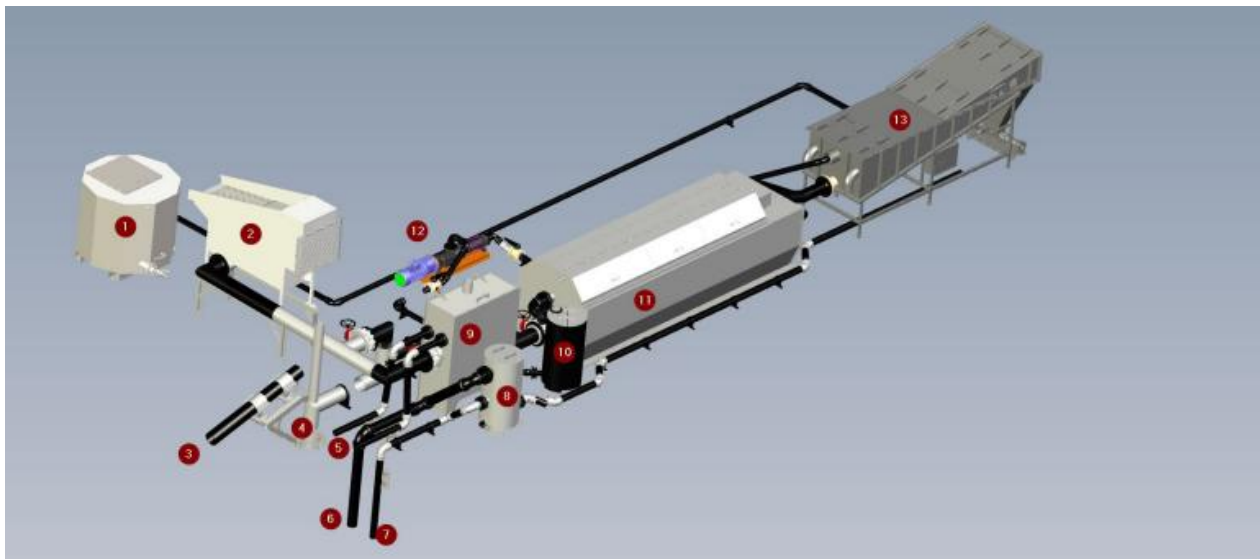
DØDFISK OG SLAMSYSTEM



Figur 35: Oversikt over dødfisk- og slamsystem (Kilde: Framo AS).

Dødfisk- og slamfelle blir levert som en enhet i bunnen av hvert enkelt produksjonskar og har som oppgave å samle dødfisk og slam på en mest mulig effektiv måte. Denne er utformet som en trakt

rundt senterrøret i PE plast. Enheten har et internt fall på 45 grader og nederst i fella blir slam og fisk separert ved fisken blir liggende igjen og slam fortsetter til et kammer under. Død fisk blir fjernet via et trompetformet innsug en gang for dagen eller etter behov via et 225mm PE rør. Vannflow i dette røret er estimert til 10m³/h. Slam blir fjernet fra et kammer nederst i fella via et 110mm rør. Slammet blir pumpet ut fra dette røret en gang i timen via PLS styring, antatt vannflow i dette røret er 20m³/h. Fra slamfellen i bunn blir dødfiskrøret koblet til med en flens og ført langs bunnen av konstruksjonen før den stiger opp til overflaten og om bord på tilhørende flåte. Transporten eller pumpingen blir utført ved tilsette luft i røret der det blir vertikalt. Slamrøret blir koblet på samme måte og blir klamret sammen med dødfiskrøret opp til overflaten, slammet blir pumpet på samme måte ved å tilsette luft i røret.



Figur 36: Oversikt over dødfisk- og slamsystem (Kilde: Framo AS).

Tabell 3: Tabell over prosessdeler knyttet til dødfisk- og slamsystem (Kilde: Framo AS).

Nummer	Produkt
1	Kvern
2	Silke for dødfisk, koblet til grovfilter
3	Dødfisklinje inn
4	Avløp grovfilter og trommelfilter
5	Slamlinjer inn
6	Overløp rent vann fra spyletank
7	Inntaksrør spylevann
8	Holdetank rent vann for spyling i filter
9	Grovfilter
10	Holdetank for slam fra trommelfilter
11	Trommelfilter
12	Pumpe for transport av slam fra trommel til beltefilter
13	Beltefilter

Filtersystemet er bygd opp med et grovfilter som tar ned hastigheten på vannet samt fjerner/lufter ut all luften som er tilsatt i pumpeprosessen. Grovfilteret vil og fjerne alle større objekter som en ikke vil ha tilført trommelfilteret. Fra grovfilteret går vannet videre inn i trommelfilteret som filtrerer vekk mestedelen av vannet som er pumpet inn. Tørrstoff prosenten regnes som 0,2% inn fra slamfelle og 1% ut fra trommelfilter. Fra trommelfilteret kommer slammet ned i en tank som blir overvåket med radar og pumpet til beltefilteret. Beltefilteret tar slammet over en duk som tørker dette til 10%. I enden av beltefilteret detter slammet ned i en trakt og blir tilsatt Nutriox som gir næring til de bakteriene som skaper oksygen, dette er med på å stabilisere slammet og hindre H₂S dannelse. Herfra blir slammet pumpet til egnet mellomagringstank.

Kontrollsystemet omhandler dødfiskpumping og slampumping fra det antall produksjonskar som er på hver plattformtype. Systemet settes opp med standardfunksjoner for pumping av slam og død fisk. Operasjon via operatørpanel på PLS skap, samt webgrensesnitt for operasjon av slampumping. PLS skal ta inn driftssignal fra filtersystem og monitorere dette i web grensesnittet samt i Grafana (applikasjon). Kontrollsystemet styrer og gir informasjon om:

- Alarmer
- Strømbruk
- Slangebrudd
- H₂S gass måling
- Pumpesekvenser slam og dødfisk

Kontrollsystemet måler mengde slam levert til mellomagringstank. Denne kan kobles mot logistikk partner for sømløs løsning på transport.

GENERELL HÅNDTERING AV ORGANISK MATERIALE I PROSESS-SYSTEMET (SLAMBEHANDLING)

Dagens resirkuleringsanlegg er bygget opp for å kunne ta hånd om organisk materiale på ulike måter. Et moderne slambehandlingssystem er i utgangspunktet designet for å håndtere tre forskjellige avfallsstrømmer.

- Tykt slam fra uttak i kar avløp
- Tykt slam fra mekaniske filtre i RAS-anlegget og slam fra plateseparatorer
- Lett slamvann fra rengjøring av biofilter

For et resirkuleringsanlegg er det av avgjørende betydning for funksjonsgraden til anlegget at tilførselen av organisk materiale til biofilteret blir så mye redusert som mulig. Dette gjøres ved å unngå overføring og ved at selve produksjonskaret fungerer godt med selvrensing, slik at fiskeskit og forspill fjernes raskt og effektivt via avløpet som har et silsystem som skal ta 90 % av de faste partiklene og føre dette direkte til slamrenningsanlegget. Resten av de faste partiklene som har blitt tilført vannet under dets opphold i produksjonskaret/ene vil gå til skivefilteret for ytterligere rensing. Dødfisk går via et eget avløpssystem til en ensilasjeenhet for videreprosessering.

I motsetning til gjennomstrømningsanlegg hvor alt vann fra mekaniske filter går til resipient går filtratvannet i RAS-anlegg tilbake til biofilter. Organiske komponenter som ikke fanges opp i trommelfiltrene blir dels brutt ned til vann og karbondioksid, og dels bygget opp i biofiltrene til ny biofilm, som igjen blir fjernet i trommelfiltrene i en kontinuerlig loop-prosess. Det eneste som slippes ut til resipient fra selve RAS-anlegget er overløpet, som i mengde er identisk med spede vannsforbruket minus spylevann(reject) fra de mekaniske filtrene (skivefilter). Hvis spylevannet kommer fra ekstern vannkilde (råvann/spedevann) vil deler av dette komme i tillegg til spede vannsmengden. Prosessvannet vil normalt ha et beskjedent TSS innhold på ≤ 10 mg/l. (som er det samme som normalt TSS innhold i prosessvannet i fiskeanlegget). Dette overløpsvannet (prosessvann) vil i midlertidig ha betydelige mengder av oppløste næringssalter. Det er i første rekke Nitrat og Fosfat. Spylevannet (reject) fra mekaniske filter (skivefilter) som går til slambehandling som normalt betegnes som tynnslam, vil bære med seg det alt vesentlige av TSS og TOC fra anlegget.

NITRIFIKASJON

Nitrifikasjon er den biologiske omdannelse av ammoniakk, ammonium og enkle organiske N-forbindelser til nitrat. Dette er en viktig del av nitrogenomsetningen i jorden, fordi plantene tar opp nitrogen vesentlig i form av nitrat. På den annen side vaskes nitrat lett ut, mens ammonium bindes til jordkolloidene. Det er i biofilteret i et resirkuleringsanlegg at denne prosessen foregår. De ammoniumsforbindelsene som omdannes stammer fra fiskens fordøyelse av proteiner og må fjernes siden de er giftige for fisken. Nitrifikasjonsprosessen har to faser. Først oksideres ammonium av nitrifiserende bakterier, *Nitrosomonas*, til nitritt. Deretter oksideres nitritt videre til nitrat av nitratbakterier, *Nitrobacter*. Disse bakteriene er autotrofe får sin energi fra selve nitrifikasjonen. Dette skjer i alle tradisjonelle RAS-anlegg.

Med RAS 2 menes her implementering av en sekundær vannbehandling i form av denitrifikasjon og fosforfelling. Hovedmålet med dette er å redusere vannforbruket og utslippet av næringssalter til 1/10 av hva som er tilfelle med RAS 1.

DENITRIFIKASJON

Prosessen er en heterotrofisk anaerob biologisk prosess hvor bakteriene bruker O₂ fra Nitrat- ionet.

Bakteriene bruker karbon fra slam og/eller en ekstern karbonkilde som for eksempel metanol/etanol:

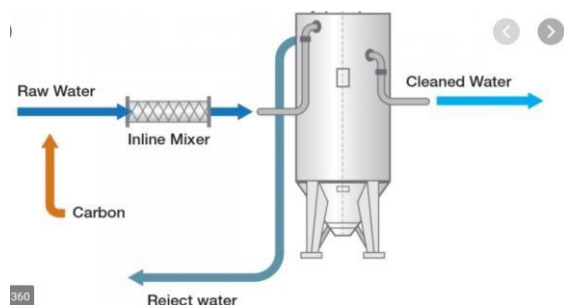


Prosessvann (tilsvarende i mengde spedevannsbehov for RAS 1) fra anlegget og alt filtratvann (klarfasen) fra slambehandlingsanlegget ledes inn i reaktorkammeret. Rejectvannet har relativt høyt tørrstoffinnhold, og vil derfor bidra som en karbonkilde til bakteriene. Bakteriene vil omdanne nitrat til atmosfærisk nitrogen som luftes ut. Vannet pumpes tilbake til anlegget med lavt nitratinhold. Avløpet til resipient vil følgelig bli fra et punkt (oftest overløp i pumpeump) og være minimalt fra slike RAS 2 anlegg.

Med RAS 2 anlegg menes her resirkuleringsanlegg som for RAS 1, med tillegg av denitrifikasjon (nitrogenfjerning) og fosforfjerning. Denitrifikasjon er en heterotrofisk anaerob biologisk prosess som reduserer nitrat til nitrogengass (fra NO₃ til N₂). Med denne prosessen sluttet altså nitrogensyklusen og tilbakefører oppløste næringssalter (nitrat) av nitrogen til atmosfærisk nitrogen. Vannmengden kan reduseres fra 400 l/kg fôr som er vanlig for RAS 1 til 40 l/kg fôr som er vanlig for RAS 2.

Denitrifikasjonsprosessen utføres av heterotrofe bakterier som vokser og formerer seg raskt og effektivt, og omsetter det aller meste av Nitrat til N₂ gass som luftes ut. I tillegg til rejectvann fra slambehandling suppleres det med prosessvann tilsvarende spedevannsmengde som normalt brukes for RAS 1.(400l/kg fôr) Alt vann som går gjennom denitrifikasjonsanlegget tilbakeføres til RAS

anlegget. Rejectet føres tilbake til første trinn i slambehandlingsanlegget. Dermed vil slike anlegg kun ha et utslippspunkt til resipient.



Figur 37: Skisse av denitrifikasjonsfilter fra Nordic water (Kilde Litus).

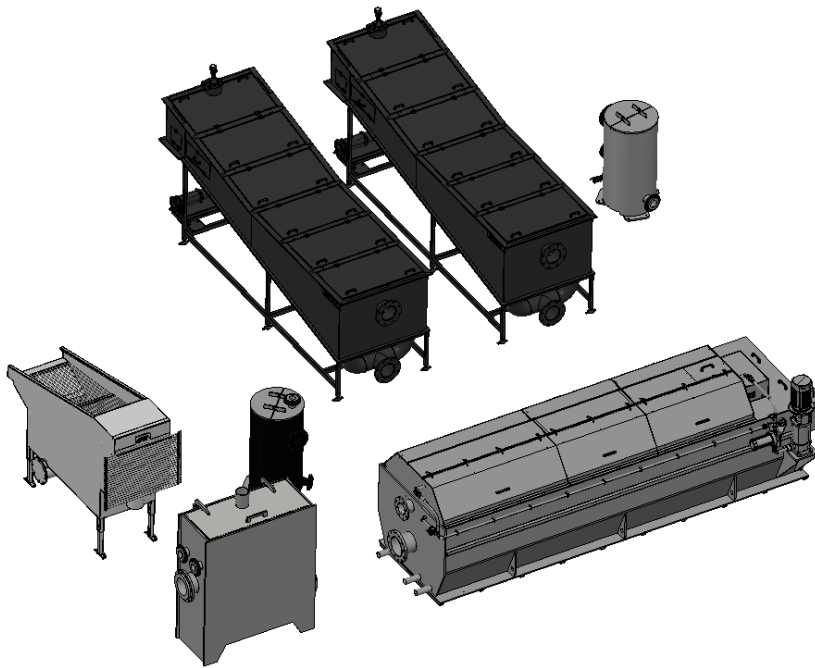
Denitrifikasjonsprosessen må som nevnt ha tilført organisk karbon. Det er normalt å tilsette metanol eller etanol som karbonkilde til denne prosessen. I RAS sammenheng er det vanlig å benytte alt vann som kommer som klarfase(reject) fra de ulike prosesstrinnene i slambehandlingen. På den måten får man tilført lett tilgjengelig C for de heterotrofe mikroorganismene som utfører denitrifikasjon. Ved å bruke dette vannet i prosessen vil behovet for ekstra C tilsetting i form av metanol-tilsetting reduseres.

Alt utslipp fra Multigen sitt RAS 2 anlegg reduseres til ett utslippspunkt, som vil være prosessvann fra overløp i pumpe- og sump i RAS. Beregning av utslipp vil derfor være enkelt og lett å kontrollere. I og med at utslippsmengden er svært beskjedne vil også kilden til målefeil/beregningsfeil være minimal.

Nitratmengden i overløpsvannet (prosessvann) som går til resipient vil være det samme som for RAS 1 (ca. 100 mg NO₃-N/l vann). Vannmengden reduseres til 1/10 - sammenlignet med RAS 1. Det samme vil da gjelde utslipp av Nitrat. Fosfor og metaller fjernes vha. både biologisk fjerning og kjemisk felling. God biologisk fjerning av fosfor gir normalt et fosfornivå på ca. 1 mg/l etter behandling (filtrat). Kjemisk fosforfelling gir normalt fosfornivåer på ≤0,5 mg P/l vann.

Normale fosforfellingsanlegg regnes å ha en fjernings % på ≥ 90. Normale fosforverdier i utslippsvannet vil ved kombinasjon av biologisk og kjemisk fosforfjerning ligge på ≤0,5 mg P/l vann, men kombinasjonen biologisk og kjemisk fosforfjerning reduserer behov for fellingskjemikalier vesentlig. Da dette slamvannet har en tung organisk belastning ledes dette inn i nitratfilter hvor nitrat omdannes til karbondioksid i en biologisk oksygenfri prosess. Deretter kan dette vann renses ytterligere for fosfor og mikropartikler før det brukes i anlegget igjen eller ledes til avløp.

Den sekundære vannstrøm har til formål og rens vannet som filtreres fra i partikkelfilteret. Vannet renses til en grad hvor det kan benyttes i anlegget igjen eller alternativt ledes ut i resipienten.



Figur 38: Slamrenseanlegg med anlegg for avvanning av slam og skrue for transport av tørket slam (Kilde Framo AS).

Systemet er som nevnt ovenfor designet for å håndtere tre forskjellige avfallsstrømmer.

- Tykt slam fra uttak i kar avløp
- Tykt slam fra mekaniske filtre i RAS anlegget, slam fra plateseparatorer
- Lett slamvann fra rengjøring av biofilter

Slammet blir separert for å forbedre effektiviteten av prosessene i RAS anlegget, dvs. slamavvanning og behandling ved slutten av prosessen (denitrifisering). Løsningen reduserer den mengde avløpsvatn rensanlegget er dimensjonert til å behandle.

Dette gir mulighet til effektivt å kontrollere det siste trinnet med denitrifikasjon ved å justere vannstrømmene, dvs. rens vann fra slamfortykningsprosessen og biofiltervaskvann.

SLAM FRA RAS ANLEGGENE

Tykt slam pumpes til en strømningsreguleringstank, mens lett slam pumpes til en buffertank. Sistnevnte har slamavløp i bunnen for å fjerne sedimentering ved å pumpe det til tanken for slamavvanning. Prosessen med slamfortykning involverer beltefiltre for (5-10% DM) og dekanter sentrifuger for til slutt å nå ca. 25% DM. Polymerer tilsettes som koagulant for å forbedre prosessen. Avløpsvann fra behandlingstrinnene samles i en oppbevaringstank og pumpes til plateseparatoren. Dette forbedrer fjerningen av organisk materiale og reduserer belastningen på denitrifiseringsfilteret.

Slam fra plateseparatoren pumpes tilbake til slamavanningstanken. Avløpsvann blandes med biofiltervaskvann før det pumpes til denitrifikasjonsfilteret.

Biofilter-vaskevann inneholder partikler som kan sette seg i buffertanken. Sedimentert slam pumpes til strømningsreguleringstanken som inneholder tykt slam. Vask vann og avis vann pumpes til denitrifikasjonsfilteret for omdannelse av nitrat til nitrogengass (N₂). Under denne prosessen bør en karbonkilde tilsettes vannet, f.eks. metanol.

Restvannet fra slambehandlingen etter all primær- sekundær og tertiærbehandling blir ført gjennom to dynasand biofilterenheter før det blir tilsatt avløpsvannet fra prosesssystemet og kjørt gjennom membranfiltreringsprosessen og til slutt UV-behandlet før det slippes ut til resipienten.

BEREGNING AV UTSLIPP FRA MULTIGEN

Fosfor og metaller vil fjernes vha. både biologisk fjerning og kjemisk felling i tillegg til ultrafiltrering. Uten ultrafiltrering fjernes 99% av alt fosforet, resterende 1% vil være en fordeling av ortofosfationer og kolloidalt fosfor. Ortofosfationene vil ikke fanges opp av membranfiltreringen noe store deler av kolloidalt fosfor vil bli. Nøyaktig fordeling vil dokumenteres etter igangkjøring av anlegget og analyser av avløpsvann foreligger. I videre beregning tar vi kun utgangspunkt i 99% fjerning av fosfor selv om det reelle tallet trolig vil være høyere. Nitrogenfjerning i RAS 2 system er beregnet og det fjernes 92 %. Karbon etter membranfiltrering er tilsvarende 100%.

RAS anleggets hydrauliske og biologiske kapasitet dimensjoneres utfra maksimal fôring som fremkommer i produksjonsplanen. De ulike plattformene har følgende årlig fôrforbruk;

Tabell 4: Oversikt over utslipp fra Multigen produksjonssystem. (Kilde: Multigen Akva og Litus Akva).

Plattform	Maks. utføring per syklus	Antall sykluser i året	Vannforbruk i l/min Spedevann	Årlig fôrforbruk	Gjennomsnitt daglig fiskeproduksjon	Årlig utslipp av næringssalter
Rekruttplattform	291 826 kg	4	180 l/min	1 167 304 kg	3198 kg/døgn	C: 0 kg/år P: 140 kg/år N: 4669 kg/år
Matfiskplattform	3 187 755 kg	1	360 l/min	3 187 755 kg	8 733 kg/døgn	C: 0 kg/år P: 382 kg/år N: 12 751 kg/år
Et produksjonssystem totalt			1 620 l/min	13 918 324 kg	38 132 kg/døgn	C: 0 kg/år P: 1670 kg/år N: 55 673 kg/år

Det årlige fôrforbruket i et komplett produksjonssystem med en rekruttplattform og fire matfiskplattformer på et lokaltetsområde vil i snitt være på 13 918 324 kg og uten rensing av

utslippsvannet ville dette akkumulert gitt et årlig utslipp på 2 366 000 kg karbon, 825 000 kg nitrogen og 173 000 kg med fosfor. For et komplett Multigen produksjonssystem med rensing er utslippet beregnet til 1 670kg fosfor og 55 673kg nitrogen.

Utslipp fra forskjellige anlegg varierer i stor grad. Multigen anleggene vil være utstyrt med RAS 2 teknologi og membranfiltrering av avløpsvannet. Nedenfor er en eksempeltabell med tenkt produksjon på 3000 tonn med en førfaktor på 1.05, videre forklaring av beregningsmetode og bakgrunn er i vedlegg 5 til søknaden.

Tabell 5: Eksempel på utslipp til resipient og rensegrad fra Multigen med RAS 2 med en produksjon på 3000 tonn og en førfaktor på 1.05 (Kilde : Litus Akva AS).

Produkt	Beregningsgrunnlag	Resultat
Rensegrad av TOC i forhold til brutto utslipp (før rensing) Brutto utslipp C: $\frac{1}{2} \cdot (\text{fôrforbruk} \% \text{ TOC i fôr} - \text{total fiskprod} \% \text{ TOC i fisk}) = \frac{1}{2} \cdot (3\,600\,000 \cdot 45\% - 3\,000\,000 \cdot 20\%) / 2 = 510\,000 \text{ kg}$	$\frac{\text{Brutto utslipp} - \text{utslipp}}{\text{Brutto utslipp}} \cdot 100$ $\frac{510\,000 - 721}{510\,000} \cdot 100 = 99,9$	≈ 100 % Rensegrad 99,9%
Rensegrad av N i forhold til brutto utslipp. Brutto utslipp N: $(\text{fôrforbruk} \% \text{ i fôr} - \text{total fiskprod} \% \text{ i fisk}) = 3\,600\,000 \cdot 7,21\% - 3\,000\,000 \cdot 2,72\% = 177\,960 \text{ kg}$	$\frac{\text{Brutto utslipp} - \text{utslipp}}{\text{Brutto utslipp}} \cdot 100$ $\frac{177\,960 - 14\,418}{177\,960} \cdot 100 = 91,9$	≈ 92 % Rensegrad
Rensegrad av P i forhold til brutto utslipp Brutto utslipp P: $(\text{fôrforbruk} \% \text{ i fôr} - \text{total fiskprod} \% \text{ i fisk}) = 3\,600\,000 \cdot 1,37\% - 3\,000\,000 \cdot 0,4\% = 37\,320 \text{ kg}$	$\frac{\text{Brutto utslipp} - \text{utslipp}}{\text{Brutto utslipp}} \cdot 100$ $\frac{37\,320 - 433}{37\,320} \cdot 100 = 98,8$	≈ 99 % Rensegrad

RENSING AV AVLØP FRA MULTIGENPLATTFORMER

Avløpsvannet fra plattformer tilhørende Multigen Gadus vil bli behandlet på samme måte som inntaksvannet og etter en forfiltrering blir avløpsvannet membranfiltrert ned til 0,02 nm i porestørrelse før vannet deretter blir UV-behandlet og sluppet ut på anbefalt utslippssted. Samlet mengde avløpsvann for et komplett produksjonssystem er beregnet til ca. 1 620 l/min og det vil være krystallklart i farge og fri for partikler.

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 Multigen Gadus AS sin oppfatning at de planlagte tiltakene bidrar til å øke forutsigbarheten for egen produksjon og at utslipp ikke vil ha

noen negative miljøeffekter på nærområdet, på ville fiskebestander i sjø, på anadrome fiskebestander i elver og eller allerede etablerte akvakulturvirkksomheter i området. Det vil heller ikke være til hinder for nye etableringer i området på grunn av anleggets biosikkerhetsprofil.

DRIFTSMESSIGE FORHOLD

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

En av de store fordelene ved Multigen sitt produksjonskonsept er at man har muligheten til å styre de fleste innsatsfaktorene under produksjonen på en svært god måte. Med innsatsfaktorer forstås i all hovedsak vannkvalitet, vanntemperatur, vannbevegelse og lys. Siden produksjonen foregår i en lukket produksjonsenhet og det benyttes svært lite nytt vann per tidsenhet, er det mulig å styre både driftstemperatur og lysrytme uavhengig av den rådende årstiden utenfor plattformen. Dette innebærer at man kan gi fisken 10-12 grader i vanntemperatur gjennom hele kalenderåret uavhengig av om det er januar eller september måned. Man kan også velge å gi fisken en døgnrytme med dag- og nattdag eller velge å gi fisken en vinterlys- eller sommerlysrytme hvis dette skulle være ønskelig. Man kan også styre vannhastigheten i produksjonskaret, slik at denne er optimalt tilpasset fiskens behov i de ulike fasene av dens liv og at fisken kan trenes i perioder.

Hver enkelt av de to produksjonsplattformtypene som et komplett produksjonssystem i multigensammenheng består av, har sin egen produksjonsplan. Disse produksjonsplanene baserer seg i hovedsak på et «alt inn alt ut» prinsipp knyttet til hver enkelt smitteenhet. Dette gjelder imidlertid ikke for matfiskplattformen, som vil starte med månedlige uttak av fisk allerede ved 1,7 kg størrelse for uttak til slakt. Det vil uansett være en brakklegging mellom hvert innlegg på både rekruttplattformen og matfiskplattformen. Varigheten på brakkleggingsperioden vil variere alt etter behov for vask, desinfeksjon, vedlikehold eller reparasjoner. Prosess-systemet er bygget opp på en slik måte at det vil være mulig å sanere plattformen komplett på en rask og effektiv måte. Dette slik at man ved en brakklegging også kan fjerne alle bakterier inkludert de som benyttes i nitrifikasjonen samt alle fiskepatogene parasitter og virus og erstatte denne faunaen med en produksjonsklar podingsenhet som kan kick-starte en ny produksjon med et nytt velfungerende biofilter i løpet av få uker. Det er planlagt å etablere en 20 kubikks podingsenhet på hver plattform. Denne vil kunne benyttes for kick-start av en ny bakteriekultur hvis anlegget besluttet sanert i forbindelse med en brakklegging. En matfiskplattform består av totalt 120 enheter med sandfiltre som hver har en kapasitet på 12.500l sand og 6 000l vann. Dette biofiltersystemet inneholder dermed 720 000l vann. Med en tank med en podingskultur på 20 000l vil denne utgjøre rundt 3 % av totalvolumet og slik bidra til en effektiv restart av et biofiltersystem innenfor brakkleggingsperioden.

REKRUTTPLATTFORMEN

Rekruttplattformen skal ta imot rundt 1,15 mill torskkeyngel med en størrelse på 100 gram. Deretter skal fisken tas fra 100 til 500 grams størrelse. Produksjonsløpet fra 100 til 500 gram er estimert til å ta rundt 11 uker forutsatt driftstemperaturer i området 10-12 grader. Det er kalkulert med en avgang på 0,15 % i uken i denne fasen av produksjonen slik at total dødelighet under oppholdet på rekruttplattformen vil ligge rundt 1,65 %.

Tabell 6: *Produksjonsplan rekruttplattform (Kilde: Multigen Akva AS).*

Uker	Antall inngående	Størrelse (g) utgående	Dødelighet %	Tilvekst	Tetthet kg/m3	Forfaktor	For/ dag	Forforbruk / uke	Biomasse
0	1 150 000	103			10 000				118 450
1	1 148 275	127	0,15 %	27 559	15	0,9	3 543	24 803	145 831
2	1 146 553	156	0,15 %	33 250	18	0,9	4 275	29 925	178 862
3	1 144 833	190	0,15 %	38 924	22	0,9	5 005	35 032	217 518
4	1 143 116	226	0,15 %	41 152	26	0,9	5 291	37 037	258 344
5	1 141 401	264	0,15 %	43 373	30	0,9	5 577	39 036	301 330
6	1 139 689	303	0,15 %	44 448	35	0,9	5 715	40 003	345 326
7	1 137 979	343	0,15 %	45 519	39	0,9	5 852	40 967	390 327
8	1 136 272	385	0,15 %	47 723	44	0,9	6 136	42 951	437 465
9	1 134 568	429	0,15 %	49 921	49	0,9	6 418	44 929	486 730
10	1 132 866	473	0,15 %	49 846	54	0,9	6 409	44 861	535 846
11	1 131 167	506	0,15 %	37 329	57	0,9	4 799	33 596	572 370
Total / snitt	1 131 167	506	1,65 %	41 731	58	0,9	5 408	291 826	572 370

MATFISKPLATTFORMEN

Fra rekruttplattformen til matfiskplattformen er det planlagt en utsortering av 2,5 % av fiskegruppen som av ulike grunner ikke er videre egnet til produksjon.

Med et utgangspunkt på maksimal tetthet rundt 75kg/m3 og en vekstutvikling fra 500 gram frem til 5000 grams størrelse vil denne produksjonen ta rundt 11 måneder. Det er lagt inn et uttak av fisk til slakt fra 1,7 kg størrelse for å holde maksimal tetthet under 75 kg. Det er lagt inn en månedlig dødelighet på 0,5 % i denne fasen av produksjonen basert på erfaringer fra andre produksjoner av torsk. Avgangen er hovedsakelig knyttet til ulike typer tarmlidelser.

Tabell 7: *Produksjonsplan matfiskplattform (Kilde: Multigen Akva AS).*

Måneder	Antall inngående	Størrelse (g)	Dødelighet %	Tilvekst	Tetthet kg/m3	Forfaktor	For/ dag	For/ mnd	Biomasse	Antall uttak	Vekt uttak	Uttak / Slakt
0	1 102 888	500				1,05			551			
1	1 097 373	749	0,50 %	249	33	1,05	9 108	273 246	822			
2	1 091 886	1042	0,50 %	293	46	1,05	10 664	319 923	1 138			
3	1 086 427	1365	0,50 %	323	59	1,05	11 697	350 916	1 483			
4	1 080 995	1724	0,50 %	359	75	1,05	12 936	388 077	1 864	190 000	1 724	327 560
5	885 590	2113	0,50 %	389	75	1,05	11 483	344 494	1 871	140 000	2 113	295 820
6	741 162	2527	0,50 %	414	75	1,05	10 228	306 841	1 873	110 000	2 527	277 970
7	627 456	2973	0,50 %	446	75	1,05	9 328	279 845	1 865	80 000	2 973	237 840
8	544 319	3445	0,50 %	472	75	1,05	8 564	256 918	1 875	65 000	3 445	223 925
9	476 597	3947	0,50 %	502	75	1,05	7 975	239 252	1 881	55 000	3 947	217 085
10	419 214	4475	0,50 %	528	75	1,05	7 378	221 345	1 876	45 000	4 475	201 375
11	372 118	5031	0,50 %	556	75	1,05	6 897	206 898	1 872	372 118	5 031	1 872 126
Total / snitt			4,70 %		75	1,05	9 760	3 187 755	1 595	1 116 259	3,3	3 653 701

Ved en avsluttet produksjon og utslakting av all fisk vil produksjonen ha hatt en akkumulert dødelighet på 6,35 % samtidig som ytterligere 2,5 % av fiskegruppen vil bli tatt ut, bedøvd og avlivet i forbindelse med flyttingen fra rekruttplattformen til matfiskplattformen. Det vil være et klart mål å

redusere dødeligheten under drift ytterligere i takt med økende driftserfaringer og optimaliseringer av driften.

SMITTEBEGRENSENDE RUTINER OG UTSTYRSLØSNINGER

Plan over vask og desinfeksjon, sanering av biofilter, behandling av inntaksvann (sjøvann), 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 infeksiose 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. Kunnskap om hvilken effekt disse ulike desinfeksjonsmetodene har på ulike typer aktuelle patogener knyttet til oppdrett av både torsk og laks er dessverre mangelfull og i forhold til flere av de mest kjente patogenene i næringen i dag foreligger det ingen tilgjengelige data knyttet til effekt.

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 2 teknologi har det åpnet seg nye metoder for rensing av vann. RAS 2 teknologien muliggjør et vannforbruk som er mindre enn 10 % av det som er mulig i et tradisjonelt resirkuleringsanlegg. Det er bygget flere slike RAS-2 anlegg de siste årene i Norge og erfaringene er gode. 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 og selskapet Moss Hydro som tidligere kjøpte opp selskapet Fiizk har for øyeblikket inne en søknad om godkjenning av denne typen vannbehandling til bruk som alenedesinfeksjon i akvakulturnæringen hos Veterinærinstituttet. Denne saksbehandlingen skal være avsluttet i løpet av kort tid og vil med stor sannsynlighet være en tilgjengelig og godkjent metode for oppdrettsnæringen i nær fremtid.

Filtreringsmetoden benyttes allerede i flere akvakulturanlegg i Norge og da mest i kombinasjon med UV-behandling siden membranfiltrering som metode alene ennå ikke er godkjent til bruk i akvakulturanlegg. 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. Alle kjente fiskepatogener i norsk lakse- og torskoppdrett i dag vil bli stoppet av en membranfiltrering i klassen ultrafiltrering som er tenkt benyttet på Multigen sine plattformer. 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 inn i systemer som krever høy pålitelighet. I en rensings- 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 i flere timer uten at dette vil påvirke fiskens velferd eller trivsel.

Vi skal gå gjennom data knyttet til de viktigste godkjente formene for desinfeksjon brukt i akvakulturnæringen.

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).

Tabell 8: Oversikt over UV-effekt på ulike patogener.

Fiskepatogen	UV-dose	Virkning	Referanse
ILAV	7,5 mJ/cm ²	99,9 %	Liltvedt et al 2006
IPN	246 mJ/cm ²	99,9 %	Liltvedt et al 2006
BKD	60 mJ/cm ²		
PMCV			
Yersinia Ruckeri	5,0 mJ/cm ²	99,999 %	Liltvedt and Landfald 1996
Branchiomonas Cysticola			
SGPV (Pox)			
PRV (HSMB)	50,0 mJ/cm ²	99,9 %	Wesselet al. 2020
SAV (PD)	25,0 mJ/cm ²	99,9 %	
Nodavirus	104 mJ/cm ²	99,9 %	Liltvedt et al 2006
Aeromonas Salmonicida subsp. (Furunkulose)	3,1 mJ/cm ²	99,999 %	Liltvedt and Landfald 1996
VHSV	1,8 mJ/cm ²	99,9 %	
IHN	4,0 mJ/cm ²	99,9 %	
AGD (Gjelleamøbesykdom)	48,0 mJ/cm ² *		*dosen inaktiverer ikke sporeform
Vibrio anguillarum (Vibriose)	2,7 mJ/cm ²	99,999 %	
Vibrio salmonicida (Kaldtvannsvibriose)	2,7 mJ/cm ²	99,999 %	
Chlorella vulgaris	22 mJ/cm ²		
Listeria monocytogenes	16 mJ/cm ²	99,999 %	

Pseudomonas fluorescens	11 mJ/cm ²	99,9 %	
Flavobacterium psychrophilum	126 mJ/cm ²		
Saprolegnia	40-170 mJ/cm ²		
Costia	318 mJ/cm ²	99,9 %	
Trichodina	35 mJ/cm ²	99,9 %	

Log -1= 90 % Log -2= 99% Log -3 = 99,9 % Log -4 = 99,99% Log -5 = 99,999 %

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). Ozon kan effektivt inaktivere en rekke bakterielle, virale, sopp- og protozobaserte fiskepatogener. Effektiviteten av ozonbehandlingen avhenger av ozonkonsentrasjon, lengde på ozoneksponering (kontakttid), patogenbelastning og nivåene av organisk materiale i vannet. Hvis det er høye nivåer av organisk materiale, kan etterspørselen som skapes ved å oksidere det organiske materialet gjøre det vanskelig å opprettholde nok gjenværende ozon for effektiv desinfeksjon.

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 inaktiveringen av mikroorganismene foregår i detalj foreligger det lite informasjon om. Det er in vitro vist at ozon reagerer med baser i DNA/RNA-molekyler. Ozoneksponeringsforsøk med bakterieceller har indikert endringer i membranstruktur som fører til lekkasje av protein og nukleinsyre, og også lipidoksidasjon, mens de intracellulære komponentene, protein og DNA, forblir intakte (Komanapalli og Lau, 1996). Ved langvarig eksponering for ozon reduseres cellelevedyktighet med en mer signifikant økning i lipidoksidasjon og protein- og nukleinsyrelekkasje.

Tabell 9: *Inactivation of Fish Pathogens with Ozone Data, kilde: Spartanwatertreatment.com*

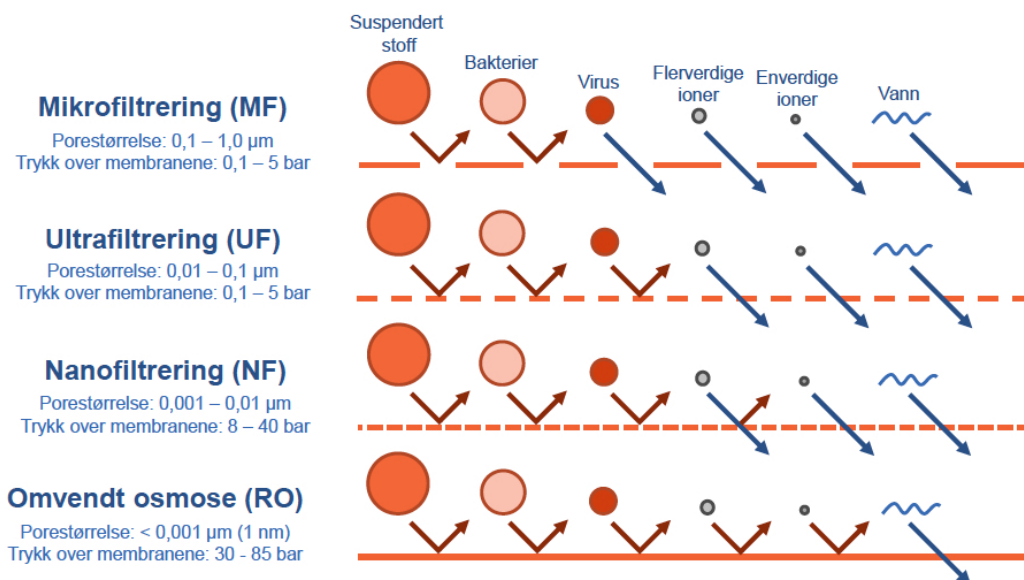
Organism	Percent Removal	Time min	Conc. mg/L	C x t, Min x mg/L	Temp C	pH	Water	References
Bacteria								
A. liquefaciens A. salmonicida P. fluorescens	99.9	1.2-5.0	0.10	0.12-0.50	20	7	PBS	Colberg and Lingg, 1978
A. salmonicida	100	0.5	0.04	0.02	20	7	PBDW	Wedemeyer and Nelson, 1977
A. salmonicida	99.8	0.33	init. 0.010 res.0.04		7	7.2	PBS	Liltved and Landfald, 1995
A.salmonicida	99.9	1.0	0.3-0. 4		7	7.8	Fish Farm Effluent	Liltved and Landfald, 1995
A.salmonicida V. anguillarum V. salmonicida Y. ruckeri	99.99	3.0	init. 0.15-0.20 res. 0.05-0.07		9-12	6.3-8.0	Lake, Brackish and Seawater	Liltved et al. 1995
Enterococcus seriolicida, Pasteurella piscicida, V. anguillarum	99.9	0.9 – 1.2	0.089- 0.177*	0.0884 – 0.186*	25	7.95	Seawater	Sugita et al. 1992
Yersinia ruckeri	100	0.5	0.01	0.005	20	7	PBDW	Wedemeyer and Nelson, 1977
Yersinia ruckeri	99.9	3.0	0.10	0.30	20	7	Distilled	Colberg and Lingg, 1978
Viruses								
IHN	100	0.5	0.01	0.005	10	7	PBDW	Wedemeyer et al. 1978
IPNV	100	1.0	0.01	0.10	10	7	PBDW	Wedemeyer et al. 1978
IPNV	99.99	1.0	0.10 – 0.20	0.10 – 0.20	9-12	6.3-8.0	Lake, Seawater, Brackish	Liltved et al. 1995
SJNNV	Loss of Infectivity	0.5-2.5	0.1-0.5	0.25			Seawater	Arimoto et al. 1996
WSBV	Loss of Infectivity	10	0.5*	5			Seawater	Chang et al. 1998

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 torsk.

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 hvilke komponenter som holdes tilbake (som vist i figuren under fra AkvaFresh (FiiZK)). Ønsket vannkvalitet for inntaks- eller avløpsvannet bestemmer hvilken filtreringsprosess som kan benyttes.



Figur 39: 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 kjønnsproduktene, parasittene, bakteriene og virusene som fjernes ved en ultrafiltrering

- Torskerogn 1,2-1,6mm
- Torskesperm 1,5-2,0 μm uten hale
- Aeromonas salmonicida 0,5-6 μm
- Moritella viscosa (Vintersår) 0,5-2,5 μm
- Lakserogn 4,5-6,0mm
- Lakselus (Lepeophtherius salmonis salmonis) 540-850 opp til 5000-10.000 μm
- Lakselusegg 1500-2000 μm
- Paramoeba peruranscyster 200-300 μm
- Gyrodactylus salaris 500 μm

- Paramoeba perurans (AGD) 20–30 µm
- Ichthyobodo sp. (Costia) 7 µm
- Branchiomonas cysticola (Epiteliocystis)
- Yersinia ruckeri (Yersiniose) 1–3 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

PLANLAGTE SMITTEBARRIERER HOS MULTIGEN GADUS AS

Det er Multigen Gadus AS sin oppfatning at den viktigste årsaken til at norsk laksenæring i dag sliter rent fiskehelse- og fiskevelferdsmessig er at næringen ikke har klart å løse de biologiske utfordringene den har med et hovedfokus på drift med åpne merder i sjø. Biologiske utfordringer som lakselus og smittsomme sykdommer har gjort at bærekraften i næringa er under kraftig press og aksepten i samfunnet ellers er fallende. De samme utfordringene ser man i forhold til oppdrett av torsk. Nå har ikke infeksiose sykdommer vært hovedutfordringen så langt i denne tredje torskebølgen, men dette er trolig mer knyttet til det lave volumet av produksjonen enn at disse patogenene er mindre aktive nå enn tidligere. Så langt i den tredje torskebølgen har det vært de mer produksjonsrelaterte lidelsene som har voldt størst problemer. Dette gjelder særlig lidelser knyttet til torskens tarmsystem og utviklingen av taperfisk som ikke vokser etter sjøsetting. Vi ser imidlertid at torskeoppdrett i åpne merdsystemer er like utsatt for alger, maneter, amøber og høye sjøtemperaturer som laksen. Torskens trivselstemperatur ligger mellom 8 og 13 grader, ikke så langt fra villaksen. I prosjektet «Climate change with increasing seawater temperature will challenge the health of farmed Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.» fra 2023 viste undersøkelser at temperaturens påvirkning på torskeskinnet ved 17 grader var svært skadelig. Resultatene viste at temperatur har mye å si for funksjonaliteten til barrierevevene som utgjør fiskens førstelinjeforsvar. Faktisk mye mer enn en infeksjon med *Fransicella* alene. Torsk på høye temperaturer fikk små ødeleggelser mellom cellene som binder skinnet sammen. Disse bindingene i skinnet ser ut til å være viktige for fiskens sårhelingssevne og skader i dem kan gjøre fisken mer sårbar for annet stress. Torskens barrieresystem stiller altså svakere hvis den får en utfordring i tillegg til økt temperatur.

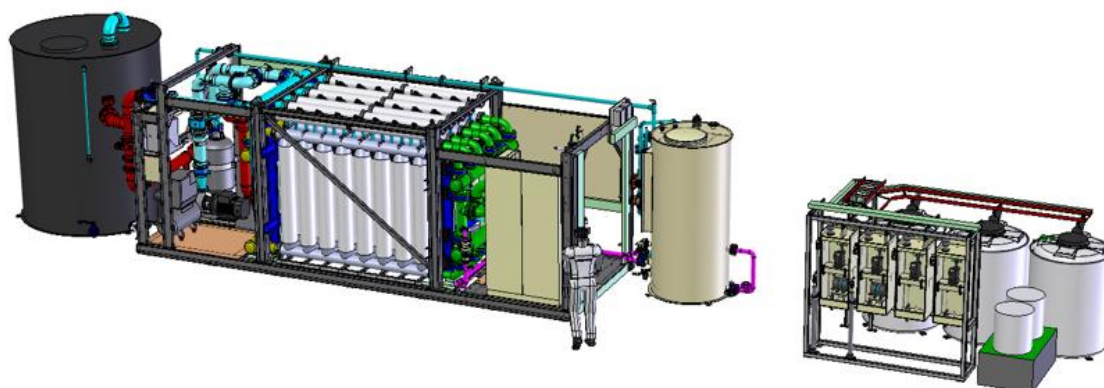
I tillegg har vi utfordringene knyttet til kjønnsmodning og gyting i merd. Spredning av kjønnsprodukter fra oppdrettstorsk som gyter i merd representerer en risiko i forhold til vill kysttorsk som vi ikke kjenner konsekvensene av i dag basert på tilgjengelig kunnskap om emnet. Det er derfor av overordnet betydning å ikke tillate oppdrettstorsken å gyte i merdene. Multigen Gadus AS har sett at en av måtene å øke bærekraften til torskenæringen på å samtidig adressere risikoen for utslipp eller opptak av bakterier, virus, parasitter og kjønnsprodukter på kan være å satse på oppdrett i lukkede systemer til sjøs med tilpassede filtreringssystemer på avløpsvannet. I slike systemer vil alt av inntaksvann og avløpsvann filtreres/desinfiseres før bruk og

desinfiseres etter bruk. Det er valgt å benytte en RAS 2 teknologi som reduserer behovet for nytt vann til et minimum. Dette muliggjør stor grad av desinfeksjon på begge hovedtypene for produksjonsvann, nemlig sjøvann og avløpsvann. En svært begrenset mengde avløpsvann i seg selv vil påvirke omgivelsene i svært liten grad. Anlegget vil derfor ha en svært positiv miljøprofil og en svært positiv biosikkerhetsprofil, både for sin egen produksjon og for alle som driver akvakultur i nærområdet samt villfisk. Dette sammen med et vannbehandlingssystem som utelukker inntak og utslipp av alle kjente fiskepatogene bakterier, virus og parasitter samt maneter, alger, amøber og kjønnsprodukter vil fjerne de største hovedutfordringene knyttet til norsk torskeoppdrett i dag. Denne typen produksjon vil kunne gjøre det mulig å redusere driftsdødeligheten betydelig og samtidig unngå å påvirke omgivelsene og villfisken negativt. Slik vil den planlagte typen produksjon være enklere å drive bærekraftig innenfor området fiskevelferd, fiskehelse og miljø og bidra til å skape større aksept for næringen ute i samfunnet. Produksjonsløsningene vil også bidra svært positivt til de miljøutfordringene som eksisterer knyttet til tradisjonell produksjon i åpne merder i sjø og andre landbaserte løsninger basert på gjennomstrømmingsteknologi med begrenset gjenbruk. Dette gjelder også for utslipp av karbon, fosfor og nitrogen som reduseres med henholdsvis 100, 99 og 93 % sammenlignet med et anlegg uten rensing.

For å kunne redusere risikoen for inntak av patogener som inkluderer både parasitter og fiskepatogene bakterier og virus, har Multigen Gadus AS valgt å bygge opp to ulike smittebarrierer som samlet skal gi produksjonen en større sikkerhet knyttet opp mot både patogener, ulike miljøforhold, marine mikro- og makrodyr og torskens egne kjønnsprodukter.

Multigen Gadus AS har valgt en solid dobbel barriere mot inntak av patogener gjennom sitt vanninntak. Denne består av en membranfiltrering etterfulgt av en UV-behandling. Med en sikret opptid vil det ikke kunne trenge inn noen kjente fiskepatogene bakterier, virus eller parasitter gjennom dette barriersystemet. Denne dobbelbarrieren kan imidlertid ikke forhindre at den torskeyngelen som settes inn i anlegget er bærer av bakterier, virus eller parasitter som senere kan skilles ut og oppformerer i RAS-anlegget og på sikt utløse sykdom på den fisken som står på en av plattformene. Denne typen smitteoverføring vil også i teorien kunne skje mellom plattformene på lokaliteten så lenge fisken som flyttes mellom plattformene er bærer av et eller flere patogener.

MEMBRANFILTRERING AV SJØVANN-OPERASJON-VIRKEMÅTE OG DOKUMENTASJON AV OPPETID



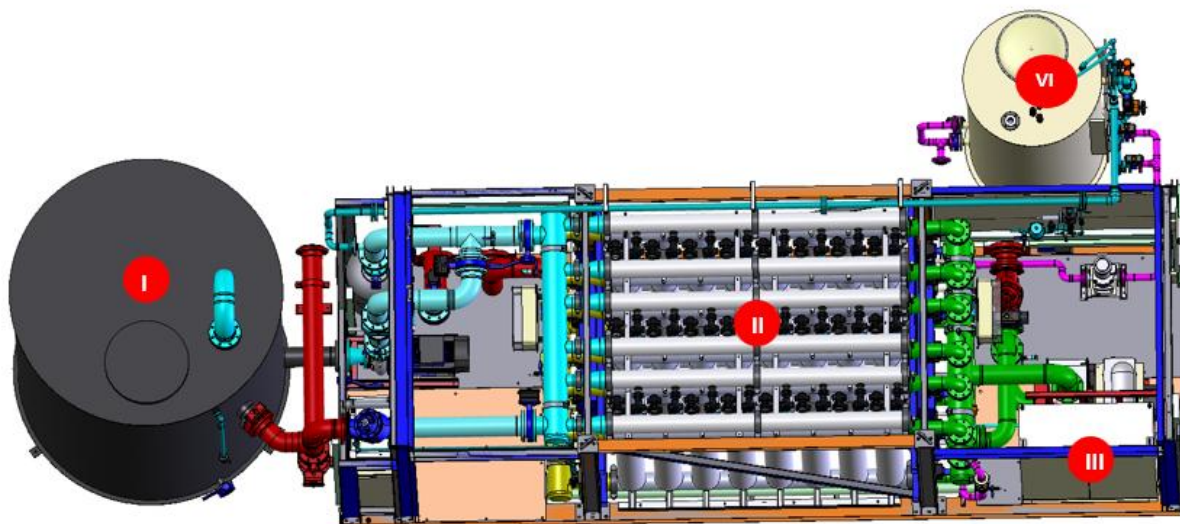
Figur 40: Viser en skisse av membranfiltreringsenheten (Kilde: Moss Hydro)

En matfiskplattform har et vannbehov ved full produksjon på 360l/min eller 21 600l/time. Det er planlagt et plassbygget membranfiltreringsanlegg med en kapasitet på 50 000l/time som klarer denne kapasiteten med flux 40. Dette er et 3-delt anlegg hvor 33 % av anlegget til enhver tid skal stå å vaske mens de øvrige 66% dekker driftsvannsbehovet med god margin. For rekruttplattformen er kapasiteten til membranfiltreringsenheten dekket i samme forholdsgrad.

Vannbehandlingsprosessen på multigenplattformene starter med inntak av ubehandlet sjøvann, som pumpes inn i systemet via en matepumpe. For å beskytte det videre utstyret og sikre en jevn vannkvalitet passerer vannet først gjennom grove filtre som fjerner større partikler. Deretter kontrolleres vannets kvalitet gjennom en rekke sensorer som måler pH, temperatur, turbiditet og konduktivitet. En trykkreguleringsventil sørger for at vannet har riktig trykk før det føres inn i selve ultrafiltreringssystemet.

Ultrafiltreringen skjer gjennom et avansert membransystem bestående av seks rader med åtte membranmoduler hver. Vannet kan ledes inn i membranene enten fra toppen eller bunnen, avhengig av behov, og når det passerer gjennom, fjernes partikler, kjønnsprodukter, parasitter, bakterier, virus, amøber, alger og andre uønskede stoffer. Etter en viss tid akkumuleres det gradvis avleiringer på membranene, noe som reduserer filtreringskapasiteten og øker mottrykket. For å opprettholde effektiviteten gjennomføres det derfor regelmessige tilbakespylinger, der allerede filtrert vann brukes til å skylle membranene rene.

Det filtrerte vannet samles deretter i en permeattank, hvor kvaliteten igjen overvåkes nøye. Dersom vannet ikke tilfredsstillir kvalitetskravene, for eksempel rett etter en kjemisk rengjøring, ledes det ut av systemet for å forhindre at uønskede stoffer når oppdrettstankene. Når vannet er godkjent, pumpes det videre til prosess-systemet eller produksjonstanken.

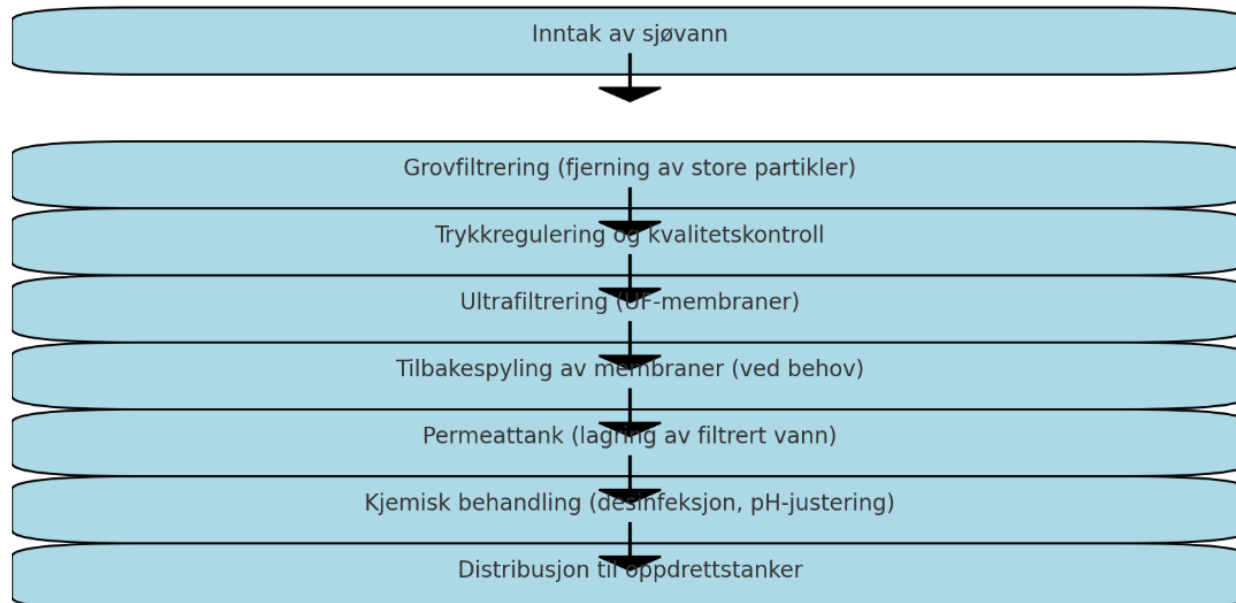


Figur 41: Membranfiltreringsoppsettet med de ulike hovedkomponentene. I: Permeattank, II: UF-membraner, III: El-skap, IV: CIP-tank

For å optimalisere vannkvaliteten vil systemet kunne tilsette ulike kjemikalier etter behov. Klor brukes for å desinfisere vannet, ferriklorid tilsettes for å koagulere og fjerne små partikler, mens syre og kaustisk soda brukes for å justere pH-verdien og holde membranene i god stand. Disse kjemikaliene lagres i separate tanker og doseres presist etter forhåndsdefinerte parametere.

For å sikre at ultrafiltreringssystemet fungerer optimalt over tid, gjennomføres det også periodiske kjemiske rensinger, kjent som kjemisk forbedret tilbakespyling. Dette innebærer at en spesialblanding av permeatvann og kjemikalier, som syre, kaustisk soda og klor, sirkuleres gjennom membranene for å fjerne organisk materiale og mineralavleiringer. Etter denne prosessen skylles systemet grundig igjen for å sikre at ingen kjemiske rester blir med videre i vannstrømmen og ut til produksjonsenheten.

Til slutt pumpes det ferdig rensede vannet videre til en UV-behandlingsenhet før det fortsetter ut til prosess-systemet og produksjonstanken hvor det gir optimale forhold for fisken. Prosessen sikrer at vannet holder stabil og høy kvalitet, er fritt for skadelige mikroorganismer og har riktige kjemiske egenskaper, noe som er avgjørende for god fiskehelse, vekst og en effektiv produksjon. Gjennom hele prosessen overvåkes vannkvaliteten kontinuerlig, og systemet er designet for å kunne justere seg dynamisk basert på målinger og behov, slik at fisken alltid får best mulig levevilkår.



Figur 42: Flytskjema vannbehandling

DOKUMENTASJON AV OPPETID

For å dokumentere oppetid og sikre at vannbehandlingssystemet fungerer optimalt til enhver tid, vil all driftsinformasjon registreres og systematiseres gjennom SCADA-systemet. Dette systemet er kjernen i overvåkingen og styringen av vannfiltreringsprosessen, hvor alle relevante parametere som vannmengde, trykk, flow, kvalitet og kjemikaliebruk kontinuerlig blir registrert og analysert. Hver komponent i systemet har sensorer og overvåkingsmekanismer som gir tilbakemelding i sanntid, og eventuelle avvik blir logget automatisk.

Oppetiden dokumenteres ved at alle driftsparametere lagres i databaser som kan hentes ut som rapporter i form av CSV-filer eller vises i trender og grafer direkte i SCADA-systemet. Dette gjør det mulig å analysere systemets ytelse over tid og oppdage mønstre eller tilbakevendende utfordringer. Driftsstatus for ultrafiltreringssystemet vises i sanntid på skjermene i kontrollrommet, hvor operatørene kan overvåke hvilke prosesser som er i gang, se trykk- og flowverdier, samt vurdere kvaliteten på det filtrerte vannet før det sendes videre til oppdrettsanlegget. Ved avvik eller feil genererer systemet automatiserte alarmer som varsler operatørene via skjerm, e-post eller SMS, slik at tiltak kan iverksettes umiddelbart. Det vil aldri slippes et behandlet vann inn til eller ut av produksjonssystemet som ikke er behandlet på en slik måte at alle partikler som er større enn 0,02µm er fjernet. Dette inkluderer alle kjente fiskepatogene mikroorganismer samt kjønnsprodukter av torsk.

For å sikre nøyaktig dokumentasjon av oppetider er systemet konfigurert til å lagre historiske data som kan brukes i både kortsiktig feilretting og langsiktige ytelsesanalyser. Vedlikeholdspersonell henter regelmessig ut rapporter som viser oppetid i prosent, nedetid, årsaker til driftsstans på enkeltmembraner og tiltak som er gjennomført for å gjenopprette normal drift i disse. Disse rapportene kan brukes til å optimalisere driften, redusere uforutsette stans og forbedre systemets levetid. SCADA-løsningen gir også tilgang til trender som viser hvordan parametere som permeatproduksjon, kjemikalieforbruk og membrantrykk utvikler seg over tid. Disse dataene gjør det mulig å sammenligne historiske verdier og forutse behovet for vedlikehold eller justeringer før eventuelle problemer oppstår.

For å kvalitetssikre systemets ytelse må det gjennomføres periodiske manuelle inspeksjoner. Dette innebærer daglige kontroller av systemets alarmer, ukentlige sjekker av kjemikalietilførsel og membranintegritet, samt månedlige gjennomganger av driftsrapporter og vedlikeholdsjournaler. Systemet har innebygde sjekklister og vedlikeholdsplaner som gir operatørene en strukturert oversikt over når ulike oppgaver skal utføres. Ved større hendelser, som kjemiske rensinger av membranene, loggføres tidspunkt, kjemikaliedosering og rensetid, slik at disse hendelsene kan spores tilbake i ettertid dersom det skulle oppstå endringer i filtreringskapasiteten. Det er også lagt opp til et regelmessig uttak av vannprøver etter membranfiltreringen for å dokumentere frihet for patogener før vannet tilsettes prosess-systemet.

SCADA-systemet har også en alarmhistorikk der alle hendelser blir registrert og klassifisert etter alvorlighetsgrad. Kritiske stopp, varsler om høy eller lav pH, trykkfall eller lekkasjedeteksjon blir automatisk logget og hver alarm kan følges opp med kommentarer og tiltak fra operatørene. I tillegg kan operatørene hente ut detaljerte hendelseslogger som viser når forskjellige deler av anlegget har vært i drift, når tilbakespylinger er utført og når systemet har gjennomført kjemisk forbedret tilbakespyling (CEB). Denne informasjonen kan brukes til revisjoner, rapportering til myndigheter og intern kvalitetskontroll.

For at dokumentasjonen skal være effektiv, må dataene lagres på en sikker og tilgjengelig måte. Dette innebærer at både sanntidsdata og historiske data skal kunne hentes ut via SCADA-systemet og lagres i skybaserte løsninger eller lokale servere for langtidslagring. Tilgangen til dataene er organisert slik at operatører kan legge inn og hente ut informasjon, mens ledelsen kan se overordnede rapporter og trender for ytelsesvurdering.

Oppetidsdokumentasjonen blir derfor en kombinasjon av automatisert logging, sanntidsovervåking, historiske dataanalyser og manuelle prøveuttak samt vedlikeholdsrapporter. Dette sikrer at driften er forutsigbar og sporbar, samtidig som det gir operatørene de verktøyene som trengs for å optimalisere anleggets ytelse og forhindre uventede driftsavbrudd.

Det beskrives altså flere mekanismer som sikrer oppetid på membranfiltreringssystemet til enhver tid:

1. **Automatisk og manuell drift:** Systemet kan operere både automatisk og manuelt, noe som gir fleksibilitet og mulighet for rask gjenoppretting ved feil.

2. **Redundans og feilsikring:** Systemet har mekanismer som overvåker tilgjengelighet av utstyr, nødstopper, kommunikasjonsfeil og kritiske alarmer. Dette inkluderer redundante pumper (P-001 og P-002) som sikrer at filtreringsprosessen fortsetter selv om én pumpe svikter.
3. **Backup og gjenoppretting:** Det finnes en dedikert backup- og gjenopprettingsprosedyre ved hjelp av Macrium Reflect, noe som sikrer at systemdata raskt kan gjenopprettes ved eventuelle feil.
4. **Fjernovervåking og vedlikehold:** En eWON-enhet er installert for fjernovervåking og diagnostikk. Dette gir mulighet for ekstern feilsøking og oppdateringer av systemet uten fysisk tilstedeværelse.
5. **Automatisert rens og vedlikehold:** Systemet har et automatisert CEB (Chemically Enhanced Backwash) og CIP (Clean-in-Place) program som sørger for at filtrene ikke tettes og at systemet kan operere kontinuerlig.
6. **Alarm- og feilhåndtering:** Systemet overvåker trykk, nivå, temperatur og andre kritiske parametere. Hvis noen verdier går utenfor akseptable grenser, vil systemet enten automatisk korrigere eller varsle operatøren.

Membranfiltreringsenheten blir koblet opp med en UV-enhet med en UV-dose på 50mj/cm² som sluttbehandler det membranfiltrerte vannet før det føres ut til prosess-systemet og kommer i kontakt med fisken. UV-systemet som skal behandle inntaksvannet i dette anlegget er delt opp i 3 adskilte UV-systemer med en kapasitet hver på 500l/min. Et av disse systemene kan alene forsyne anlegget med behandlet vann. I dette tilfellet vil under drift, to av disse systemene kobles i serie og kjøres samtidig og hvis en UV-skulle falle under den fastlagte minimumsdosen på 50mj/cm² vil automatisk den som står i Back-Up kobles inn. Dette innebærer at alt inntaksvann fra sjø vil UV-behandles med en dose på 50mj/cm² to påfølgende ganger før det går inn i prosess-systemet etter at det har gått gjennom membranfiltreringen.

Når det gjelder avløpsvannet, så behandles det på akkurat samme måte på vei ut av anlegget. Et tilleggsmoment i denne sammenhengen er overskuddsvannet fra slambehandlingen som blir kjørt gjennom 2 dynasandfiltre for fjerning av større partikler før det blir kjørt inn i membranfiltreringsenheten sammen med det ordinære avløpsvannet. Denne membranfiltreringsenheten er en eksakt kopi av den som behandler vannet inn til plattformen. Moss Hydro har allerede testet et avløpsvann fra et slambehandlingsanlegg med RAS-2 teknologi etter en sandfilterfiltrering og dokumentert full effekt sammenlignet med et råvann fra sjøvann. Totalt sett skulle denne inntaks- og utslippskombinasjonen av vannbehandlinger sørge for at det hverken slippes inn eller slippes ut bakterier, virus, parasitter eller andre typer mikroorganismer inkludert kjønnsprodukter fra torsk som kan påvirke nærmiljøet eller ville fiskearter i negativ retning.

SCREENING OG VAKSINERINGS AV TORSKEYNGEL

Multigen Gadus AS skal kjøpe inn 100 grams yngel fra en ekstern leverandør. Denne yngelen vil være dyppvaksinert mot bakteriesykdommen Vibriose og stikkvaksinert med en oljebasert autogen vaksine mot sykdommene vibriose og atypisk furunkulose før den ankommer rekruttplattformen. Det vil stilles klare krav til screening av stamfisk inkludert den yngelen som skal settes ut på Multigen Gadus AS sine plattformer. 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. Vertikalt overførbare sykdommer, ekte eller uekte, har fått en stadig større betydning for sykdomsutviklingen både i ferskvannsfasen og sjøvannsfasen for laks. For torsk er det mindre kunnskap om dette, men også for torsk er det slik at vertikal smitte, ekte eller uekte, trolig vil være en relevant utfordring og at det vil være risiko for at viktige agens kan overføres vertikalt til settetorsken og utløse sykdom senere i produksjonen mens fisken står på Multigen Gadus AS sine plattformer i sjøen. Multigen Gadus AS har som mål å kjøpe inn yngel av torsk som er fri for følgende to agens;

- Francisella
- VNN

Siden det er vist gjennom år at det er viktig at torskeyngelen ikke bare bærer med seg sykdomsfremkallende bakterier eller virus i kroppen ved utsett på sjølokaliteter, men også i tillegg er beskyttet mot de viktigste utfordringene som den forventes å møte i sjøfasen, så er et viktig tiltak mot dette å vaksinere fisken mot aktuelle sykdommer. All fisk som skal stå på Multigen Gadus AS sine plattformer i årene fremover vil derfor som nevnt over være vaksinert mot sykdommene vibriose og atypisk furunkulose gjennom en autogen oljebasert vaksine. Denne vaksinen gis når yngelen når en størrelse på rundt 50 gram.

DØDFISKHÅNDTERING

Det er i dag etablert et Lift Up system for automatisk fjerning av dødfisk fra produksjonstanken tilknyttet alle Multigen Gadus AS sine plattformer. Det er meningen å etablere et system hvor dødfisken blir registrert på inntakspunktet for Lift-up-trakten med et kamera. Dødfisken blir deretter kategorisert via en KI-enhet og tatt ut av tanken. Dette går automatisk slik at man får fjernet død fisk som kan inneholde smittestoff fortløpende samtidig som årsaken til dødeligheten blir registrert. Dette skal bidra til en unødig stor oppformering av smittestoffer og økt smittepress i produksjonstankene samt økt kunnskap om årsaker til dødelighet på en plattform.

BEREDSKAPSPLANER VED AKUTT HØY DØDELIGHET

Multigen Gadus AS har en avtale med selskapet Hordafôr om mottak og fjerning av større mengder død torsk som kan oppstå i forbindelse med ulike hendelser eller sykdomsutbrudd. Denne beredskapen er beskrevet nærmere i selskapets beredskapsplaner.

BRAKKLEGGING ETTER ENDT PRODUKSJON

Det er lagt opp til ulike typer produksjon. Rekruttplattformen har en estimert produksjonstid på 11 uker. Etterfulgt av en 14-28 dagers vedlikeholdsperiode og matfiskplattformen har en total produksjonstid inkludert flere leveringer på 11 mnd. Med en vedlikeholdsperiode på 30 dager. Dette innebærer at det med normal drift vil settes ut yngel på plattformene til helt ulike tider på året, men at driftstemperaturer og lysforhold vil være helt like uavhengig av når på året man setter ut fisk i de ulike plattformene. Alle periodene skulle sørge for gode muligheter til vedlikeholdsoperasjoner og skulle større tiltak som for eksempel sanering være nødvendig, vil dette kunne gjennomføres uten særlig negative effekter, all den tid det er mulig å kjøre alle plattformer noe lengre enn det som er satt inn i produksjonsplanene, og fortsatt drive forsvarlig innenfor ulike kapasiteter som biofilter, tetthet, vannkvalitet osv.

OVERSIKT SMITTEBARRIERER KNYTTET TIL VANNINNTAK SJØ

Det vil bli benyttet ulike grader av grov- og finfiltrering i kombinasjon med UV-teknologi i kombinasjon med 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)
- Trippel UV (50 mJ/cm²), to seriekobles og den tredje er i back-up

Inntaksvannet for sjøvann til MULTIGEN skal altså behandles med en kombinasjon av membranfiltrering og UV-bestråling. UV-anlegget vil bestråle vannet med en minimumsdose på 50 mJ/cm². Forutsetningen for at UV-anlegget skal fungere som ønsket er svært godt sikret gjennom at vannet først renses av membranfiltrene slik at det er helt fritt for partikler som kan forringe bestrålingseffekten fra UV-anlegget. Alle UV-systemer er nødt til å ha et back-up-system slik at det ikke på noe tidspunkt tas inn ikke UV-behandlet vann til akvakulturanlegget. Dette er sikret gjennom at UV-systemet som skal behandle inntaksvannet i dette anlegget er delt opp i 3 adskilte UV-systemer med en kapasitet hver på 500l/min. Et av disse systemene kan alene forsyne anlegget med behandlet vann. I dette tilfellet vil under drift to av disse systemene kobles i serie og kjøres samtidig og hvis en UV-skulle falle under den fastlagte minimumsdosen på 50mJ/cm² vil automatisk den som

står i Back-Up kobles inn. Dette innebærer at alt inntaksvann fra sjø vil UV-behandles med en dose på 50mJ/cm² to påfølgende ganger før det går inn i prosess-systemet etter at det har gått gjennom membranfiltreringen. Den samme doble behandlingen skjer altså også hvis det skulle være et vedlikeholdsbehov på et av UV-systemene. Det blir installert UV-sensorer for kontinuerlig måling av UV-intensiteten, slik at hvis denne underskrider 50mJ vil alarm utløses og vanntilførsel stenges. Dette er altså kun knyttet til UV-delen av vannbehandlingen og i tillegg til denne vil det alltid være en forutgående membranfiltrering som i seg selv alene skulle sørge for et patogenfritt ferskvann til plattformen.

I tillegg til denne typen redundans, som i utgangspunktet i seg selv er mer enn tilstrekkelig for å dekke det sikkerhetsbehovet som er forskriftsfestet, vil det uansett, hvis alle systemer skulle falle ut, inkludert all strømtilførsel, være slik at den enkelte plattformen vil kunne kjøres uten ekstra tilførsel av driftsvann for opptil 3 dager. Totalt sett vil dette sikre at det aldri tas inn ubehandlet vann til anlegget.

BARRIERER DRIFTSVANN

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 produksjonsenhet (biofilterystem og produksjonstank) tømmes for fisk, skal systemet 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. Her vil hver enkelt del av produksjonssystemet bli tatt ned og mekanisk rengjort samt vasket i sirkulasjon før Ozon blir kjørt igjennom alt av rør, kar, luftesystemer, kjegler inkludert biofilteret. Dette skal nullstille bakterie- og virusforekomstene i produsjonssystemet og fjerne eventuelle uønskede agens før man flytter inn ny fisk. 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 30 dager. 7 dager med mekanisk nedvask, og en gjennomkjøring med ozon i sirkulasjon og 21 dager til modning av biofilteret med en ekstern poding fra en isolert egen biofilterkultur stående på plattformen. Det vil bli etablert en egen isolert podingsbiofilterenhet på hver plattform 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.

BARRIERER AVLØPSVANN

Det vil bli benyttet identisk vannbehandling med ulike grader av grov- og finfiltrering i kombinasjon med UV-teknologi i kombinasjon med membranfiltreringsteknologi for å sikre kvaliteten på det avløpsvannet inkludert vann fra slambehandlingen som skal føres ut av plattformene. Vannet fra slambehandlingen vil bli kjørt gjennom 2 st. dynasandfiltre for en siste fjerning av organisk materiale før det tilføres membranfiltreringsenheten.

Alt vann som skal slippes ut til omgivelsene vil bli forbehandlet på følgende måte før det går ut av plattformen.

- Grovfiltrering
- Filtrering (150 my)
- Finfiltrering (3 my) (ytterligere dynasandfiltrering ved vann fra slambehandlingen)
- Ultrafiltrering (0,02 my)
- Trippel UV (50 mJ/cm²), to seriekobles og den tredje er i back-up

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 akvakulturvirkosomhet

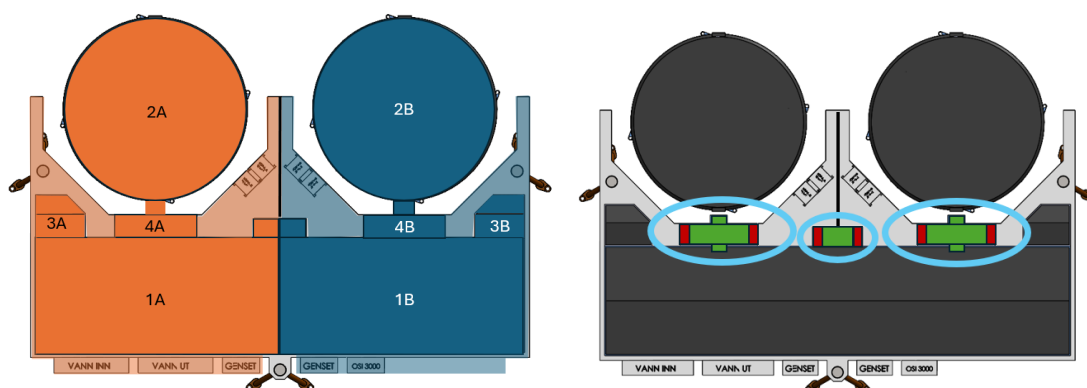
Resirkuleringsteknologien har de siste 10 – 15 årene blitt tatt stadig mer i bruk i norsk fiskeoppdrett og da knyttet til landbaserte anlegg både for produksjon av settefisk, postsmolt og matfisk. De siste årene har det også blitt igangsatt flere nye settefiskanlegg og postsmoltanlegg basert på RAS 2-teknologi. Å benytte denne teknologien til å produsere matfisk i sjø er derimot så langt ikke særlig benyttet. Flere selskaper har imidlertid benyttet RAS-teknologi til å produsere laks i sjøvann på land. Når det gjelder produksjonen av torsk, så er RAS-teknologien så langt bare benyttet i et anlegg, Havlandet Marin Yngel sitt RAS-anlegg i Florø.

Multigen Gadus AS skal produsere torsk fra 100 grams størrelse og opp til slaktevekt i et RAS-2 system plassert på en plattform som er festet på havbunnen. Alt vann inn og ut fra denne plattformen skal behandles på samme måte gjennom et barrieresystem basert på en membranfiltrering etterfulgt av en UV-bestråling. Dette barrieresystemet skal sørge for at ingen kjente patogener fra akvakultur kommer inn på plattformen eller slippes ut av plattformen. Evt. kjønnsprodukter vil heller ikke kunne komme inn eller slippes ut. Dette biosikkerhetssystemet løfter beskyttelsen av fisken på plattformen og villfisk i miljøet rundt plattformen til et helt nytt nivå i

forhold til det som er gjort tidligere hva akvakultur angår og fjerner effektivt en rekke ulike biosikkerhetsmessige risikobilder som man ellers ville ha vært nødt til å forholde seg til. I så måte forenkler dette konseptet det generelle biosikkerhetsarbeidet betydelig.

Erfaringene de siste ti årene med ren RAS-teknologi viser at det kan oppstå 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 agensene 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 oppformeres. 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.

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 driftsforhold. Derfor er det stor uvilje mot å sanere slike biofilter og slå ned alle bakteriene. Slike produksjonsrutiner vil imidlertid på lang sikt ikke være forenelige med en bærekraftig drift så lenge yngel som settes inn i anlegget er bærere av virus og bakterier som trives i et slikt produksjonsmiljø. Biofiltersystemet på plattformer tilhørende Multigen Gadus AS er heller ikke sikret mot at ulike typer patogener kommer inn i biofiltersystemet og kan bosette seg der og på et senere tidspunkt oppformeres og utløse sykdom. Dette kan blant annet skje når en yngel på 100 gram settes ut på rekruttplattformen og er bærer av et eller flere slike patogener. Biofiltersystemet må derfor kunne overvåkes fortløpende med henblikk på de mest aktuelle agensene og i tillegg kunne saneres effektivt hvis et patogen skulle by på helse- og velferdsmessige problemer.



Figur 43: Skisse over soneinndelingen med tilhørende sluser på rekruttplattformen (Kilde: Multigen Akva AS).

Rekruttplattformen er delt inn i to ulike smittesoner med hvert sitt biofiltersystem. Her kan et eller begge tas ned og saneres ved behov. Slik kan 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.

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

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, torskelus, fugler eller andre levende organismer som kan bære smitten mellom mottakelige fisk. I Multigen Gadus AS sitt system har man 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 et akvakulturanlegg i sjø vil i mange tilfeller være via vannet. Derfor er systemer for behandling av inntaksvannet av særdeles stor betydning. Så lenge 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 anlegg eller vanlige marine reservoar. Lokalt strømningsmønster i forbindelse med plasseringen av både inntak og avløp vil være avgjørende for smitterisikoen. I Multigen Gadus AS sitt tilfelle vil ikke vanninntaket og avløpsvannet innebære noen risiko for hverken fisken på plattformen eller villfisk og oppdrettsfisk i miljøet rundt plattformen.

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. 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 i sjøvann. Dette gjelder også avstand til brønnbåtruter, lakse- og torskeslakterier og tilvirkingsanlegg. Disse faktorene faller også bort sett i lys av Multigen Gadus AS sitt barrieresystem.

BETYDNINGEN AV SMITTE VIA INNTAKSVANN

Lukkede anlegg i sjø 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 til Multigen er knyttet til en RAS 2 standard som innebærer bruk av denitrifikasjon og fosforutfelling. Denne teknologien muliggjør en bruk av svært lite vann, selv i forhold til tradisjonelle resirkuleringsanlegg. Rekruttplattformen til Multigen Gadus AS vil ved topp produksjon ligge på et vannforbruk i minuttet på 180l/min og matfiskplattformen vil ha et vannforbruk per minutt på 360 liter. 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 sjøvannsinntaket og avløpsvannet til Multigen Gadus AS blir behandlet på en slik måte at det filtrerer bort og bestråler bakterier, parasitter og virus slik at både inntaksvann og avløpsvann i praksis er sterilt.

Sjøvann

- Grovfiltrering
- Filtrering (150 my)
- Finfiltrering (3 my)
- Ultrafiltrering (0,02 my)
- Trippel UV (50 mJ/cm²), to seriekobles og den tredje er i back-up

Avløp

- Grovfiltrering
- Filtrering (150 my)
- Finfiltrering (3 my) (ytterligere dynasandfiltrering ved vann fra slambehandlingen)
- Ultrafiltrering (0,02 my)
- Trippel UV (50 mJ/cm²), to seriekobles og den tredje er i back-up

Summen av tiltakene for behandling og desinfeksjon av både inntaksvann og avløpsvann har brakt anleggets sikkerhetsprofil opp til nivå som etter Multigen Gadus 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 til produksjon av torsk eller laks i sjøfasen. 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 Multigen Gadus 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 akvakulturvirkosomheter, det omkringliggende miljø eller ulike villfiskstammer.

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 produksjonssystemer 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. De ulike plattformene til Multigen Gadus AS er lukkede installasjoner. All trafikk er regulert ved bruk av sluser og på de plattformene hvor det eksisterer ulike smitteenheter er det også sluser mellom disse. Disse skal forhindre at smitte kommer inn i anlegget og at smitte blir spredt mellom ulike smitte-enheter. Det er egne arbeidsklær til hver enkelt smitte-enhet og disse må alle typer servicepersonell benytte seg av. Ingen produksjonsområder 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. 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 fiske sykdommer, 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 overflateopprør fra pumper eller lufting, kan produsere vanndråper som kan være forurensset 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* (hvitprikksyke) og *Amylodonium 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. På plattformene som tilhører Multigen Gadus AS vil det kunne være flere smitemessig adskilte enheter. Her vil teoretisk smitte kunne spres via ventilasjonssystemene. Dette vil effektivt forhindres gjennom at luftinntak og luftutslipp vil være plassert slik at de ikke kommer i konflikt med hverandre og slik kan bidra til smittespredning. Ny kunnskap knyttet til spredning av patogener via sjøsprøyt mellom både landanlegg og sjøanlegg og kontroll av filtrat fra ventilasjonsanlegg i Norge og på Færøyene har vist at blant annet ILA-virus kan spres på en slik måte. Problemstillingen kan med andre ord ikke avskrives som mulig innfallsport for sykdomsfremkallende sykdommer. 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 Multigen Gadus AS sin vurdering at det er en svært liten risiko for at luftbåren smitte skal utgjøre noen målbar risiko for hverken en multigenplattform eller omkringliggende akvakulturlokaliteter. En UV-behandling av inn- og utluft på dette stadiet er derfor funnet uhensiktsmessig og vil ikke bli gjennomført. I forbindelse med overvåkingen av patogener på plattformene vil det med jevne mellomrom bli tatt analyser fra ventilasjonsanleggene.

SMITTE MED LEVENDE INNSATSFAKTORER (TORSKEYNGEL, TORSKEREKRUTTER)

Levende biologisk materiale (torskeyngel) som tas inn i eller ut av plattformene, utgjør sett i lys av dagens kunnskapsstatus og teknologiutvikling, en viktig kilde for smitteintroduksjon og videre

spredning. I Multigen-konseptet utgjør dette kanskje den eneste måten å bringe patogener inn i produksjonen på. Selv i et biosikkerhetsregime hvor man screener den fisken som skal settes inn på en plattform for ulike patogener, kan man ikke sikre seg mot at patogener ikke vil bli tatt inn. Disse patogenene kan utgjøre en risiko for senere utbrudd av sykdom på plattformen selv om patogenet ikke slippes ut med avløpsvannet og vil kunne utgjøre en sykdomsrisiko for villfisk eller omkringliggende akvakulturlokaliteter.

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. Dette kan med fordel overføres til torskeoppdrett. 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 for torsk
- Screening av stamfisk for de mest aktuelle smittsomme sykdommer før stryking
- Screening av rogn/melke og kjønnsvæsker for de mest aktuelle sykdommene før levering rekruttplattform
- Desinfisering av rogn før levering ut fra stamfiskanlegg
- Desinfisering av rogn ved mottak i yngelanlegg
- Dokumentasjon av helsestatus gjennom et screeningsprogram ved mottak av torskeyngel og flytting av torsk mellom plattformer, samtidig som all fisk skal være klinisk frisk ved flytting
- 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 smitemessig atskilt enhet
- Vaksinerings av oppdrettstorsken både gjennom badevaksinerings som liten og ved rundt 50 grams størrelse gjennom stikkvaksinerings før levering rekruttplattform
- Regelmessig fjerning av død og syk fisk fra produksjonsenheter
- Brakklegging («alt ut- alt inn» prinsipp).

Multigen Gadus AS skal kjøpe torskeyngel fra en ekstern leverandør. Sannsynligheten for vertikal overføring av smittsomme agens vil være avhengig av en rekke faktorer som blant annet mengden patogener hos torskeyngelen ved overføringstidspunktet og sannsynligheten for videre spredning.

Vertikalt overførbare sykdommer, ekte eller uekte, har fått en stadig større betydning for sykdomsutviklingen både i ferskvannsfasen og sjøvannsfasen for laks. For torsk er det mindre kunnskap om dette, men også for torsk er det slik at vertikal smitte trolig vil være en relevant utfordring og at det vil være risiko for at viktige agens kan overføres vertikalt og utløse sykdom tidlig i produksjonen. Innføring av smittsomme sykdommer som kan forekomme på stamfisk som er overført til yngel ses på som en risikofaktor som det må tas hensyn til. Multigen Gadus AS vil stille krav til yngel-leverandøren og selv regelmessig inspisere anleggene for å sikre at gode rutiner innenfor dette området er implementert.

Erfaring fra felt på laks har vist at såkalte «release criteria», altså hvilke agens en torskeyngel har med seg ved utsett i sjø, har stor betydning for hvilke sykdommer den samme settefisken vil få erfaring med i sjøvannsfasen. Betydningen av at en torskeyngel er fri for de fleste av de viktigste patogener, er altså stor. Multigen Gadus AS har innledningsvis som mål å kjøpe inn yngel som er fri for følgende to agens;

- Francisella
- VNN

Utvalget av patogener er basert på en risikovurdering av hvilke agens som en i dag frykter kan bli en utfordring for torsk. Dette er basert på kunnskap om smittestoffer på torsk fra tidligere erfaringer med oppdrett av torsk. Nye erfaringer som tilegnes i forbindelse med oppdrett av torsk fremover kan tilsi at andre agens er vel så utfordrende, eller at disse ikke er de mest aktuelle, og at valg av hvilke agens det screenes for bør endres.



Figur 44: Planlagt plassering av Multigen sitt anlegg i Vorfjorden i Moskenes kommune inntegnet med blå sirkel og omkringliggende lakse- og torskoppdrettslokaliteter kommer frem gjennom fiskeridirektoratet sin merking.

Som det kommer frem av kartmaterialet i Figur 44 og anleggsskissene er Multigen Gadus AS sine plattformer i Vorfjorden plassert i et område hvor det er 5 andre oppdrettslokaliteter innenfor en avstand på 23 km. Nærmeste lokalitet er lokaliteten Soløya (13291) som ligger 9km unna. Avstanden til akvakulturlokalitetene er:

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| • 13291 Soløya (Laks) | 9 km |
| • 11220 Mølnerodden (Settefisk, Laks) | 10 km |
| • 11213 Nusfjord (Settefisk, laks) | 15 km |
| • 45068 Grønholmen (Laks) | 22 km |
| • 20096 Sandholman (Laks) | 23 km |

Avstandsprinsippet står sterkt i all smittetenkning. Avstander over 5 km på land, i vann og i luft vil ifølge Mattilsynet innebære liten risiko for spredning av smitte. Multigen Gadus AS sitt biosikkerhetskonsept fjerner risikoen for opptak og utskillelse av patogener på en slik måte at disse risikobildene knyttet til smittespredning til og smitteopptak fra annen akvakulturaktivitet og villfisk er eliminert. Allikevel er risiko for opptak av ekstern smitte og utslipp av intern smitte til omgivelsene

hensyntatt i planlegging, etablering og drift av plattformene samt plassering av sjøvannsinntak og utslippsted for avløpsvann. Hvis man ser på de samlede smittehygieniske tiltak som er planlagt på oppdrettsplattformene i Vorfjorden, 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 totalløsning for Multigen Gadus AS reflekterer den kunnskapen som er tilgjengelig i dag og at den også tar høyde for fremtidige hittil ukjente patogener som kan føre til utfordringer for oppdrett av fisk i sjø. Multigen Gadus AS sitt biosikkerhetskonsept adresserer altså ikke bare dagens patogendiversitet, men også fremtidens, siden den valgte teknologi ikke baserer seg på de evt. patogenenes egenskaper, kun deres størrelse, for å forhindre opptak eller utslipp av dem.

Multigenplattformene representerer helt lukkede systemer hvor ingen smitte kommer inn med inntaksvannet eller ut med avløpsvannet. 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 inntak av torskeyngel. Smitte via vann, luft og via fugler og andre pattedyr fremstår som overveiende usannsynlig all den tid anlegget er lukket og slusesystemer er etablert på alle nivå.

Det er på bakgrunn av det antall smittebarrierer og den kvaliteten det er på smittebarrierene hva inntaksvann angår som Multigen Gadus AS baserer sin drift på, svært liten sannsynlighet eller mer bestemt svært usannsynlig at det skal tas inn smittestoff fra eget avløp og andre akvakulturlokaliteter i nærområdet. Det er derfor ikke naturlig å fokusere nærmere på den risiko som denne etableringen medfører for opptak av smitte fra disse akvakulturlokalitetene.

MULIGHET FOR PÅVIRKNING AV VILLFISK OG GYTEFELT ELLER GYTEOMRÅDER FOR TORSK

Villfisk kan være bærer av smittestoffer som kan medføre store sykdomsutfordringer i individtette oppdrettspopulasjoner. En rekke bakterieinfeksjoner er kjent å ha et reservoar i villfiskpopulasjonen og kan smitte over til torsk i åpne oppdrettsmerder. For enkelte av sykdommene er det utviklet effektive vaksiner. For andre bakteriesykdommer, som Francisella, har en ikke effektive vaksiner og vill marin fisk vil være en smitterisiko. Åpne merdanlegg med oppdrettstorsk vil være utsatt for smitte fra andre marine arter i sjøvann. Risikoen knyttet til Francisellose vil være avhengig av de ulike åpne anleggenes geografiske plassering. Et åpent merdanlegg plassert i Nord Norge vil ha betydelig mindre risiko enn den som er gjeldende for anlegg lokalisert i Sør-Norge. I Nord Norge regner man så langt denne trusselen for å være svært lite relevant grunnet de klimatiske forholdene i Troms og Finnmark. Klimaet er imidlertid under endring og både sommer- og vintertemperaturene stiger

gradvis, slik at i fremtiden kan slike agens som Francisella også bli mer aktive i de nordlige delene av Norge.

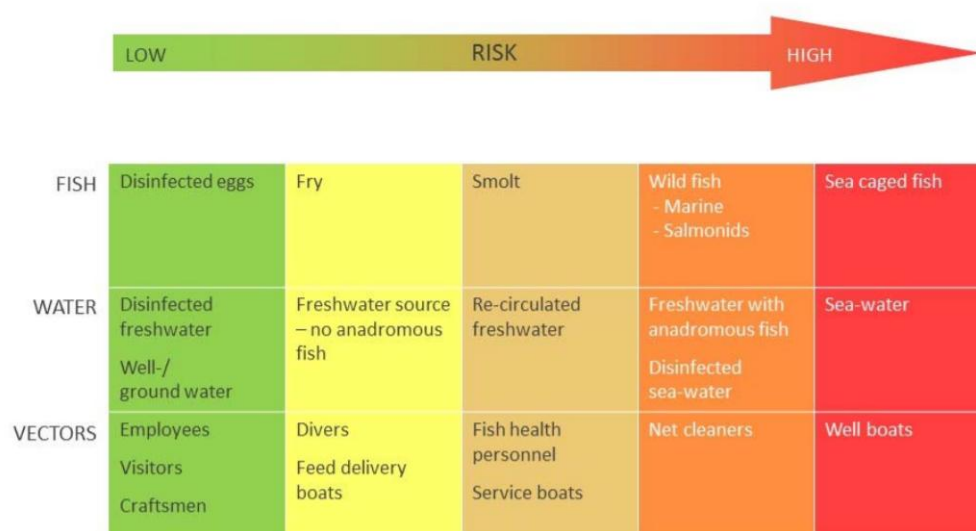
Når en holder torsk i oppdrett har en svært individtette og store populasjoner og dette gjør at risiko for sykdomsutbrudd og smittespredning vil være større enn i ville torskepopulasjoner.

Oppdrettstorsk i åpne merdsystemer kan være bærer av smittestoffer og utgjøre en kilde for smitte til villfisk. De fleste av sykdommene som rammer oppdrettsfisk forekommer også i villfiskpopulasjonen, men siden populasjonen av oppdrettstorsk i Norge er svært begrenset, vil smittepresset fra villfisk være større enn smittepresset som er til stede i oppdrettspopulasjonen er overfor villfisk. Ved et evt. utbrudd av smittsom sykdom på en åpen torskelokalitet vil imidlertid smitterisikoen fra oppdrettstorsk til villtorsk være større så lenge det enkelte utbruddet pågår. Smitterisiko vil være størst til samme art eller nært beslekta arter. Ved oppdrett av torsk i åpne merder vil villtorsk og nært beslekta arter, som sei, være til stede i tette populasjoner i området rundt anlegget. Ved oppdrett av torsk i åpen merd, gir dette relativt stor risiko for interaksjoner og smitteoverføring mellom torsk i merd og ville marine arter.

Da det ikke er mulig for hverken patogener eller kjønnsprodukter for torsk å slippe ut via avløpsvannet til en Multigen-plattform, så er risikoen for en negativ påvirkning av villfisk ikke tilstede. Dette gjelder selvsagt også for torsk. Hverken gytefelt eller gyteområder for torsk vil bli negativt påvirket. Dette gjelder også for den generelle miljøpåvirkningen av bunnforhold, da mengden og sammensetningen av avløpsvannet, som kun vil inneholde små rester av nitrogen er så begrenset, at det ikke vil merkes i form av en eutrofiering eller sedimentering i nærområdet rundt plattformene.

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.



Figur 45: Presentasjon av ulike infeksjonsveier og graden av risiko knyttet til de ulike infeksjonsrutene (Kilde: Lillehaug et al. 2015).

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

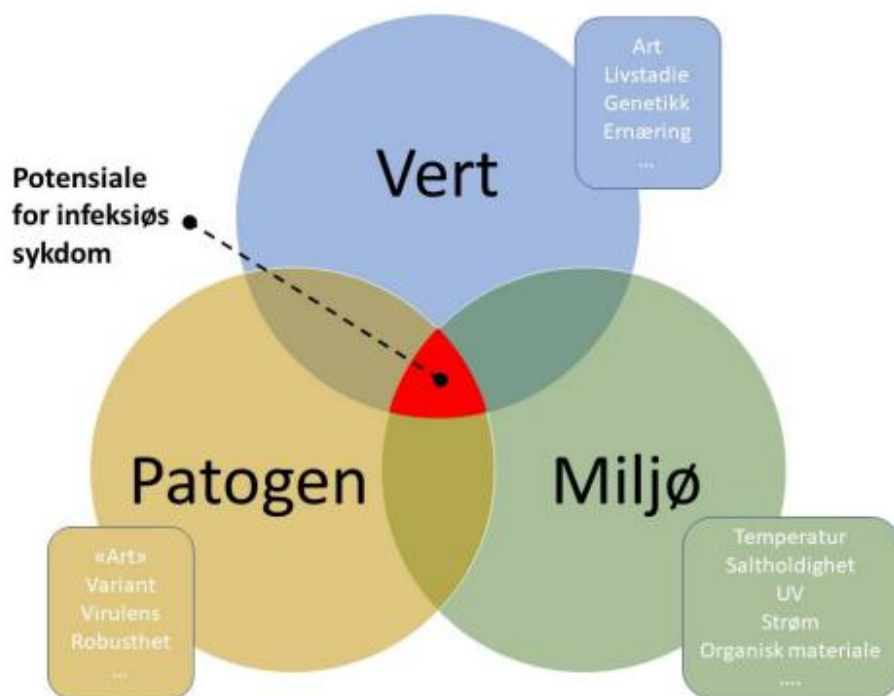
muligheten for å lage gode risikovurderinger, både kvantitative og kvalitative. Kunnskap basert på overvåking av helse og sykdom er grunnleggende for utarbeidelse av risikovurderinger. Dette kan være forekomst av sykdom og/eller dødelighet basert på registreringer i felt eller på laboratorieundersøkelser. 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 smittsamt. 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 Multigen Gadus AS har skissert i sine planer. På bakgrunn av at alt av inntaksvann som tilføres driftsvannet på en Multigenplattform membranfiltreres og UV-behandles vil en rekke patogener hindres fra å komme inn i produksjonen. Dette reduserer den generelle risikoen for opptak og utløsning av sykdom betydelig. Denne barrieren forhindrer imidlertid ikke at det blir tatt inn patogener med torskeyngelen. Slik vil enkelte patogener allikevel kunne komme inn på plattformene gjennom at torskene som flyttes inn er bærere av ulike patogener. Risikoen for utbrudd av disse medbrakte patogenene vil antageligvis allikevel være mindre enn om det tas inn patogener jevnlig med inntaksvannet. I et velfungerende bioreaktorsystem vil det alltid være en stor og sammensatt flora av ulike virus og bakterier som holder hverandre i sjakk og i en gitt balanse. For et enkelt patogen å kunne blomstre opp i et såpass stort antall at det skal kunne utløse et utbrudd av en sykdom er derfor mindre sannsynlig enn i et mer åpent system.



Figur 46: *Potensialet for infeksjons sykdom ligger i skjæringspunktet mellom vert, patogen og miljø. Verten er den organismen som blir syk (her torsk). Patogenet (agenset) er den organismen som kan forårsake sykdom (her F.eks. Vibrio anguillarum-bakterien som forårsaker sykdommen Vibriose). Miljøet er den siste komponenten, og utgjør de ytre forholdene som verten og patogenet befinner seg i, og som må ligge til rette for at sykdom skal kunne oppstå. Det er en kompleks interaksjon mellom disse tre faktorene. Kilde: Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022.*

Det blir antatt at risikoen for å utløse infeksjons sykdom i et resirkuleringssystem er lavere enn i et gjennomstrømmingssystem. Dette på bakgrunn av at vannkvalitet og miljøfaktorer er mer stabile og at fisken ikke utsettes for store miljøendringer som svekker immunforsvaret.

I det følgende gis det en omtale av enkelte smittestoffer der sannsynligheten for og konsekvensen ved overføring av smitte fra innflyttede individer synes å være tilstede.

Multigen Gadus AS har som mål å gjøre alt som er mulig for å ta inn patogenfattig torskeyngel til plattformene og ivareta denne smittestatusen gjennom å sterilisere alt av inntaksvann som blir benyttet i produksjonen og holde fisken stressfri for slik å øke motstandskraften mot ulike agens som måtte forekomme. På tross av at summen av smittebarrierene i produksjonen fremstår som svært 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. Multigen Gadus AS har hele sin produksjon på lukkede plattformer som hver av en fremstår som en egen smitteenhet. På noen av plattformene er produksjonen igjen inndelt i ulike smitte-enheter med hvert sitt biofiltersystem. For å komme inn i en ny biofilterenhet må man gjennom en smittesluse. Dette gir Multigen Gadus AS en mulighet 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. Multigen Gadus 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 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/produksjonskar på plattformen 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 Multigen Gadus AS er mye mer kompakt og oversiktlig enn det som er vanlig i tradisjonelle resirkuleringssystemer siden det kun er ett eller maks to produksjonskar per smitte-enhet, 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/produksjonskaret. 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 30 dager forutsatt at man starter med en ekstern pøde av biofilterkultur. En uke med mekanisk nedvask, 3-7 dager med ozon i sirkulasjon og rundt 2 uker 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 innleggene.

LISTEFØRTE INFEKSIØSE SYKDOMMER

VIRAL HEMORAGISK SEPTIKEMI (VHS)

VHS er listeført nasjonalt og av OIE. VHS kan forårsake sykdom både hos atlantisk laks, regnbueørret, torsk og en rekke andre arter. Viruset er globalt utbredt og påvises på en rekke fiskearter, både i oppdrett og villfisk. Utbrudd med høy dødelighet i oppdrett er først og fremst et problem på regnbueørret. VHS er en liste 2 sykdom i Norge, og forekomst av eller mistanke om VHS skal umiddelbart rapporteres til Mattilsynet. En egen genotype som gir høy dødelighet hos regnbueørret i ferskvann og sjøvann har gitt utfordringer i oppdrett internasjonalt. Ulike varianter av viruset angriper i utgangspunktet ulike arter, men virus kan også tilpasse seg til nye arter.

En av verdens største sykdomsepidemier med massedød på flere villfiskarter skyldes overføring av VHSV fra marint miljø til ferskvannsfisk i Great Lakes i Nord Amerika. Under gitte betingelser antar en at VHSV kan utvikle økt patogenitet overfor ulike fiskearter, og dette har trolig også skjedd i forbindelse med smitteoverføring fra marint miljø til regnbueørret i ferskvannsoppdrett. Norge har status som VHS-fri sone for oppdrettsfisk, men VHS er utbredt i ville marine populasjoner langs kysten til Nordland. Siste sykdomsutbrudd på regnbueørret i oppdrett i sjø i Norge oppsto i 2008, da trolig som følge av foring av regnbueørret med ubehandlet marin fisk. VHSV er isolert fra atlantisk laks under sykdomsutbrudd, men arten synes mindre mottakelig for infeksjon/sykdom.

VHS påvises sporadisk i marin fisk uten at dette så langt har føre til sykdomsutfordringer på laks eller ørret i oppdrett utover tilfellet i Storfjorden på Sunnmøre der ørret ble foret med ubehandlet marin fisk (noe som er høyst uvanlig og ulovlig praksis). Ut fra det en i dag vet om utbredelsen av VHSV, kan en forvente at det er størst sannsynlighet for å påvise VHSV-positive marine fisk på Sørvest-landet (Nordsjøen) og langs kysten nordover til Midt-Norge enn fra Nordland og nordover (Nord-Atlanteren/Barentshavet). Det er påvist at laks kan bli syk ved injeksjon av virusisolat. Risiko for smittespredning og sykdomsutvikling i oppdrettet torsk vurderes som moderat og risiko for smitterisiko fra torsk til laks som relativt lav. En kan imidlertid ikke utelukke endringer i viruset som kan endre smittepotensialet fra marin fisk til laks.

Ved påvisning av VHS i Storfjorden i 2007 førte et VHS-virus fra et norsk marint reservoar til høy dødelighet på regnbueørret og høyere dødelighet enn hos marine arter. Dette kan dermed være en indikasjon på at det fra et lavpatogent marint reservoar har utviklet seg en ny VHSV-variant med egenskaper som muliggjør etablering og forøket virulens hos regnbueørret i sjøoppdrett. Slik tilpasning er kjent fra regnbueørret og flatfisk, og denne type samkultivering er frarådet i EU-godkjente VHS-frie soner. Risiko for at alvorlig sykdom oppstår som følge av smitte av VHS mellom torsk og laks ved lokalisering på ulike lokaliteter vurderes som lav.

NODAVIRUS VNN/VER

Nodavirus er årsak til sykdommene viral nervevevsnekrose (VNN) og viral encephalopati og retinopati (VER). Infeksjon med nodavirus er påvist hos marine fiskearter i oppdrett og hos villfisk. Det finnes ulike varianter av viruset, og det ser ut til at hver fiskeart har sin variant. De ulike variantene kan likevel være årsak til sykdom hos mer enn en art, slik at ulike fiskearter kan smitte hverandre. Syk fisk er den viktigste smittekilden, men virus er svært motstandsdyktig og kan overleve lenge i vann.

Viruset er årsak til skade på nervevev i hjerne, ryggmarg og øyne og kan gi store tap i yngelfasen. Dette viser seg i spiralsvømming, rulling og svømming med buken opp, manglende appetitt og endring av pigmentering. Ved obduksjon finner man få endringer bortsett fra forstørret svømmeblære. Nodavirus har blitt observert i torskoppdrett i Norge. Smitten er utbredt i det marine miljøet i Norge. Ut fra en samlet vurdering av risiko for smitte og konsekvenser av smitteoverføring, vurderes risiko for utbrudd av sykdom grunnet Nodavirus som moderat. Det er absolutt en frykt for at innkjøpt torskeyngel vil kunne vær bærer av viruset og derfor er Nodavirus lagt inn i det overordnede screeningsprogrammet for stamfisk og yngel som skal leveres til Multigen Gadus AS sine plattformer. Ut fra en samlet vurdering av risiko for smitte og konsekvenser av smitteoverføring, vurderes risiko i områder der sykdommen forekommer fortsatt som lav.

FRANCISELLOSE

Sykdommen francisellose, torskens «harepest», utgjør en trussel for torskoppdrett og forårsakes av bakterien *Francisella noatunensis* ssp. *Noatunensis*. Bakterien som forårsaker sykdommen er intracellulær som betyr at den kan formere seg inne i vertens celler. Makrofager er viktige immunceller i førstelinjeforsvaret hos vertebrater inkludert torsk og de er designet til å drepe invaderende mikrober. Bakterier i slekten *Francisella* er kjent for å kunne formere seg i nettopp disse cellene og makrofagene fungerer derfor som «trojanske hester» hvor fiender smugles inn.

Ved obduksjon av infisert fisk finner man en moderat til massiv forekomst av lyse knuter i en rekke ulike organer. Disse forandringene sees svært lett i milt, lever og i hjerte. Noen syke individer kan også ha øyeskader og blodige knuter i huden. Siden lyse prikker i de ovenfornevnte organene også kan assosieres med andre torskesykdommer er det viktig å ta ut røver av disse knutene og dyrke frem bakterien for å kunne isolere den. Francisellose har skapt store økonomiske tap ved oppdrett av torsk grunnet mangelen på både vaksine og behandling. Historisk sett har sykdommen vært et problem i Sør-Norge, men sykdommen ble også påvist i Nordland fylke under den andre torskebølgen på importert torskeyngel fra Sør-Norge. De siste ti årenes klimaendringer gjør at man må kunne forvente at bakterien dukker opp lengre nord i Norge i fremtiden.

Francisellose var en alvorlig og hyppig forekommende sykdomsutfordring for torsk i oppdrett under den «andre oppdrettsbølgen» i perioden 2003-2013 og var en av hovedårsakene til at man ikke lyktes med torskoppdrett. Bakterien har aldri blitt isolert fra eller assosiert med sykdom hos norsk laks.

Francisella er en svært smittsom og alvorlig fiskesykdom. Smitten ser ut til å være utbredt i det marine miljøet i Norge og det ble i desember måned 2024 påvist francisellose ved en torskelokalitet i Aure kommune i Møre og Romsdal fylke. Multigen Gadus AS antar at bakterien kan bli en større utfordring fremover siden oppdrettsvolumet knyttet til torsk i dag er såpass lavt at det vil gå lengre tid mellom hvert utbrudd. Det er absolutt en frykt for at importert torskeyngel fra Sør-Norge vil kunne være bærer av bakterien og derfor er Francisellose lagt inn i det overordnede screeningsprogrammet for stamfisk og torskeyngel som skal leveres til Multigen Gadus AS sine plattformer. Ut fra en samlet vurdering av risiko for smitte og konsekvenser av smitteoverføring, vurderes risiko i områder der sykdommen forekommer fortsatt som lav. Francisella vurderes som den alvorligste smittsomme sykdomsutfordringen i norsk torskeoppdrett og det er viktig å holde denne under konstant overvåkning for å unngå smittespredning og utbrudd av sykdom. Forskningsrådet har finansiert og initiert et større forskningsprosjekt kalt «Forbedring av resistens hos oppdrettet atlantisk torsk mot francisellose: samspill mellom vert-patogen-interaksjoner, miljø og genetikk» som har en prosjektperiode fra 2023-2028 og som ledes av NOFIMA.

HÅNDTERING AV KATEGORI F-SYKDOMMER

Både VER/VNN og Francisellose er såkalte kategori F sykdommer. Ved funn av kategori F-sykdom i et akvakulturanlegg må videre drift forebygges spredning av smitte. Oppdrettere må også sikre at dødfisk håndteres på forsvarlig måte. Hvert sykdomstilfelle blir vurdert ut fra Mattilsynets faglige beredskapsplaner og faglige råd fra Veterinærinstituttet. Håndtering og tidsramme settes etter en vurdering av hvilken fare for spredning av sykdommen som foreligger, og tilstanden til de syke dyrene. Oppdretter må søke Mattilsynet om å ta ut dyr fra akvakulturanlegget til slakteri. Mattilsynet vil vurdere transportrute, transportenhet eller annet som er nødvendig for å ivareta hensynet til å hindre spredning av sykdommen. I noen tilfeller kan avliving eller tømning av anlegget være nødvendig for å forhindre videre sykdom og smitte. Dersom smittefaren er for høy kan Mattilsynet fatte vedtak om hvordan dyrene skal håndteres (slaktes, avlives eller destrueres). Akvakulturanlegg med kategori F-sykdom skal brakklegges i en periode etter at anlegget er tømt, rengjort og desinfisert. Mattilsynet skal godkjenne plan for rengjøring og desinfeksjon. For å hindre spredning av kategori F-sykdommer kan Mattilsynet fastsette restriksjonssoner gjennom lokale forskrifter. Forskriften kan inneholde påbud, forbud og tiltak som er nødvendig for å avgrense eller bekjempe sykdommen. Dette gjelder for eksempel flytting av dyr, utsett, transport og ferdsel og aktiviteter i sonen. Når det er grunn til mistanke eller diagnose av en kategori F-sykdom er det ikke tillatt å bruke fisken til avl og reproduksjon. Mattilsynet kan vurdere å gi tillatelse etter søknad fra virksomheten. Da må det være sikkert at sykdommen ikke smitter via rogn, og at virksomheten har rutiner som sikrer krysskontaminering.

IKKE-LISTEFØRTE INFEKSJONER

ATYPISK FURUNKULOSE

Atypisk *Aeromonas salmonicida subspecies salmonicida* er ulike beslektede varianter av bakterier beslektet med bakterien som forårsaker klassisk furunkulose. Den atypiske varianten fører til alvorlig sykdom på en rekke marine arter, herunder torsk. Atypisk furunkulose rammer også laks. Det er usikkert om dette er samme variant av bakterien som den som rammer torsk. Furunkulose er listeført i Norge (kategori F), og forekomst av eller mistanke om furunkulose forårsaket av *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* skal straks meldes til Mattilsynet. Infeksjoner med andre *A. salmonicida* underarter er ikke meldepliktige.

Furunkulose finnes i perakutt, akutt/subakutt og kronisk form. Latente infeksjoner finnes. Ved utbrudd i yngel- og påvekstanlegg får fisken ofte mørk farge, svært høy pustefrekvens og ofte litt utstående øyne). Slik fisk kan dø raskt uten andre ytre tegn til sykdom. De vanligste symptomene hos større fisk er små eller større blodige byller ('furunkler') i muskulaturen og sår i huden. Ved obduksjon kan man se punktblødninger på bukhinne og innvoller, væske i bukhulen (ascites) og svullen og mørk milt.

Torsk i anlegg har historisk blitt vaksinert med en vannbasert injeksjonsvaksine knyttet til enkelte varianter av bakterien, men har hatt variabel og ofte kortvarig beskyttende effekt mot sykdommen som bakteriene utløser. De siste årene har det imidlertid blitt benyttet en oljebasert autogen vaksine mot sykdommen og det er i løpet av den «tredje oppdrettsbølgen» med torsk så langt ikke konstatert påvisninger av sykdommen. Vi anser risikoen for utbrudd av sykdommen som lav basert på erfaringene så langt etter at man introduserte en oljebasert vaksine i markedet.

KLASSISK VIBRIOSE

Skyldes *Listonella (Vibrio) anguillarum*. Sykdommen er påvist hos en rekke ulike fiskearter i det marine miljø så vel i oppdrett som i ville populasjoner fra hele verden. Den er påvist hos villfisk og i oppdrett i Norge og har historisk vært en av de mest påviste sykdommene innen torskeoppdrett.

I akutt fase er sykdommen karakterisert ved nedsatt/bortfall av appetitt (anoreksi), mørkpigmentering og økt dødelighet. I tidlig fase ser man også ofte fleskete og opphovnende finner med en gradvis overgang til sår i de samme områdene. Etter hvert opptrer det sårddannelser i huden som ikke er relatert til finner og byller i muskulaturen, men også store øyeforandringer med enormt utstående øyne kan observeres. Innvendig finner man en sterkt svullen, henflytende milt samt blødninger i indre organer og bukinnen.

Sykdommen var lenge den mest utfordrende sykdomsutfordringen for torsk og oppstod ofte på høye sjøtemperaturer over 12 grader. Etter introduksjon av vaksine ble antallet utbrudd betydelig redusert på torsk, men beskyttelsen var kortvarig og kun i startfasen av produksjonen i sjø grunnet at vaksinen var vannbasert. En ny oljebasert autogen vaksine benyttes i torskenæringen i dag, og denne ser ut til å beskytte torsken godt gjennom hele produksjonen i sjø. For å unngå vibriose i tidlig yngelfase dyppvaksineres torskeyngelen ved en størrelse under 5 gram. Denne beskyttelsen varer helt frem til fisken stikkvaksineres ved en størrelse på rundt 50 gram. Ut fra en samlet vurdering av både vaksinestatus og risiko for smitte og konsekvenser av smitteoverføring, vurderes risikoen totalt sett for å oppleve større utfordringer knyttet til sykdommen vibriose som lav.

IKKE SMITTSOMME HELSEUTFORDRINGER:

TAPERUTVIKLING

Kvaliteten på settefisken/torskeyngelen er avgjørende for fiskens senere utvikling og velferd i sjø. Multigen Gadus AS skal motta settefisk på rundt 100 gram i størrelse. Hver fiskegruppe vil bli underlagt en sortering før levering til rekruttplattformen. En sortering før levering vil kunne fjerne ukurante individer og de aller minste individene før overføring. Yngelen er mest sannsynlig stor nok til å avdekke de aller fleste typer deformiteter som kan utvikle seg gradvis i oppvekstperioden ved overføringsstørrelsen på 100 gram. Denne første utsorteringen av ukurante individer er imidlertid svært viktig for utviklingen av gruppen etter ankomst rekruttplattform. Dette for å kunne minimere følgene av enkeltindivider som av en eller flere årsaker ikke oppnår normal vekstutvikling etter at fisken er ferdig vaksinert. Erfaringene fra den tredje oppdrettsbølgen for torsk som startet opp i 2019, er slik at det fremdeles er et visst innslag av settefisk som ikke utvikler seg normalt. Dette selv om de ikke har noen klare tegn til deformiteter som hemmer vekstutviklingen. Slik fisk vokser svært dårlig fra 40-150 grams størrelse og utmerker seg gradvis som svært magre individer. Disse er i tillegg utsatt for kannibalisme og utvikler i tillegg ofte sår og erfarer dårlig velferd i lengre tid før de til slutt dør. De utsettene av torsk som har vært gjennomført i åpne merdsystemer så langt siden 2019 har vist at innslaget av slik fisk kan være høyt i enkeltgrupper og at dødsårsak «taperfisk» står for over halvparten av all utgang de første 6 måneder etter sjøsetting. For å unngå å få torskeyngelgrupper med for store innslag av slike individer er det svært viktig med en nøye oppfølging av torskeyngelen i settefiskfasen mens den står hos yngelprodusenten. En grundig utsortering av den minste og ukurante yngelen før levering sjølokalitet er svært viktig for å unngå å sette slike individer inn på plattformene.

TARMLIDELSER

Tarmlidelser er et betydelig problem på oppdrettstorsk. Lidelsen er i dag den viktigste dødsårsaken hos torsk i sjø og står for over halvparten av all utgang fra utsett til slakt. Den opptrer i alle faser av produksjonen og i alle årstider. Tarmlidelser hos torsk ble hyppig observert også i forrige runde med torskeoppdrett tidlig på 2000-tallet. Tarmproblematikken er imidlertid fortsatt ikke løst og

situasjonen er den samme selv om det har vært et opphold i produksjon av slaktetorsk på ca. 10 år. Det mest vanlige tarmfunnet har historisk blitt omtalt som «tarmslyng», en tilstand der tarmen slynger seg om seg selv og det tilhørende bindevevet («krøs»), og dermed gir forstyrrelser både i tarmpassasjen og blodforsyningen til tarmveggen. Det er imidlertid ikke bare slike forandringer som observeres, selv om denne tilstanden er den som oftest påvises. Denne produksjonslidelsen gir seg også til uttrykk hos torsken gjennom andre ulike tilstander som vanntarm, forstoppelse, invaginasjoner, enteritt og stuvning av blod som fører til at torsken dør. Lidelsen treffer oppdrettstorsken brått og tilfeldig og fører ofte til akutte smerter og hurtig død. Det er ofte den største og mest hurtigvoksende torsken som rammes. Årsak er enda ikke kjent (Rapport 23/2018, Nofima), men det spekuleres i om fôrets sammensetning og konsistens ikke er tilpasset torskens behov som måltidsspiser. Det er også mulig at utfordringen kan være knyttet til tarminfeksjoner eller utviklingsanomalier som fremdeles ikke er kjent. Som en del av NFR-prosjektet «Utvikling av fôringsstrategier for torsk for bedre produksjon og fiskehelse» (nr. 337056), er det for første gang blitt publisert en detaljert beskrivelse av forandringene ved tarmlidelsen strangulerende obstruksjon eller «inneklemming av tarm» hos torsk. Arbeidet er basert på en feltstudie ved Norcod's produksjonslokalitet på Jamningen på Frøya i april 2023. Tarmsystemet og tarmens leie i bukhulen ble undersøkt makroskopisk på selvdød fisk som daglig rutinemessig fjernes fra merdene. Makroskopiske og histologiske undersøkelser ble videre utført og sammenliknet hos levende-fanget torsk med og uten inneklemt tarm, samt fra villtorsk fanget i nærliggende områder. Man fant at tilstanden skyldtes at deler av tarmen permanent klemmes av under fibrøse bindevevsdrag i krøset. Inneklemmingen blokkerer passasjen av tarminnhold og påvirker blodtilførselen slik at det oppstår opphopning av blod og vevsdød i tarmveggen i det aktuelle området.

Multigen Gadus AS skal produsere torsken i modnet vann basert på resirkuleringsteknologi. Hvis vi ser til den eneste aktøren som i dag produserer torsk på samme måte, og som produserer fisken frem til slaktevekt, så viser erfaringene fra flere grupper med torsk at det også er utfordringer knyttet til inneklemt tarm i dette anlegget om enn ikke i samme grad. Det spekuleres i at modnet vann med helt andre bakteriesammensetninger kan ha en positiv effekt på tarmaktivitet og fordøyelse. I og med at man ikke kjenner årsakene til disse betydelige helse og velferdsutfordringene, og at det fremdeles kan tenkes at problemene er knyttet til feilutvikling av tarmen, er det viktig at en også på multigenplattformer har god kontroll på ulike faktorer som kan tenkes å være predisponerende, som fôr kvalitet, foring og infeksjoner mv. Det er viktig å ha gode data på produksjonsrelaterte faktorer som gjelder alle fiskegrupper i anlegget. Systematisk registrering av faktorer knyttet til driften kan bidra til at en på sikt kan avdekke predisponerende årsaker til tarmlidelser og slik bidra til at en kan iverksette gode tiltak som forhindrer denne typen problematikk.

DEFORMITETER

Deformiteter har alltid vært en betydelig utfordring i torskeoppdrett og da særlig i tidlig fase i yngelanleggene hvor dødelighet grunnet deformiteter dominerer som dødsårsak. Erfaringer fra de

siste fire årene i felt viser også at det er forøket avgang knyttet til små og deformerte yngel i landanleggene før levering sjø. I tillegg er det slik at alt for mange individer med ulike typer deformiteter blir med ut til sjølokalitetene. Dette er særlig en utfordring hvis snittvekten på torskeyngelen ved utsett er lav. I flere torskeproduksjoner de siste årene har deformert yngel vært den klart viktigste dødsårsaken de første 6 månedene etter sjøsetting. Dette kan adresseres ved hjelp av målrettede tiltak. Multigen Gadus AS skal ta imot eksternt produsert torskeyngel. Denne yngelen skal sorteres for kvalitetsavvik og størrelse før levering plattformen. Basert på erfaringene fra de siste årene har yngelkvaliteten økt gradvis i takt med optimaliseringer av startfôringsperioden. Uavhengig av dette vil det alltid være muligheter for at deformiteter ikke er utviklet i såpass stor grad at de kan detekteres godt før fisken blir levert plattformene. Det er derfor lagt opp til et ytterligere uttak av undermålsfisk og ukurante individer ved flyttingen mellom de to plattformtypene. Dette skal sikre at innslaget av yngel med deformiteter blir redusert tidligst mulig i produksjonen slik så lavt at dette ikke påvirker produksjonen og velferdsutviklingen i sjøanlegget i nevneverdig grad samtidig som kvaliteten på slaktemoden fisk er god.

KJØNNSMODNING OG GYTING I MERD

KJØNNSMODNING

Kjønnsmodning hos oppdrettstorsk (*Gadus morhua*) er en kritisk utfordring innen akvakultur. Tidlig kjønnsmodning kan føre til redusert vekst, dårligere kjøttkvalitet og store økonomiske tap. I tillegg til dette vil en fremskreden kjønnsmodning lede til gyting i merd, noe som er svært uønsket da det kan føre til genetisk innkryssing mellom domestisert oppdrettstorsk og ville bestander av torsk. Konsekvensene av en slik genetisk innkryssing er fortsatt ukjent og vanskelig å vurdere rent risikomessig, og så lenge kunnskapen rundt dette er begrenset har forvaltningen et ansvar for å innta en «føre var» holdning.

Effektiv styring av kjønnsmodning gjennom miljømessige, genetiske og fysiologiske tiltak er derfor avgjørende for suksess i torskeoppdrett. Kombinasjonen av lys- og temperaturkontroll har vist seg å være de viktigste miljøfaktorene i det som anses for å være den mest effektive strategien for å oppnå dette. Det er imidlertid en rekke andre faktorer som er med på å påvirke torskens strategivalg gjennom dens vekstløp i forhold til tilvekst og kjønnsmodning.

Genetiske faktorer

Genetikk spiller en kritisk rolle i variasjoner i kjønnsmodning blant torsk. Selektiv avl har vist seg å redusere tendensen til tidlig kjønnsmodning ved å velge individer med egenskaper som fremmer vekst framfor reproduktiv aktivitet. Forskning har også vist at noen genetiske linjer har en naturlig tendens til å modnes tidligere, og disse bør unngås i kommersielt oppdrett. Det genetiske materialet som er tenkt benyttet på Multigen sine plattformer er Havlandet- stammen. Denne stammen er inne i sin 8. generasjon og er systematisk blitt avlet på blant annet sen kjønnsmodning.

Fôring og ernæring

Kvaliteten og sammensetningen av fôr har en direkte innvirkning på energibalansen mellom vekst og

reproduksjon. Fôr rikt på proteiner og essensielle fettsyrer støtter vekst og kan forsinke kjønnsmodning. Utilstrekkelig eller ubalansert fôring kan imidlertid utløse reproduktiv aktivitet tidligere som en fysiologisk respons på lav energitilgjengelighet.

Størrelse og alder

Kroppsstørrelse og alder er nøkkelfaktorer i bestemmelsen av tidspunktet for kjønnsmodning. Generelt sett modnes større og eldre individer tidligere. Dette skyldes økt lagring av energi som kan brukes på reproduksjon. Ernæringsstatus sammen med veksthastighet over tid kan altså bli avgjørende for om en torsk velger å gå inn i en kjønnsmodning eller ikke. Kontroll av veksthastighet gjennom optimal fôring og miljøbetingelser kan derfor være et effektivt verktøy for å forsinke modning.

Stress og fysiologisk Status

Stressfaktorer som overbefolkning og dårlig vannkvalitet kan fremme tidlig kjønnsmodning som en adaptiv respons. Fysiologisk status, inkludert helsetilstand og immunsystemets funksjon, påvirker også denne prosessen. Reduksjon av stress gjennom bedre vannkvalitet og optimale oppdrettsforhold er avgjørende for å forsinke modning.

Hormonelle og biologiske sykluser

Hormonelle faktorer, inkludert nivåer av østrogen og testosteron, regulerer gonadeutvikling og reproduktiv beredskap. Hypotalamus-hypofyse-gonadeaksen spiller en sentral rolle i denne prosessen, og manipulasjon av hormonelle signalveier kan brukes til å forsinke modning. Biologiske sykluser som påvirkes av lys og temperatur gir også viktige signaler for reproduksjon.

I praktisk torskoppdrett har det vist seg at det å kontrollere kjønnsmodningen i dagens produksjonssystemer er svært vanskelig. Det var utfordringer knyttet til kjønnsmodning som var avgjørende for at den andre torskébølgen ikke lyktes, og så langt i den tredje torskébølgen ser det ut til at dette nok en gang vil bli en nøkkelutfordring. Bruken av lys alene som et verktøy for å forsinke eller stoppe kjønnsmodning hos torsk ser ikke ut til å fungere stabilt i felt på tross av at enkelte forskningsarbeider viser at bruken av lys kan ha effekt.

Lys er en sentral faktor i reguleringen av kjønnsmodning. Kontinuerlig lys undertrykker melatoninproduksjonen, et hormon som påvirker hypotalamus-hypofyse-gonadeaksen og initierer reproduktiv utvikling. Forskning viser at ved å manipulere lysperioder kan oppdrettere forsinke modning og samtidig fremme vekst.

Kontinuerlig lys reduserer energien som brukes til reproduksjon og kanaliserer den mot vekst. Taranger et al. (2006) fant at kontinuerlig lys forsinket gonadeutvikling og forbedret veksthastigheten. Hansen et al. (2001) viste at lys alene effektivt forstyrret sesongmessige rytmer som ellers stimulerer kjønnsmodning. Dahl og Bjørkevoll, 2023 publiserte nylig lovende resultater fra en studie hvor lysstyring hindret tidlig kjønnsmodning før utslakting. Resultatene i denne studien viste at lysstyringen hadde god forsinkende effekt på utvikling av gonader og at en i stor grad kunne

hindre kjønnsmodning i den naturlige gytesesongen på fisk som har stått over 20 måneder i sjø, selv om utviklingen ikke kunne stoppes fullstendig. Ut fra erfaringene fra sesongene 2023-24 og 2024-2025 hvor man i tillegg har eksperimentert med store lysdoser i merdene, gir imidlertid ikke lys alene noen god eller sikker effekt under feltforhold. I noen få tilfeller ser det ut til at man kan forsinke kjønnsmodningen noe, i andre tilfeller ikke i det hele tatt. Torsk over en viss størrelse og alder ser ut til å entre kjønnsmodningsprosessen uansett når den går inn i oktober-november måned og kjønnsmodner totalt i løpet av desember-februar. Det kan altså se ut til at utfordringene med kjønnsmodning ikke fjernes alene med bruk av lys og at påfølgende gyting i merd inkludert spredning av kjønnsprodukter fra oppdrettstorsken til omgivelsene derigjennom ikke kan unngås.

Ser man på en annen viktig miljøfaktor knyttet til kjønnsmodning, sjøtemperatur, så åpner det seg nye muligheter for å kunne påvirke og styre kjønnsmodningen hos torsk. Dette verktøyet er ikke tilgjengelig i dagens foretrukne produksjonssystem i sjø, nemlig et «åpen merd system», hvor omgivelsestemperaturene styres av naturens sesongvariasjoner og ikke av oppdretter. Temperatur fungerer som et betydelig miljøsignal som kan akselerere eller forsinke kjønnsmodning hos torsk. Forskning har vist at sesongmessige temperaturrendringer, spesielt temperatursvingninger og plutselige temperaturopp, kan trigge modningsprosessen. Temperatur påvirker metabolismen og energiforbruket hos oppdrettstorsk, noe som gjør det til en viktig sekundær faktor i kontrollen av kjønnsmodning.

Temperaturer i området mellom 8–10°C blir sett på som optimale i forhold til å fremme vekst uten å stimulere reproduktiv utvikling. Ved temperaturer over 10°C kan stress øke, noe som kan utløse kjønnsmodning til tross for lyskontroll. Kjesbu et al. (2003) rapporterte allerede i 2003 at temperaturer i dette optimale området reduserte risikoen for tidlig kjønnsmodning. Samme forfatter gjorde en ny studie i 2010 hvor ovarieutviklingen hos torsk ble studert og man fant at temperaturdynamikk spiller en nøkkelrolle i å regulere naturlig modning. Plutselige temperaturopp, kombinert med andre miljøsignaler som lys, kan sette fart på kjønnsmodning. Fisken bruker temperatur som en indikator på gunstige forhold for reproduksjon, spesielt når temperaturene svinger innenfor området 6–10°C. Norberg et al. (2004) ledet et forskningsteam som påpekte at sesongmessige temperaturvariasjoner fungerer som en trigger for reproduksjon. Temperatursvingninger kan forsterkes eller modereres av stabil lysmanipulasjon. Resultatene viste at konstant lys under temperaturopp reduserte effekten av temperaturen som en modningsfaktor og et modningssignal, mens temperaturforandringer alene hadde en sterk effekt på gonadeutvikling. Thorsen et al. (2010) fremhevet at geografisk variasjon i temperatur har betydelige konsekvenser for torskens reproduktive strategi. Lavere temperaturer i nordlige områder førte til senere kjønnsmodning, mens fisk i sørlige områder modnet raskere på grunn av hyppigere temperatursvingninger. Slike svingninger virker som en katalysator for modning, spesielt når temperaturen faller raskt mot det lavere optimale nivået, rundt 6–8°C. Dette kan være en viktig medårsak til at torskeoppdrettere i dag, til tross for lysstyring, ikke klarer å hindre oppstarten av kjønnsmodningen når temperaturen dropper betydelig senhøstes og når disse temperaturnivåene rundt 6-8 grader.

Multigen Gadus AS har tenkt å benytte begge disse miljøfaktorene for å styre kjønnsmodningen. Dette er fullt ut mulig i Multigen sitt produksjonssystem, som har alle muligheter til å styre alle miljøfaktorer, å slik støtte optimalt opp rundt flere av de fysiologiske prosessene som torsken går igjennom i løpet av en normal livssyklus, eller som i dette tilfellet, forsinke en kjønnsmodning som er en uønsket prosess i oppdrettssammenheng. Multigen sitt produksjonskonsept representerer en fullstendig lukket produksjon hvor alle miljøsignaler kan styres effektivt. Dette inkluderer både temperatur og lys. Kombinasjonen av kontinuerlig lys og temperaturkontroll har vist seg å gi de beste resultatene for å holde gyteprosessen i sjakk. Lys undertrykker reproduksjonshormoner, mens temperaturkontroll stabiliserer metabolske prosesser og reduserer stress. Omgivelsestemperaturer mellom 8–10°C minimerer stress forårsaket av ugunstige miljøforhold og skaper en stabil ramme for vekst. Vedvarende bruk av begge tiltakene har vist seg å gi konsistente resultater, selv i kommersiell skala. Hansen et al. (2001) fant at kombinasjonen av lys og temperatur på 10°C forsinket gonadeutvikling mer effektivt enn noen av tiltakene alene. Taranger et al. (2006) viste at denne kombinasjonen ga en stabil og forutsigbar forsinkelse av kjønnsmodning over lengre perioder. Erfaringer fra Havlandet Marin Yngel sin RAS-pilot på torsk i Florø har vist at de gjentatte ganger kan produsere torsk opp til en størrelse på 6 kg uten at den går inn i en kjønnsmodningsprosess ved at de gir fisken fullt lys og en stabil temperatur rundt 10 grader gjennom siste del av produksjonen.

Multigen Gadus AS har satt 10 grader som driftstemperatur gjennom hele fiskens voksne liv. Multigen har også valgt å gi all fisk en naturlig døgnrytme. Dette vil si at fisken får en dag og nattperiode i døgnet. Både lys og temperatur vil kunne benyttes mer hensiktsmessig og i tråd med fiskens naturlige behov mens fisken ennå er mindre i størrelse og risikoen for å gå i kjønnsmodning er lav. Dette for å støtte mest mulig opp om torskens naturlige livsfaser og de ulike fasenes ulike behov for miljøsignaler. I store deler av produksjonen og særlig etter at fisken er passert 1,5 kg vil kombinasjonen av kontinuerlig lys med en sommerdøgnrytme og en stabil omgivelsestemperatur på 10 grader Celsius bli benyttet. Slik vil vi effektivt unngå en kjønnsmodning. På bakgrunn av at Multigen Gadus AS har et produksjonskonsept som gjør det mulig å styre flere miljøfaktorer, ikke bare lys, så ser vi på risikoen for kjønnsmodning som svært lav.

GYTING I MERD

På bakgrunn av Multigen Gadus AS sine muligheter til å kontrollere kjønnsmodningen effektivt, så vil risikoen for at oppdrettstorsken som står på en av plattformene til selskapet skal gyte i produksjonsenheten være svært lav. Uansett så vil ikke de biosikkerhetsmessige barrierene som konseptet er basert på slippe igjennom kjønnsprodukter som evt. måtte bli produsert av oppdrettstorsken. Alt avløpsvann som slippes ut fra en plattform vil gå gjennom samme type behandling som inntaksvannet. Først vil vannet grovfiltreres deretter finfiltreres og så gå gjennom en ultrafiltrering med en porestørrelse på 0,02 µm. Denne fysiske barrieren slipper ikke gjennom kjønnsproduktene til torsk. Både rognkorset og sædcellen til torsken er betydelig større i størrelse og vil bli stoppet effektivt. Dette gjør at før avløpsvannet går gjennom den siste UV-behandlingen vil alle kjønnsprodukter være fjernet. Oppdrettstorsk produsert på en av Multigen Gadus AS sine

plattformer vil dermed aldri kunne påvirke omgivelsene og stedsegne torskestammer på en negativ måte gjennom en spredning av oppdrettstorsk sine kjønnsprodukter til omgivelsene.

Torskeoppdrettsanlegg basert på et «åpen merd system» kan imidlertid risikere å bidra til en rekke økologiske interaksjoner mellom oppdrettstorsk og villtorsk. Ville torskebestander finnes langs hele Norskekysten, både vandrende og stasjonære økotypen av kysttorsk samt skrei. Vi finner innslag av skrei i varierende grad helt ned til Stadt, mens gytefelt for kysttorsk av både lokal, regional og nasjonal viktighet er utbredt i fjorder og kyststrøk langs hele kysten. Det samme gjelder beiteområder for yngel og ungtorsk. Dette innebærer at åpne eller semilukkede oppdrettsanlegg for torsk kan slippe fri kjønnsprodukter som kan føre til endringer hos villtorsk i adferd (for eksempel tiltrekning til oppdrettsanlegg), vandringsmønster (unnvikelse av oppdrettsanlegg), sykdomsutbrudd (virus, bakterier og parasitter), smittespredning (gjennom vann, fra rømt fisk og gjennom gyting i merd) og fysiologi (endret sammensetning), som igjen kan påvirke overlevelse, vekst og rekruttering hos villtorsk. (Risikorapport for norsk fiskeoppdrett 2022, HI)

For kysttorsk kan genetiske interaksjoner med oppdrettstorsk oppstå som følge av rømming og gyting i merd. Dette kan medføre genetisk innkryssing mellom domestisert oppdrettstorsk og ville bestander av torsk med varierende sårbarhet langs norskekysten (Bjørn m.fl., 2021). Det er moderat sannsynlighet for at egg fra oppdrettstorsk skal overleve til yngelstadiet (Grefsrud m.fl., 2022). Eventuell spredning av egg fra torsk som gyter i merd vil kunne ha størst betydning for villfisk ved gyteområder med høy grad av retensjon. Det er vist at egg fra oppdrettstorsk har utviklet seg til larver og yngel (Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022, HI). Egg og larver av domestisert torsk kan imidlertid ha en overlevelse i naturen som er ulik for egg og larver av villtorsk, blant annet ut fra førets sammensetning som kan føre til en redusert kvalitet på eggutviklingen hos torskeyngelen som igjen fører til en generell lavere vitalitet og evne til overlevelse enn det som er tilfellet for villtorsk.

Hvis oppdrettstorsk som ikke står i lukkede systemer skulle komme i gyting, vil mengden gyteprodukter avhenge av hvor stor biomasse oppdrettstorsk det er i anlegget, men også produksjonsmessige forhold som innebærer økende grad av kontroll med kjønnsmodning. For eksempel benyttes undervannslys i merdanlegg for å utsette kjønnsmodningen, eller slaktetidspunkt kan velges før kjønnsmodning og gyting skjer. Erfaringene fra perioden 2019-2024 har imidlertid vist at gyting i merd forekommer selv i anlegg hvor lysstyring er blitt benyttet så lenge fisken holdes over nyttår og inn i månedene januar, februar og mars før den blir slaktet ut. Tidligere vitenskapelige studier viser at lysstyring av oppdrettstorsk i merder kan utsette kjønnsmodningen noe, men at en viss andel av oppdrettstorsken vil kjønnsmodne og gyte i løpet av oppholdet i merden. Dersom gyting i merd forekommer, vil havstrømmene føre eggene bort fra merden. Mengden av egg fra oppdrettstorsk som spres til gunstige oppvekstområder for kysttorsk er bestemt av mengden gyteprodukter og at havstrømmene fører eggene til disse områdene. Strømforhold og hydrografi kan være forskjellig på ulike lokaliteter, og sannsynligheten for spredning til gunstige oppvekstområder vil derfor variere. Torskeeggene plassering i vannsøylen vil være bestemt av saltholdighet og tyngden på eggene. Eggene vil klekke etter anslagsvis 2 til 4 uker, avhengig av temperaturen i de

omliggende vannmassene. Larvene vil ha egenbevegelse både vertikalt og horisontalt, blant annet knyttet til lys og mørke gjennom døgnet. Egenbevegelsen vil stadig bli større ettersom larvene vokser. Larver av kysttorsk vil befinne seg fritt i vannmassene opp mot 2 måneder etter klekking, før de søker mot bunnen på grunt vann.

Basert på Multigen Gadus AS sitt helt lukkede produksjonskonsept og det biosikkerhetsbarrierene som er opprettet ser vi ikke at det skal være noen risiko for at kjønnsprodukter fra oppdrettstorsken skal slippe ut til omgivelsene og påvirke villtorsk negativt.

PLAN FOR OVERVÅKING AV SMITTESITUASJONEN I ANLEGGET

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

Vertikalt overførbare sykdommer er som nevnt tidligere sykdommer som smitter fra foreldredyr til avkom. For laks har vertikal smitteoverføring vist seg å ha stor betydning for sykdomsutviklingen både i ferskvannsfasen og sjøvannsfasen. En rekke viktige agens på laks ser ut til å kunne overføres vertikalt og utløse sykdom stadig tidligere i produksjonen av laks. Når det gjelder infeksiose sykdommer på torsk er man mer usikker på hvor stor kilde til smittespredning vertikal smitte utgjør. Når slik vertikal smitte overføres til sjølokaliteten via settefisk øker imidlertid risikoen for utbrudd av sykdom på bakgrunn av forekomsten av disse patogenene. Multigen Gadus AS skal motta 100 grams torskeyngel fra en stamfiskprodusent. Innføring av smittsomme sykdommer fra yngelleverandøren gjennom torskeyngelens bærerstatus er den viktigste innfallsporten for bakterier, virus og parasitter som kan bli en sykdomsutfordring senere i produksjonssyklusen i et Multigen-konsept. Et overvåkningsprogram må derfor ta utgangspunkt i den perioden fisken står hos yngelprodusenten og deretter følge fisken fra plattform til plattform helt til den slaktes eller overflyttes til et åpen-merd system.

Det er satt opp et eget smitteovervåkningsprogram for driften hos Multigen Gadus AS som har til hensikt å overvåke noen sentrale smittestoffer i løpet av produksjonsfasen i helt fra yngelprodusent til torsken slaktes. Disse agensene er valgt ut med utgangspunkt i at dette er agens som erfaringsmessig har vært store sykdomsutfordringer for torsk fra og med den andre torskebølgen. I de nærmeste årene vil altså følgende agens bli fulgt fra stamfiskprodusent og gjennom hele produksjonen frem til slakt.

Tabell 10 : Oversikt over aktuelle smittestoffer

Agens	Sykdom
Francisella	Francisellose
Nodavirus	Nervevevsnekrose
Atypisk Aeromonas salmonicida	Atypisk furunkulose
Listonella anguillarum	Klassisk vibriose

Disse fire agensene vil det bli screenet for etter et fastsatt overvåkningsregime som vist i vedlegget «Smitteovervåkningsprogram Multigen Gadus AS» som følger med søknaden.

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 torskeoppdrett 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. Multigen 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 medhjelperkurs for torsk
- Rømmingssikringskurs
- Kurs i hygiene og biosikkerhet

BEREDSKAP- OG TILTAKSPLANER

Beredskap og tiltaksplaner som er knyttet til de viktigste prosesstekniske utfordringene og produksjonsslidelsene 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, redusert velferd og kritiske avbrudd i produksjonen. Vi kan kalle disse produksjonshendelser eller produksjonsslidelser. 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 og fiskens velferd 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 produksjonsslidelsene 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
- Nitrogenovermetning
- Massedødelighet

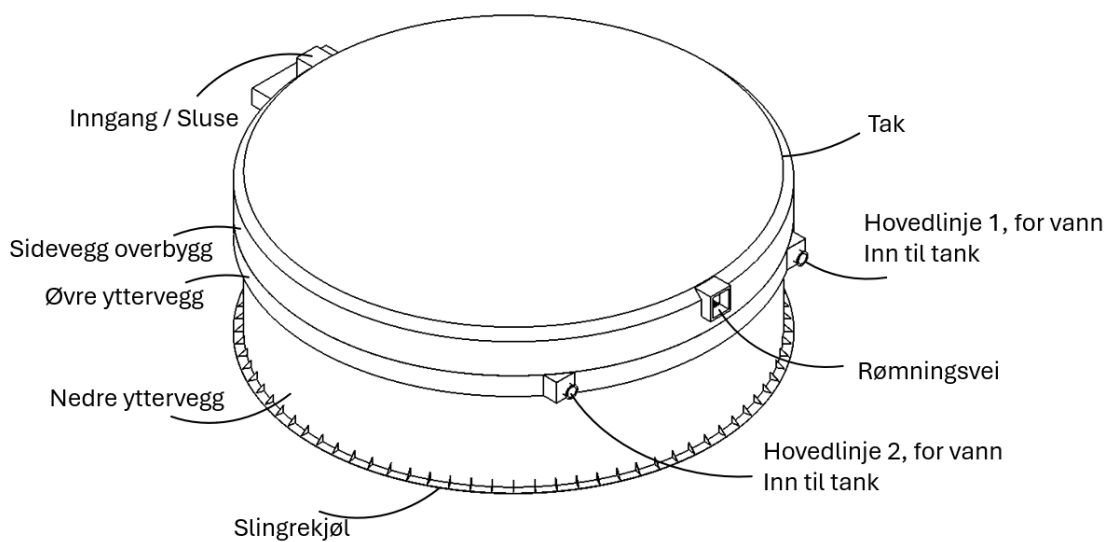
RØMMING

Alle plattformtypene som er knyttet til multigenkonseptet er festet til havbunnen i skjermede og lite strømsterke og lite bølgeutsatte kystområder. Alle plattformene har en dobbel stålvegg som skal beskytte mot skader og inntrenging av vann og er delt inn i en rekke vanntette skott som skal forhindre et totalhavari. Dette gjelder både flåten og produksjonskarene.

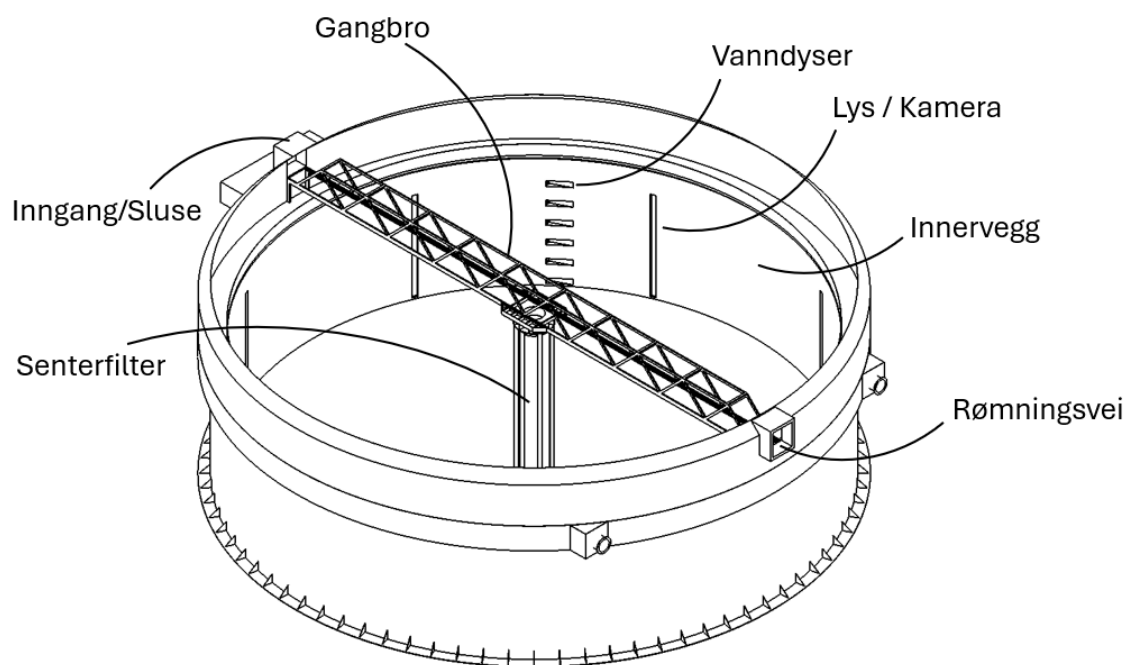
Alle plattformene er designet i henhold til NS 9415 og er også designet mot havari både når det gjelder brann og inntrengning av vann, slik at den ikke vil synke ved et karbrudd.

Plattformen består av to moduler, en til to tanker for oppvekst av fisk og en vannrenseenhet. Begge modulene er strukturelt innrettet med doble vegger under vannoverflaten og med vanntette skott som hindrer total kollaps ved påkjørsel av skip under normale forutsetninger definert av DNV, Polarkonsult og NS 9415. Dvs. hvis eksempelvis et fôrskip kjører inn i sidevegg på tanken kan yttervegg punkteres, men det er fremdeles 1.5 meter fra yttervegg til innervegg som er forsterket med gangbane. Multigens sikringstiltak setter klare føringer for hvordan skipstrafikk skal foregå i anleggsområdet. Et eksempel på dette er at båter som kommer mot anlegget aldri skal ha rett kurs mot anlegget. Ved å ha rett kurs mot anlegget kan motorhavari på båt forårsake skade på anlegget. Fôrbåter og brønnbåter vil derfor legges til ved siden av anlegget. Her vil det være passende fortøyningsmuligheter inntil anlegget.

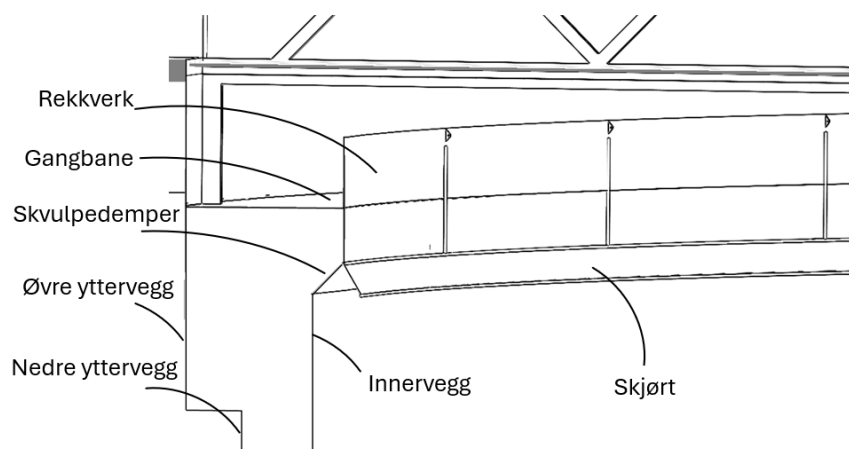
Transport av fisk fra plattform til plattform, brønnbåt eller ventemerde vil gjennomføres med rør i rør. Alle koblingspunkter på transportslange vil være med en sikring utover det allerede beskrevet.



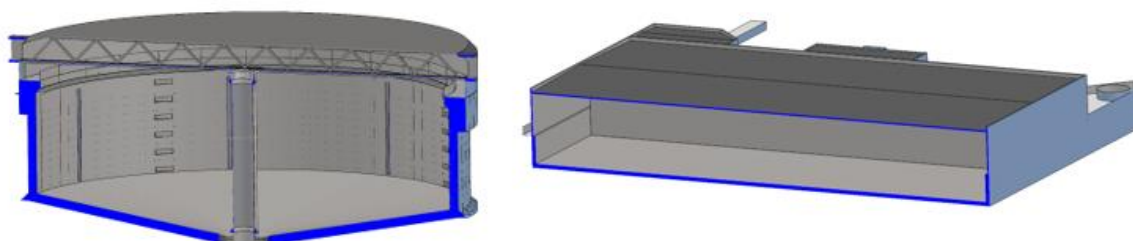
Figur 47: Oversikt og benevnelse av et produksjonskar (Kilde: Advice IP).



Figur 48: Oversikt og benevnelse på et produksjonskar sett innvendig (Kilde: Advice IP).



Figur49: Nærmere snitt på indre og ytre vegg fra et produksjonskar (Kilde: Advice IP).



Figur 50: Viser tverrsnitt av produksjonskar og flåte, blått omriss viser dobbelvegg (Kilde: Lomar Teknologi AS)

Risiko for rømming på en av plattformene til Multigen Gadus AS er funnet relatert til;

1. Kontakt mellom produksjonsplattform og stor båt
2. Transport av fisk inn til plattform via rørledning fra brønnbåt
3. Transport av fisk fra produksjonstank til produksjonstank (Rekruttplattform)
4. Transport av fisk fra produksjonstank til brønnbåt (Rekruttplattform)
5. Transport av fisk fra plattform til plattform (mellom ulike plattformer)
6. Transport av fisk fra produksjonstank til ventetank
7. Transport av fisk fra ventetank til brønnbåt

VANNSTOPP

Vannstopp kan inntreffe hvis av en eller annen grunn både ekstern strømtilførsel, batterisvikt og generatorsvikt skulle inntreffe til samme tid. Sjansen for at et slikt scenario skal utfolde seg er imidlertid svært lav. Energiforsyningen til plattformene skjer via landstrøm og har generatorer kombinert med batteriløsninger i tilfelle strømbrydd. All strøm inn til plattformene lader batterisystemet først som deretter sørger for en jevn tilgang til energi til produksjonen i anlegget. Slik vil blant annet strømblink unngås. Strømblink kan utløse et plutselig bortfall av lys og vannbevegelse som kan føre til panikk hos fisken og gi påfølgende høy dødelighet.

For et hvert 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 RAS 2 (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 99,5-99,8 %, noe som indikerer at man bruker svært lite nytt vann. For en matfiskplattform basert på Multigen sin teknologi og som er den produksjonsplattformen med høyest vannforbruk vil det totale vannforbruket være rundt 360 l /min. sjøvann.

Sjøvannsinntaket er doblet med to inntaksrør som er knyttet til hver sin pumpestasjon og strømtilførselen er sikret gjennom et av to nødaggregat som er installert på plattformen. Skulle alt svikte på en gang er det mulig å kjøre alle biofilterenhetene på 100 % resirkulering, altså uten inntak av nytt vann i rundt 3 dager. I løpet av denne tiden burde avvik som er inntruffet kunne korrigeres for før fisken får utfordringer knyttet til sviktende tilførsel av nytt vann.

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. Anlegget vil være utstyrt med egenproduksjon av oksygen gjennom VSA (vakum) eller PSA (trykk) systemer som tilfører oksygen direkte til injektorene og så direkte inn til vanntilførselen til produksjonskaret. Systemet vil bestå av tre enheter hvorav to enheter er operativ og en tredje er i backup og sørger for oppetid selv om en eller to enheter skulle få problemer. Som ekstra sikkerhet vil anlegget være utstyrt med nødoksygenløsninger.

H₂S

Hydrogensulfid (H₂S) er en svært giftig gass som produseres av bakterier som bryter ned slam i oksygenfrie områder som får ligge i fred over tid og råtne. Det skal ikke mye opphopning og

sedimentering av organisk materiale eller slam til for å produsere mengder med H_2S som er giftig for fisken. Organisk materiale er rester fra fôrspill og avføring fra fisken som oppholder seg i prosesssystemet. Det er bakterier som produserer hydrogensulfidgass. For å kunne produsere H_2S 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 H_2S -problemer enn de som bare benytter ferskvann. Det er lite konkret kunnskap om dagens situasjon for H_2S 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 H_2S siden 2015 nærmer seg 100 de siste årene. Tallet er imidlertid sterkt fallende de siste 5 årene og noe av årsaken til dette er økt kunnskap rundt problemstillingen og tilpasninger i anleggsdesign. Multigen Gadus AS har valgt å benytte et sandfilter som grunnlag for nitrifikasjonen i produksjonssystemet og denne formen for filtrering og nitrifikasjon er svært effektiv i forhold til fjerning av organisk materiale. Sandfiltersystemet er delt inn i totalt 30 kamre bestående av hver sine fire sandfilterenheter. Disse 30 kamrene er delt inn i tre rader med kamre. Hvert kammer vil bli utstyrt med en HS2-logger slik at hvis det detekteres høye eller økende nivåer av H_2S vil det enkelte kammer kunne kobles ut av sirkulasjonen og rengjøres før det settes inn i prosess-sløyfen igjen. H_2S -nivåene vil monitoreres fortløpende og en utkobling av det enkelte kammer vil skje automatisk når en grense nås.

I tillegg til en effektiv fjerning av organisk materiale som er utgangspunktet for en H_2S -episode vil selve rør- og kumsystemet knyttet til biofilteret bidra til redusert risiko for opphopning av organisk materiale. Dette på grunn av den totale rørgatelengden i denne typen anlegg hvor det kun er et produksjonskar med et avløpsrør som går tilbake til skivefilterkummen. Gode rutiner ved nedvask av produksjonskar og rørsystem mellom hvert innlegg vil gi en god sikkerhet for at det ikke er områder hvor organisk materiale kan sedimentere. For å forebygge en H_2S -hendelse vil det også være viktig å sørge for at det alltid er stabile og relativt høye nitratnivåer i vannet slik at H_2S -ikke dannes like lett. Hvis de kontinuerlige målingene av H_2S -nivåer i driftsvannet er forøket og det vil være fornuftig å redusere nivåene eller hvis nivåene plutselig øker og en hendelse er i gang, så er beredskapen fokusert rundt tilsetning av hydrogenperoksid. Nivåer under 15mg hydrogenperoksid/l prosessvann skader ikke fisk og biofilter og fjerner H_2S -gass effektivt i løpet av få minutter. Slik kan en H_2S -hendelse under oppseiling avbrytes og fisken berges. En slik hydrogenperoksydbehandling kan kjøres opp mot det enkelte sandfilterkammer for å effektivisere og minimere bruken av hydrogenperoksyd.

Det er Multigen Gadus AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til hydrogensulfidgass kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt søkelys på utvalgte risikominimerende tiltak. I forbindelse med etableringen av Multigen Gadus AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både plattformenes utforming, utforming av resirkuleringssystem og driftsplan i tidlig planleggingsfase. Dette er av stor fordel. Det har vært et overordnet fokus på vannbevegelse i alle rørgater, kummer og i selve produksjonstanken. 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.

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 strakstiltak som er skissert under utbrudd.

SYRE/BASE FORGIFTNING

Man tilstreber til enhver tid å holde surhetsgraden i et RAS-anlegg i området 7,3-7,5 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 Multigen. Vedlikehold og ettersyn i tråd med gjeldende vaktinstrukser og sjekklister skal sørge for at de omtalte funksjonene er operative til enhver tid.

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.

Multigen sin produksjon skal baseres på resirkulering og blant annet produsere fisk helt frem til 5 kg. 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 produksjonskar/ene. 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 Mutligen Gadus AS sin oppfatning at utfordringene knyttet til totalgassmetning kan håndteres, kontrolleres og elimineres via et godt søkelys på viktige risikominimerende tiltak.

I forbindelse med etableringen av Multigen Gadus AS har man hatt muligheten til å treffe preventive tiltak på både utstysvalg og utformingen av resirkuleringssystem i tidlig planleggingsfase. Dette er av stor fordel. Det har vært et overordnet fokus på vannbevegelse både i rørgater, kummer og i det øvrige prosess-systemet i forbindelse med hydrogensulfidgass. Dette arbeidet vil også bidra til å forebygge risikoen for nitrogenovermetning i produksjonskaret/ene 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.

MASSEDØDELIGHET

Når det gjelder massedødelighet, så er det opprettet avtale 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.

VELFERDSOVERVÅKNING FISKEVELFERD DRIFT

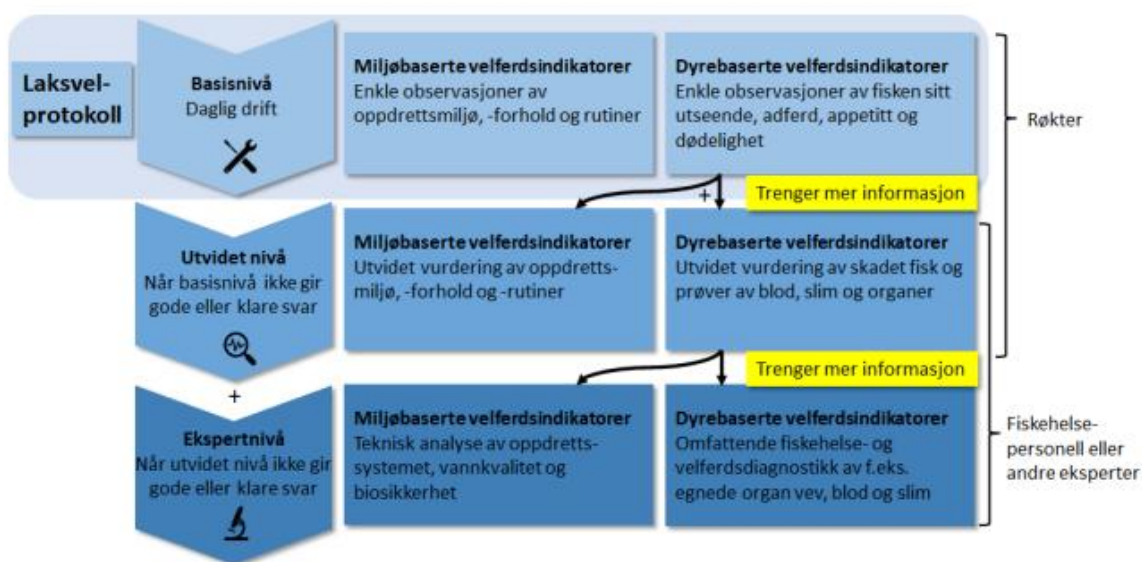
I forbindelse med oppstarten og opptrappingen av produksjonen på rekruttplattformen skal det gjennomføres et omfattende dokumentasjonsprogram både knyttet til prosessutstyrets ulike funksjoner, vannkvaliteten og fiskens helse- og velferdsutvikling. Denne kunnskapsinnhenting skal gjennomføres i samarbeid med blant andre Universitetet i Tromsø. Denne overvåkingen vil kunne vise seg å bli betydelig mer omfattende enn det som er skissert i denne biosikkerhetsplanen og vil i stor grad påvirkes av det forberedende arbeidet som skal gjøres før oppstart. Den endelige planen for overvåkning av både anleggets prosessmessige sider, vannkvalitet og fiskevelferd vil derfor først foreligge etter at detaljprosjekteringen er gjennomført. Erfaringene fra de første produksjonsrundene vil med sikkerhet bidra til endringer og revisjoner av overvåkingen og erfaringer derfra vil fortløpende tas med over til matfiskplattformen. Siden driften og produksjonsbetingelsene på alle plattformer er identiske uavhengig av deres geografiske plassering, er det mulig å overføre erfaringer og kunnskap mellom de ulike plattformene på effektivt vis. Dette gjelder også hvis det skulle være slik at de driftes av ulike selskap.

De viktigste daglige driftsmessige prosedyrene knyttet til biosikkerhet baserer seg i stor grad på de erfaringene som allerede er gjort av andre aktører i felt, men også risikovurderingene som er gjennomført i forbindelse med denne overordnede biosikkerhetsplanen. De rutiner og prosedyrer

samt beredskapsgrep som er blitt etablert nå før igangsettingen av det første produksjonsanlegget i normal skala vil bli underlagt en hovedrevisjon med 6 måneders intervaller de første to årene med drift.

For tidlig å kunne avdekke forhold som beskriver en negativ utvikling av fiskens helse og velferd i forhold til det som anses som normalt for denne typen produksjon vil LAKSVEL-protokollen benyttes, men i en modifisert utgave tilpasset torsk. Velferdsskåringen er etablert på bakgrunn av erfaringer gjort i felt i løpet av de siste 10 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 ble gjennom et annet prosjekt TRIPWELL, videreutviklet og forenklet for å kunne benyttes av vanlige røktere på kar-merdnivå. LAKSVEL-protokollen ble etablert på bakgrunn av begge disse modellene og ble lansert i 2022. Vi viser til skjema for velferdsskåring Multigen Gadus AS og LAKSVEL-Protokollen som begge medfølger søknaden som vedlegg.

Det er laget en guide med forklaringer og bildeeksempler av hver skår for de ulike indikatorene til støtte ved skåring. De ansatte hos Multigen Gadus AS vil bli gitt opplæring i denne protokollen før man påbegynner skåring av torsk.



Tre-nivå beslutningsrammeverk for hvordan velferdsindikatorer kan benyttes som en velferdsdokumentasjon og vurderingsplattform på merdkanten. På Basisnivå vil en bruke operasjonelle velferdsindikatorer (OVI-er), mens en på Utvidet nivå og Ekspertnivå vil bruke større grad av velferdsindikatorer som krever analyse i laboratorium (LABVI-er) og/eller større datagrunnlag.

Figur 51: Tabell over beslutningsrammeverk for velferdsregistreringer hentet fra LAKSVEL-Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg.

Laksvel-protokollen er tenkt som en styrking og standardisering av Basisnivået, et rammeverk for daglig/regelmessig overvåking av fiskehelse og -velferd. Protokollen består av et sett med miljøbaserte, gruppebaserte og individbaserte velferdsindikatorer. Dersom det, på basis av funn gjort i Basisnivået, er usikkerhet knyttet til årsaken eller alvorlighetsgraden av en identifisert velferdstrussel skal en mer omfattende eller detaljert undersøkelse gjennomføres. Det samme gjelder usikkerhet rundt korrigerende tiltak. En eventuell ny undersøkelse gjennomføres på Utvidet nivå og eventuelt Ekspertnivå og involverer samarbeid med fiskehelsepersonell eller annet relevant fagpersonell.

Multigen har som mål å benytte de ulike velferdsparametrene som nevnt i LAKSVEL-standardens i den fortløpende oppfølgingen av fisken og benytte seg av de skåringsmodellene som er beskrevet for å følge opp velferdsutviklingen og slik være i stand til å gjøre korrigerende driftstiltak fortløpende. Det overordnede målet for Multigen er imidlertid at denne velferdsovervåkingen skal gjøres digitalt av KI-styrte kamera som daglig tar tusenvis av bilder av fisk fra ulike vinkler og bruker de samme kategoriene som den modifiserte LAKSVEL-standardens. Disse registreringene blir gjort fortløpende og man kan til enhver tid se hvordan velferden utvikler seg både totalt sett og i forhold til enkeltparametre. På denne måten har man et svært oppdatert og godt grunnlag til å vurdere fiskens trivsel og helsestatus utover i produksjonen. For å sikre at de digitale dataene faktisk stemmer med det man ser i felt, vil det tas manuelle velferdsskåring på 50 fisk i anlegget hver uke.

Når det gjelder den velferdsmessige oppfølgingen av opptrappingen av produksjonen hos Multigen Gadus AS vil velferdsovervåkingen være av stor betydning for å kunne avdekke avvik tidlig å gjøre korrigerende tiltak eller sågar avbryte produksjonen. Det er i en egen prosedyre beskrevet hva som legges til grunn for de ulike tiltaksnivåene i forbindelse med en produksjonsovervåking av denne typen. Hver enkelt velferdsparameter blir gitt en skår fra 0-3 og et snitt av disse utgjør grunnlaget som blir lagt inn i den totale velferdsvurderingen.

AVBRUDDSKRITERIER FISKEVELFERD-DRIFT

En bærekraftig produksjon av torsk i et Multigenanlegg 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 som selskap til enhver tid ønsker å holde oss innenfor. Som en direkte følge av dette må oppdretter være forberedt på situasjoner/hendelser/lidelser hvor det må vurderes om produksjonen på en plattform ikke lengre er forsvarlig og må avbrytes og fisken må slaktes/avlives av fiskevelferdsmessige hensyn. Avbruddskriteriene er en etablert beskyttelsesramme for å sikre torsken 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 digitalt gjennom kameraovervåkning og en KI-styrt vurdering av enkeltskår hos enkeltfisk, 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 eller plattformnivå for å bedre fiskens velferd eller å avbryte produksjonen.

Velferdsvurderingen skal baseres på følgende kriterier:

- Dødelighet per uke
- Almenntilstand
- % daglig fôropptak
- Fortløpende velferdsskåringer

Tabell 11: Oversikt over velferdsvurderingskriterier

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 11 årene og var som nevnt tidligere i de første årene knyttet til hold av triploid fisk.

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.

Tabell 12: Oversikt over velferdsstatus basert på vurdering fra velferdskriteriene.

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 dette systemet for avbruddskriterier slå inn.

OPPTRAPPINGSPLAN FISKEVELFERD DRIFT

Under oppstart av enhver nyetablering vil det være behov for en forsiktig innkjøring av anlegget for å sikre at uønskede hendelser ikke oppstår og at konsekvensene av evt. avvik blir så små som mulig. Anlegget er basert på kjent teknologi og selskapets egen pilot. Multigen Gadus AS skal også dra nytte av erfaringer gjort av andre aktører som har erfaring både i bruk av RAS-2 systemer, membranteknologi og matfiskproduksjon av fisk i lukkede enheter i sjø frem til slaktefisk.

OPPTRAPPINGSPLAN FOR PRODUKSJONEN

Det er etablert reduksjons- og stoppkriterier for utprøvingen. Disse kriteriene er nærmere beskrevet i kapittelet over, «Avbruddskriterier Fiskevelferd-Drift».

Velferdsvurderingen under opptrappingsfasen skal baseres på følgende undersøkelser:

- Dødelighet per dag
- Almenntilstand
- % daglig fôropptak
- Ukentlige velferdsskåring av opplært internt personell
- Fortløpende velferdsskåring av KI-system, kontrollert av veterinær/fiskehelsebiolog
- Månedlige uttak av relevante prøver inkludert;
 - 10 x gjellehistologi for dokumentasjon av vannkvalitet og gjellekvalitet
 - 10 x organpakker på histologi
 - Dyrking av bakterier på vekstmedium
 - Vevsprøver på RNA-later i tråd med smitteovervåkningsprogrammet for pcr-screening av følgende agens;
 - Francisella noatunensis
 - Nodavirus (VER/VNN)
 - Atypisk Aeromonas salmonicida
 - Listonella anguillarum

Disse resultatene vil bli integrert i en egen rapport knyttet til velferdsoppfølgingen og vil sammen med en månedlig helserapport utgjøre dokumentasjonsgrunnlaget for produksjonen.

For å ivareta behovet for at alle de biologiske prosessene som må fungere i et produksjonssystem er oppfylt, vil produksjonen bli oppskalert på følgende måte:

1. produksjon: 50 % av planlagt yngelinnett

2. produksjon: 75 % av planlagt yngelinnett

3. produksjon: 100 % av planlagt yngelinnett

Dette innebærer at første innlegg blir på 600 000 individer og at man først ved det tredje innlegget vil nå opp på et inntak av 1,2 mill individer. Dette forutsatt at erfaringene fra de to første innleggene ikke viser behov for en forlenget periode med redusert produksjon. Ser vi på de beregnede produksjonsrammene for en vanlig fullverdig produksjon i anlegget, vil belastningen på karnivå reduseres tilsvarende i prosent, noe som vil gi svært romslige og trygge forhold for fisken rent miljømessig i opptrappingsfasen. Det tas også sikte på å kjøre samme opptrapping med økende antall fisk i matfiskdelen av anlegget ved at man fører over et økende antall fisk fra rekruttplattformen til matfiskdelen av anleggsmassen.

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.

-Multigen Gadus AS-