

Aquatraz:

Halvårsrapport for biologiprogram – merdgenerasjon 3 på Årsetfjorden

Dokument nr.: AQT-MNH-BIO-009



Rev	Dato	Bakgrunn for utgivelse	Laget av	Sjekket av	Godkjent av
0	05.03.2021	Halvårsrapport merdgenerasjon 3 i henhold til plan.	TS	SH	FØ

Aquatraz: Halvårsrapport for biologiprogram – merdgenerasjon 3 på Årsetfjorden

Forfattere

Forfattere er kreditert på hvert kapittel eller underkapittel. Alle forfattere er tilknyttet biologidelen av Aquatrazprosjektet og er engasjert av Midt-Norsk Havbruk for å bistå med dokumentasjon av merdkonseptet.

Redaktør

Torolf Storsul, Arnfinn Aunsmo, Alf S. Dalum, Sturla Romstad, Henning Urke, Sara Calabrese, Thomas Larsson og Marte Fjær.

Sendt til Fiskeridirektoratet og Mattilsynet 05.03.2021

Samarbeidspartnere i prosjektet



Vet. Sturla Romstad

Innhold

1. Oppsummering.....	5
2. Innledning.....	7
3. Forkortelser og definisjoner	8
4. Produksjonseffektivitet – analyse av sentrale produksjonsparametere.....	9
4.1. Formål og bakgrunn	9
4.2. Foreløpige resultater	9
5. Velferdsvurderinger.....	11
5.1. Formål og bakgrunn	11
5.2. Metodikk	11
5.3. Resultater og diskusjon	12
6. Helseovervåking med vekt på gjellehelse og hjertehelse	16
6.1. Formål og bakgrunn	16
6.2. Resultater	16
7. Lakselus	17
7.1. Formål og bakgrunn	17
7.2. Områdeinformasjon	17
7.3. Lusesituasjonen på lokaliteten sammenlignet med sonen	18
7.4. Lusesituasjon i AQT4 og KTR	19
8. Adferd og akustisk telemetri	21
8.1. Formål og bakgrunn	21
8.2. Metodikk	21
8.3. Resultater og diskusjon	22
8.3.1. Datafangst	22
8.3.2. Horisontal fordeling juli-september 2020	22
8.3.3. Dybdebruk juli- september 2020.....	25
8.3.4. Horisontal fordeling og dybdebruk AQT4 januar 2021	26
9. Vannkvalitet, dyreplankton og mikroalger	27
9.1 Formål og bakgrunn	27
9.2 Vannkvalitet.....	27
9.2.1 Hydrografiske profiler (CTDO)	27
9.2.2 Sensordata.....	36
9.2.3 Labanalyser vannkjemi	40
9.3 Dyreplankton/ lakselus i planktontrekk	41
9.4 Mikroalger	42
10. Produktkvalitet.....	44

10.1.	Formål og bakgrunn	44
10.2.	Materiale og metode.....	44
10.3.	Resultater	44
11.	Helsekontroller	49
12.	Referanser	50
13.	Vedlegg.....	51
13.1.	Velferdsscore/ individkontroller	51

1. Oppsummering

Denne rapporten oppsummerer biologidelen av Aquatrazprosjektet for generasjon 3 av Aquatrazmerden (AG3). Dette er en del av et utviklingstillatelsesprosjekt hvor Seafarming Systems eier konseptet, Midt-Norsk Havbruk oppdretter fisk i merden og bidrar med innspill, mens innleide partnere har bidratt med undersøkelser og vurderinger.

Hensikten med biologiprogrammet er å dokumentere resultater for Aquatrazmerden, se etter forskjeller mot konvensjonell merd og ut fra et biologisk ståsted bidra til videreutvikling av hver generasjon av merdkonseptet og det påfølgende biologiprogrammet. Rapporten oppsummerer første halvår av biologiprogram 3, som er knyttet til lokaliteten 35797 Årsetfjorden. Programmet ble startet ved at fisk som var satt ut i to konvensjonelle merder i januar 2020 ble flyttet til merden Aquatraz 4 (AQT4) 25. juni 2020. Resultatene fra AQT4 er så sammenlignet med en kontrollmerd (KTR) med fisk av samme smoltgruppe satt ut på samme tid.

Halvårsrapporten oppsummerer hva som er gjort og sentrale funn så langt i programmet. Til hvilket tidspunkt man har evaluert varierer noe fra kapittel til kapittel. Endelige vurderinger og funn vil bli diskutert i sluttrapporten. Undersøkelser er stort sett gjort i henhold til programmet, med noen mindre avvik som er kommentert under det enkelte kapittel.

Vurderinger og hovedfunn så langt kan oppsummeres slik:

- **Produksjonseffektivitet:** Resultater så langt er i stor grad basert på beregnede tall og har dermed betydelig usikkerhet. Så langt er det registrert om lag 90 færre døgngnader i AQT4 enn KTR. Fisken i AQT4 har litt lavere snittvekt, litt lavere VF3 og noe høyere fôrfaktor. Dødeligheten i perioden er lavere i AQT4 sammenlignet med KTR, og det er gjennomført færre avlusinger i AQT4. Utfyllende informasjon om dette finnes i kapittel 4.
- **Velferdsindikatorer på individnivå:** Operative velferdsindikatorer (OVI) på individnivå er fulgt opp månedlig, med unntak av desember 2020. De viktigste funnene i BP3 samsvarer godt med funnene i biologiprogram 1 (BP1), BP2 og tetthetsprogrammet. Det er så langt ikke grunnlag for å anta at merdsystemet Aquatraz gir systematiske forskjeller knyttet til operative velferdsindikatorer sammenlignet med konvensjonell drift. De største forskjellene i score-verdier for OVI er forenlig med skader etter håndtering og avlusing. Utfyllende informasjon om dette finnes i kapittel 5.
- **Hjertehelse og gjellehelse:** Prøveuttak er gjort etter planen med unntak av i desember. Resultater vil på grunn av flere ekstraordinære hendelser bli presentert i sluttrapporten. Formål og bakgrunn er beskrevet i kapittel 6.
- **Lakselus:** Lusesituasjonen i AQT4 og KTR er sammenholdt med utviklingen i sonen og området. Smittepresset var lavt før forsøket startet. På grunn av lave oksygen-nivå på lokaliteten ble hele skjørtet fjernet på kontrollmerd 12.oktober og skjørtene fjernet fra to vinduer på Aquatraz 16. oktober. Det er en tydelig sammenheng med fjerning av skjørt og utvikling av lus i begge merder. AQT4 har så langt hatt en avlusing mens kontrollmerda har hatt fire avlusinger. Forskjellen mellom merdene er tydelig, og det er grunn til å tro at den økte dybden på skjermingen i AQT4 gir bedre beskyttelse. Utfyllende informasjon finnes i kapittel 7.
- **Adferd:** I AQT4 var det er betydelig bortfall av fisk etter merkingen juli 2020, men ny merkerunde i januar 2021 vil forhåpentligvis sikre et større datasett i AQT4 frem til utslakting. Det vil deretter gjøres kvalitative analyser på dette datasettet og en sammenligning med tidligere generasjoner (AQT1 og AQT3). Presentasjon av data fra enkeltfisk finnes i kapittel 8.

- **Vannkvalitet:** Hydrografiske profiler viser at temperaturen i AQT4 var lavere og saliniteten høyere enn i KTR på sommeren da den hentet vann fra 20-25 meters dyp. På høsten og vinteren var det mindre forskjeller i temperatur og salinitet. Oksygenmetningen var på de samme målingene jevnt over lavere i AQT4 enn i KTR. De fastmonterte sensorene støtter funnene fra hydrografiske profiler, men har noen perioder uten pålitelige data. Vannkjemiske labanalyser viser ingen tegn til akkumulering av metabolitter eller partikler, med svært lave nivåer av CO₂, TAN, TSS og TOC. Det er funnet svært få luselarver ved planktontrekk, og det er ikke forskjeller mellom AQT4 og KTR. Alger er overvåket, der er det en mulig tendens til lavere nivå av alger i AQT4 enn KTR i juli, ellers er det sammenlignbare nivå av alger i begge merder. Utfyllende informasjon om dette finnes i kapittel 9.
- **Produktkvalitet:** Slakteutbytte og filetutbytte har variert på de ulike uttakene, men for de to siste uttakene har slakteutbyttet vært høyere for fisken fra AQT4. Kontrollgruppen har hatt høyere innslag av svarte flekker i filet i august og oktober, men på samme nivå som AQT4 i januar. Filetfargen har vært litt høyere på fisken fra AQT4 helt fra startuttaket, uten at det er funnet forklaringer på dette. Fettinnholdet i fisken fra AQT4 er lavere enn i fisken fra KTR ved siste uttak. Filetspalting har for hele perioden vært et større problem på fisken fra KTR. Fasthet i filet har vært relativt lik på de første uttakene, deretter var det ett uttak med fisk fra AQT4 med fastere filet før det siste uttaket viste fisk fra KTR med fastere filet. Utfyllende informasjon om dette finnes i kapittel 10.
- **Helsekontroller:** Generelt en god helse- og velferdsstatus. Noen utfordringer har det vært, i hovedsak knyttet til sårinfeksjoner med påvisning av vintersårbakterier i starten av utsettet og nedsatt sirkulasjonsevne den senere tiden. Det har gjennomgående vært god appetitt, normal adferd, god fluktreaksjon og normal aktivitet. Alle de konvensjonelle merdene har gått på tradisjonelt fôr, mens det har blitt benyttet flytefôr på Aquatraz 4. Utfyllende informasjon finnes i kapittel 11.

2. Innledning

Aquatraz er en semilukket stålmerd hvor Seafarming Systems har utviklet og eier konseptet, mens Midt-Norsk Havbruk er tildelt fire utviklingstillatelser for sammen med Seafarming Systems å utvikle og teste ut teknologien. I Aquatrazprosjektet er det planlagt fire ulike merdgenerasjoner, der hver ny generasjon forbedres basert på erfaringer fra foregående generasjoner.

I tråd med målkriterie 8.1 i tilsagnsbrevet fra Fiskeridirektoratet, skal produksjonen dokumenteres i henhold til avtalt måleprogram. Dette måleprogrammet er regulert i målkriterie 7.1. i tilsagnsbrevet. Denne halvårsrapporten svarer på måleprogrammet «Aquatraz: Program for å dokumentere biologiske resultater i driftsfasen – merdgenerasjon 3 på Årsetfjorden» med siste revisjon 16.06.2020 (Dokument nr.: AQT-MNH-BIO-005). Sluttrapporten for dette programmet vil bli ferdigstilt i andre halvår av 2021

Det er satt opp noen suksesskriterier for hele Aquatrazprosjektet, som kan ses i sammenheng med søknaden om utviklingstillatelser. Disse kan oppsummeres slik:

- Bedre fiskehelse og fiskevelferd:
 - Bedre hjertehelse og kondisjon
 - Bedre gjellehelse
 - Ikke behov for avlusing
 - Lavere stressnivå og skaderisiko ved trenging
 - Bedre velferd og lavere dødelighet
- Bedre produktkvalitet
- Rømningsikker teknologi
- Forbedret HMS
- Høyere effektivitet/ økonomisk foretrukken teknologi

Disse kriteriene danner grunnlaget for hvordan biologiprogrammet er bygd opp, og hensikten er todelt: Dokumentasjon av resultatene, samt å kunne gi et grunnlag for videre utvikling av Aquatrazmerden. I biologiprogrammet er det jobbet med dokumentasjon knyttet til fiskehelse, fiskevelferd og produktkvalitet, samt effektivitet i produksjonen. De andre punktene dekkes av den tekniske delen av det samlede Aquatrazprosjektet, og er ikke beskrevet i biologiprogrammet.

Programmet som har pågått i Årsetfjorden startet 25.06.2020, da det ble flyttet inn fisk på ca. 0,8 kg snittvekt fra konvensjonelle merder til merd AQT4 (312.001 stk.), mens fisken i en kontrollmerd (161.027 stk.) ble stående i sin opprinnelige merd på lokaliteten. Fisken har opprinnelse i samme smoltanlegg, og var satt ut på samme tidspunkt og ellers med så lik historikk som praktisk mulig. AQT4 har 8 meter stålskjørt og hadde fra starten av også en ekstra skjerming med presenning slik at den var tett ned til 18 meters dyp. Kontrollmerden var en konvensjonell 135-metring der det var brukt 8 meter presenningsskjørt. I uke 42/2020 ble skjørtet på kontrollmerden og de andre konvensjonelle merdene på lokaliteten fjernet, det samme ble presenningsskjermingen på to av notvinduene på AQT4. Årsaken til dette var lav oksygenmetning. Det er ikke benyttet rensfisk i AQT4 eller kontrollmerden.

Rapporten er bygd opp rundt disposisjonen til biologiprogrammet, men i tillegg til dette er det tatt inn et kapittel om helsekontroller som er relevant for resultatene fra produksjonen.

3. Forkortelser og definisjoner

AG	Aquatraz merdgenerasjon
ALT	Alanin aminotransferase
AQT	Aquatraz. Brukes for å navns sette merd etter leveringsnummer, eks. AQT1.
AST	Aspartat aminotransferase
bFF	Biologisk fôrfaktor
BP	Biologiprogram. Følger første merd av hver merdgenerasjon i Aquatrazprosjektet.
CK	Kreatin kinase
CO ₂	Karbondioksid
CSI	Cardiosomatic index, forholdet mellom hjertevekt og kroppsvekt
CTDO	Måleinstrument for konduktivitet, salinitet, dybde og oksygen
HE	Hematoksylin-eosin. Fargemetode for vevssnitt
HSI	Hepatosomatic index, forholdet mellom levervekt og kroppsvekt
K-faktor	Kondisjonsfaktor, beregnes med Fultons formel
KF	K-faktor
KTR	Kontrollmerd i Aquatraz biologiprogram
M	Merd. Brukes for å navns sette konvensjonelle merder, eks. M5.
NH ₃ -N	Ammoniakk
NKS	Norsk kvalitetssnitt, synonymt med NQC (Norwegian quality cut)
O ₂	Oksygen
OVI	Operativ velferdsindikator
PRV-1	Piscine orthoreovirus-1
RT-PCR	Real Time - Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction, metode for å påvise amplifisere og påvise små mengder arvestoff
TAN	Total ammonium nitrogen
TGC	Thermal Growth Coefficient, synonymt med VF3
TOC	Totalt organisk karbon
TSS	Totalt suspendert stoff
VF3	Vekstfaktor 3
øFF	Økonomisk fôrfaktor

4. Produksjonseffektivitet – analyse av sentrale produksjonsparametere

Av: Arnfinn Aunsmo, DVM PhD, Barkbekken, og Torolf Storsul, veterinær, Aqua Kompetanse

4.1. Formål og bakgrunn

I dagens laksenæring er produksjonskostnad (kr/kg) samt resultat (overskudd) svært knyttet til «biologiske prestasjoner» eller utnyttning av det biologiske potensialet til laksen i merdene. For at nye teknologier skal bli mer kostnadseffektive eller mer miljøvennlige enn tradisjonell teknologi er det nærmest en forutsetning at de biologiske prestasjonene forbedres. Ny teknologi er sjelden optimal ved første forsøk slik at en videreutvikling og optimalisering av teknologi er nødvendig for å ta ut teknologiens potensiale. I en slik utviklings- og optimaliseringssammenheng er det avgjørende å vite hva som gir mest effekt og til en lavest mulig kostnad. Det vil si at ressurser bør brukes der de gir mest tilbake i form av kg og kroner per investert krone. I denne halvårsrapporten oppsummeres de viktigste foreløpige resultatene, men det gjøres oppmerksom på at disse tallene i stor grad er basert på beregnede tall. Endelig oppsummering vil gjøres i sluttrapporten som blir basert på slaktedata.

4.2. Foreløpige resultater

Sammenligning av sentrale produksjonsparametere i BP1 på Eiterfjorden, BP2 på Kyrøyene og BP3 på Årsetfjorden er gitt i tabell 4.1.

Tabell 4.1: Sentrale produksjonsparametere for BP1 Eiterfjorden, BP2 Kyrøyene og BP3 Årsetfjorden. I BP2 ble midtveisevalueringen gjort på tall fra 06.05.2020 og i BP3 er midtveisevalueringen basert på tall per 31.12.2020.

Variabler	BP1 slutt		BP2 midtveis		BP3 midtveis	
	AQT1	KTR	AQT3	KTR	AQT4	KTR (M4)
Utsettsdato sjø	07.05.18	07.05.18	03.05.19	03.05.19	15.01.20	16.01.20
Overflytting AQT	16.10.18	16.10.18	30.10.19	30.10.19	25.06.20	
Slaktedato (siste)	16.08.19	18.07.19				
Antall ved overføring	183 581	120 583	304 469	151 274	312 001	161 027
Vekt ved overføring	1,62	1,78	1,68	1,81	0,77	0,78
Slaktevekt/ status midtveis	5,14	5,04	3,74	4,16	3,32	3,59
Døgngrader i perioden					2011	2107
Døde % i perioden	2,05	3,39	3,06	5,52	1,84	2,94
VF3 i perioden	2,52	2,52	3,31	3,56	2,85	2,92
Tetthet kg/m ³	18,55	20,29	21,2	14,2	19,5	19,4
Biomasse kg	924 262	587 136	1 102 977	595 136	1 015 482	561 356
bFF	1,33	1,41	1,11	1,13	1,17	1,11
øFF			1,16	1,22	1,19	1,15
Avlusinger	0	0	2	3	1	3

I BP3 er fisk overført til AQT på en lavere vekt (770 gram) slik at produksjonsperioden i enheten blir betydelig lengre enn i BP1 og BP2. Det betyr videre at fisken blir eksponert for «AQT-miljø» over lengre tid slik at eventuelle påvirkninger på produksjon i større grad vil manifestere seg.

Akkumulert tilvekst var moderat til lav i BP1 med akkumulert VF3 (TGC) ved slakt på 2,5. Tilveksthastighet i BP2 for både AQT og kontrollmerd er god med en estimert VF3 midtveis på henholdsvis 3,31 og 3,56. Tilveksthastighet i AQT4 og kontrollmerda (M4) har vært moderat med VF3 på ca. 2,9. Tilvekst estimeres med grunnlag i utføret mengde som videre konverteres til tilvekst via en

forventet fôrfaktor, dersom fôrfaktor er feil vil tilvekst også feilestimeres. I oktober 2020 var det lave oksygenverdier i AQT4, det ble da fjernet 2 av 8 skjørtelementer for å øke vannutskifting og bedre oksygenforholdene. Antall døgngrader i AQT4 er lavere enn i KTR midtveis i BP3. Dette er som forventet da man har hatt lavere temperatur på det dypere vannet enn overflatevannet på sommeren og høsten. Ut fra hydrografiske undersøkelser i tidligere biologiprogram kan man anta at dette vil jevne seg ut gjennom året, da det dypere vannet har høyere temperatur enn overflatevannet gjennom vinteren. I BP1 ble det ikke gjort systematiske registreringer av temperatur i Aquatrazmerden, det ble heller ikke gjort i første del av BP2. Derfor har man ikke relevant sammenligningsgrunnlag for antall døgngrader fra tidligere.

Dødelighet er lav i AQT4 med 1,84% døde i perioden. Dette er noe lavere enn i KTR som har hatt noe høyere dødelighet relatert til avlusing. AQT4 er avluset 1 gang mens KTR er avluset 3 ganger ved årsskiftet. Selv om dødelighet er lav så er det enkelthendelser som utgjør en vesentlig del av dødeligheten. Det var noe sår med påfølgende dødelighet etter overføring. Videre har det vært noen tekniske utfordringer med strømsettere som har gitt litt dødelighet. Det har også vært noe kjønnsmodning på hannfisk høsten 20 (mest i KTR), kjønnsmodning vil resultere i noe dødelighet senhøstes.

Aquatrazprosjektet har fått dispensasjon fra Mattilsynet fra Akvakulturdriftforskriftens tetthetsbegrensing på 25 kg/ m³ og opptil 45 kg/ m³. Det er satt ut et noe større antall fisk i AQT4 for å teste teknologiens egnethet til å holde laks under høyere tetthet. Ved årsskiftet var tetthet på 19,5 kg/m³ og produksjon på lave temperaturer utover 1. halvår 2021 gir en god mulighet for å evaluere produksjon på høyere tetthet.

5. Velferdsvurderinger

Av: Torolf Storsul, veterinær, og Lauris Boissonnot, FoU-koordinator, Aqua Kompetanse AS

5.1. Formål og bakgrunn

Formålet med å score operative velferdsindikatorer på individnivå var å overvåke og sammenligne tilstanden til fisken i Aquatrazmerden med fisken i den konvensjonelle kontrollmerden. Ved eventuelle avvik mellom de to systemene må man vurdere om de kan knyttes til Aquatrazmerdens egenskaper eller om andre forhold kan ha spilt inn.

5.2. Metodikk

Vekt, lengde og noen utvalgte individbaserte operative velferdsindikatorer (OVI) etter Fishwell-standarden (Noble et al. 2018) ble målt på et så tilfeldig utvalg av levende individer som mulig, fra hver av fiskegruppene. Slik scoring ble gjennomført på 39 til 41 individer per merd (AQT og KTR) og måned. Unntaket var i desember 2020 da prøveuttaket ble utsatt grunnet annen arbeidsoperasjon på lokaliteten og at et prøveuttak nært opptil jul gjorde at kvalitetsprøvene ikke kunne følges opp etter protokoll. Dette prøveuttaket ble derfor utført i januar.

Kastenot ble brukt til å fange fisken, deretter ble fisken sedert med benzokain og det ble målt lengde avrundet til nærmeste 0,5 cm og vekt avrundet til nærmeste 10 gram. To ulike vekter ble benyttet, og det var delvis utfordrende å få vekten til å stabilisere seg og vise entydig resultat på grunn av ustabil underlag og vind. Det ble ventet til vekten indikerte stabilitet, likevel vil det være en feilmargin på vektresultatene.

Samtlige kontroller ble utført av samme person, veterinær Torolf Storsul, med henblikk på å minimere subjektive tolkninger av Fishwell-skalaen. Alle registreringer er gjort direkte i appen FishCtrl levert av Anteo, slik at risikoen for feiltasting er minimert ved at det ikke er kladdet på papir og senere ført inn i dataverktøy. Bruken av denne appen har også forenklet videre bearbeiding av resultatene.

Benyttede operative velferdsindikatorer er basert på; «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd», del B kapittel 6 (Noble et al. 2018) som omhandler semilukkede anlegg, erfaringer i MNH og kunnskap om Aquatrazmerden med vannutskiftning og strømsettere.

Følgende parametere ble registrert:

- Vekt
- Lengde
- Kondisjonsfaktor er utregnet som $100 \times \text{vekt} / \text{lengde}^3$, med vekt i g og lengde i cm
- Aktiv ryggfinneskade
- Helbredet ryggfinneskade
- Aktiv brystfinneskade
- Helbredet brystfinneskade
- Aktiv halefinneskade
- Helbredet halefinneskade
- Ryggdeformiteter
- Skjelltap
- Sår
- Hudblødning
- Snuteskade
- Øyeskade
- Utstående øye
- Gjellelokkskade

- Overkjevedeformitet
- Underkjevedeformitet
- Katarakt

Alle OVI er scoret etter Fishwell-standarden med skala fra 0 til 3 for alle indikatorer med unntak av katarakt som spenner fra 0 til 4. Score 0 angir ingen anmerkninger, deretter stiger alvorlighetsgraden med økende tallverdi. Plansjer hentet fra boka «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd» er brukt ved tvil om scoring.

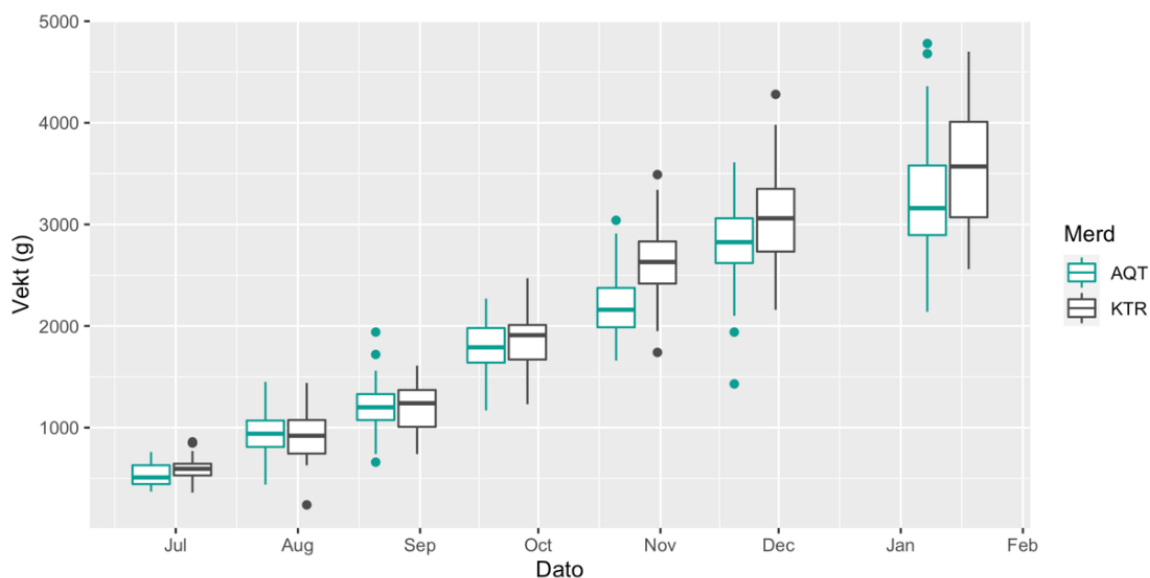
Ved scoringen er det praktisert en høy terskel for å gi score 0, det betyr at små finnesplittelser som man finner på en svært stor andel oppdrettslaks har gitt score 1. Likeledes er det vanskelig å håve opp fisk til undersøkelse uten at det oppstår noe skjelltap. For fisk med score 1 på skjelltap kan dette derfor være relatert til håndtering ved undersøkelsen.

Alle data er hentet ut fra FishCtrl og behandlet i statistikkprogrammet R (R Core Team 2019). Signifikansnivå var satt til $p < 0.05$. Normaldistribusjon av data ble testet med Shapiro-Wilk's test. Dataene var ikke normaldistribuert, og Kruskal-Wallis test ble derfor benyttet som et ikke-parametrisk alternativ til enveis ANOVA for å undersøke signifikante forskjeller i datasettet. Dersom Kruskal-Wallis var signifikant ble post-hoc parvis Mann-Whitney Wilcoxon test utført for å undersøke variasjoner mellom merder på hver dato.

5.3. Resultater og diskusjon

Vektdata er presentert både med rådata (vedlegg, figur 13.1) og som boksplott (figur 5.1). Det er et begrenset materiale med om lag 40 fisk per merd per undersøkelsesdato, samt at både utfordringen med å få tak i et representativt utvalg og ustabilitet i vekta ved sjøgang gir noe støy til analysen. Gjennomsnittlig vekt ble i de tre siste undersøkelsene (oktober, november og januar) registrert høyere i KTR, men forskjellen var ikke signifikant (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

For kondisjonsfaktor og lengde ble det heller ikke funnet signifikante forskjeller mellom gruppene (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$), figurer med rådata og boksplott finnes i vedlegg (figur 13.2, 13.3 og 13.4).



Figur 5.1: Boksplott av vektdata hos fisk fra AQT4 ($n = 278$) og fisk fra KTR ($n = 279$). Det ble ikke funnet signifikant forskjell mellom fisk fra AQT4 og fisk fra KTR (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

De klareste utslagene på OVI ved undersøkelsene ble funnet i juli, november og januar (tabell 5.1). I juli kom fisken i AQT4 ut med høyere score-verdi for skjelltap (figur 5.3). Dette kan ha sammenheng med skader etter flyttingen av fisk til AQT4 i juni. Samtidig må det bemerkes at undersøkelsen i juni ble utført få dager etter denne flyttingen, og selv om det ble observert høyere score-verdier på fisken i AQT4 også i juni, var disse ikke signifikante.

I november og januar ble det statistisk signifikant utslag for aktiv halefinneskade, skjelltap og hudblødning (tabell 5.1 og figur 5.2, 5.3 og 5.4), hvor fisken i KTR hadde høyere score-verdi for alle disse parametere og begge tidspunkt. Dette antas å ha sammenheng med at det på begge disse undersøkelsesdatoene var utført avlusing av fisken i KTR relativt kort tid før, mens fisken i AQT4 ikke var håndtert. Også for sår og snuteskade hadde fisken i KTR høyere score-verdi i januar, men forskjellen var ikke signifikant (figur 5.5 og vedlegg, figur 13.11).

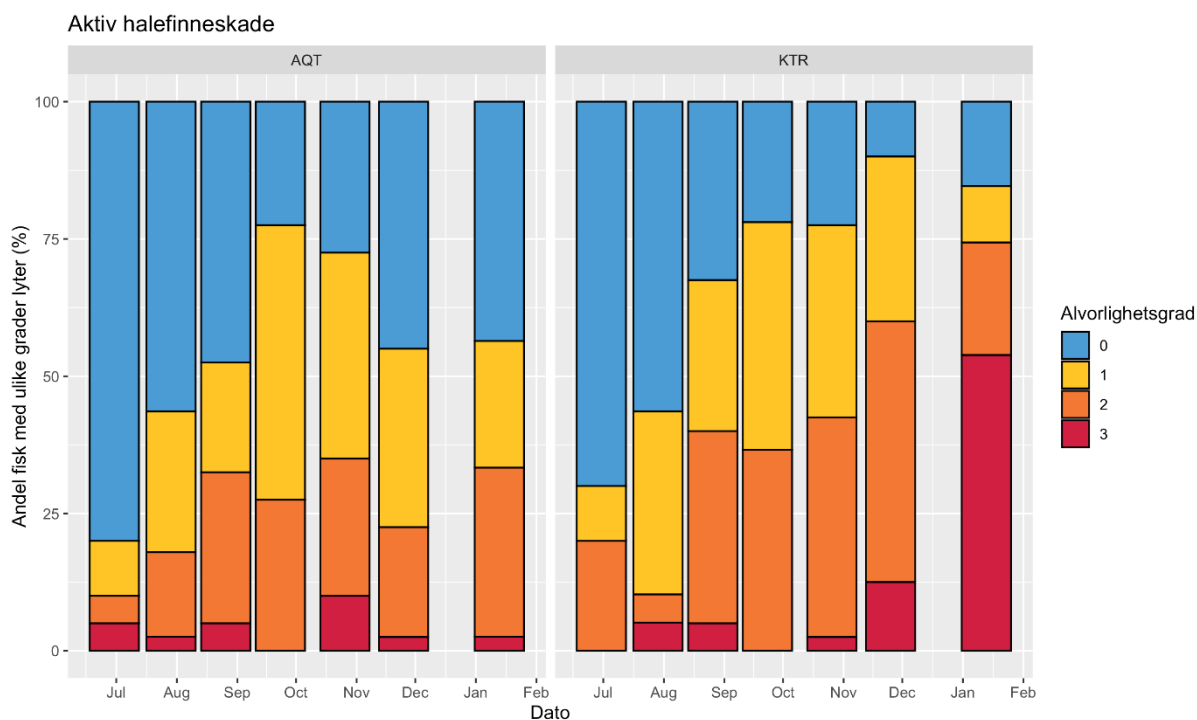
Tabell 5.1: Statistisk forskjell mellom fisk fra KTR og AQT4 på OVI scoret på 39, 40 eller 41 fisker per merd og undersøkelsesdato.

	Kruskal-Wallis (alle datoer)	Pairwise Wilcoxon (1 fisk = 1 replikat)						
		2020-06	2020-07	2020-08	2020-09	2020-10	2020-11	2021-01
Aktiv.ryggfinneskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Helbredet.ryggfinneskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Aktiv.brystfinneskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Helbredet.brystfinneskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Aktiv.halefinneskade	***	-	-	-	-	-	***	***
Helbredet.halefinneskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Ryggdeformiteter	-	-	-	-	-	-	-	-
Skjelltap	*	-	***	-	-	-	***	***
Sår	-	-	-	-	-	-	-	-
Hudblødning	***	-	-	-	*	-	***	***
Snuteskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Øyeskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Utstående.øye	-	-	-	-	-	-	-	-
Gjellelokkskade	-	-	-	-	-	-	-	-
Overkjeve.deformitet	*	-	-	-	-	-	-	-
Underkjeve.deformitet	-	-	-	-	-	-	-	-
Katarakt	-	-	-	-	-	-	-	-

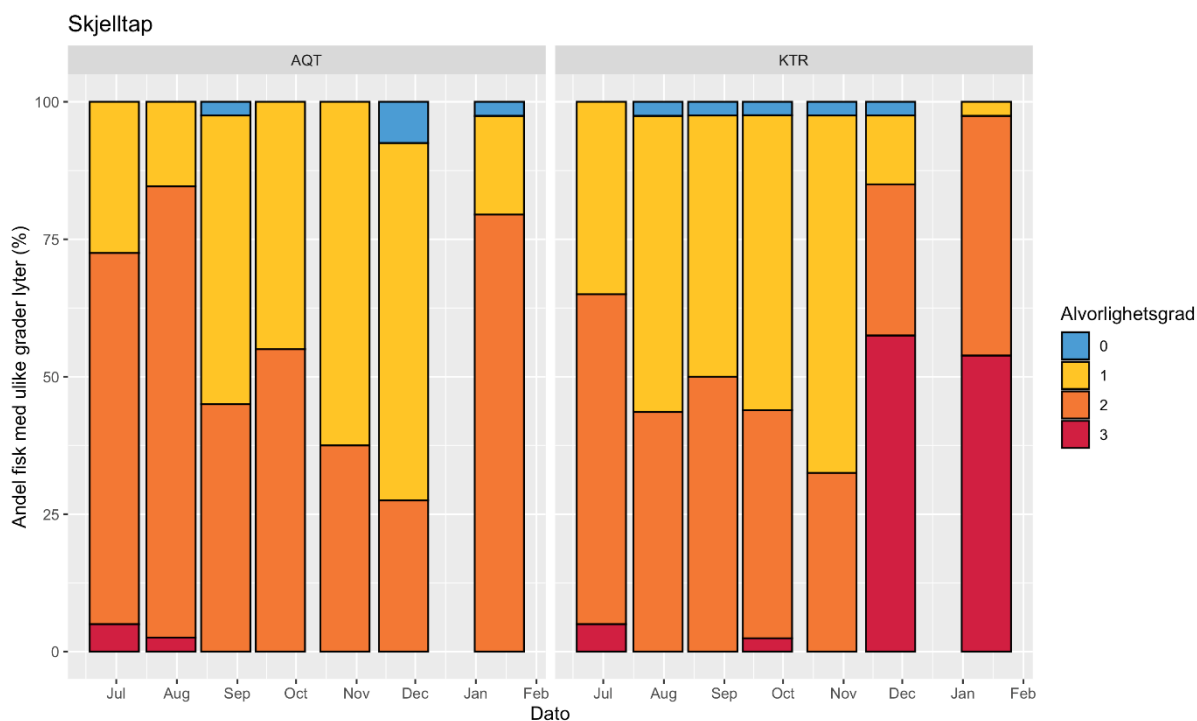
-	p-verdi > 0.05	Ikke signifikant forskjell mellom KTR og AQT
*	0.01 < p-verdi < 0.05	
**	0.001 < p-verdi < 0.01	Signifikant forskjell mellom KTR og AQT
***	p-verdi < 0.001	

For de andre OVI var det stort sett lavgradige anmerkninger og det er mindre forskjeller, figurene for disse OVI er samlet i vedlegg, se kapittel 13.1. Hudblødning kommer ut med signifikant forskjell ved september-undersøkelsen, der fisken i KTR har høyere score-verdier, uten at det har vært håndtering på forhånd eller at det er andre åpenbare forklaringer på dette.

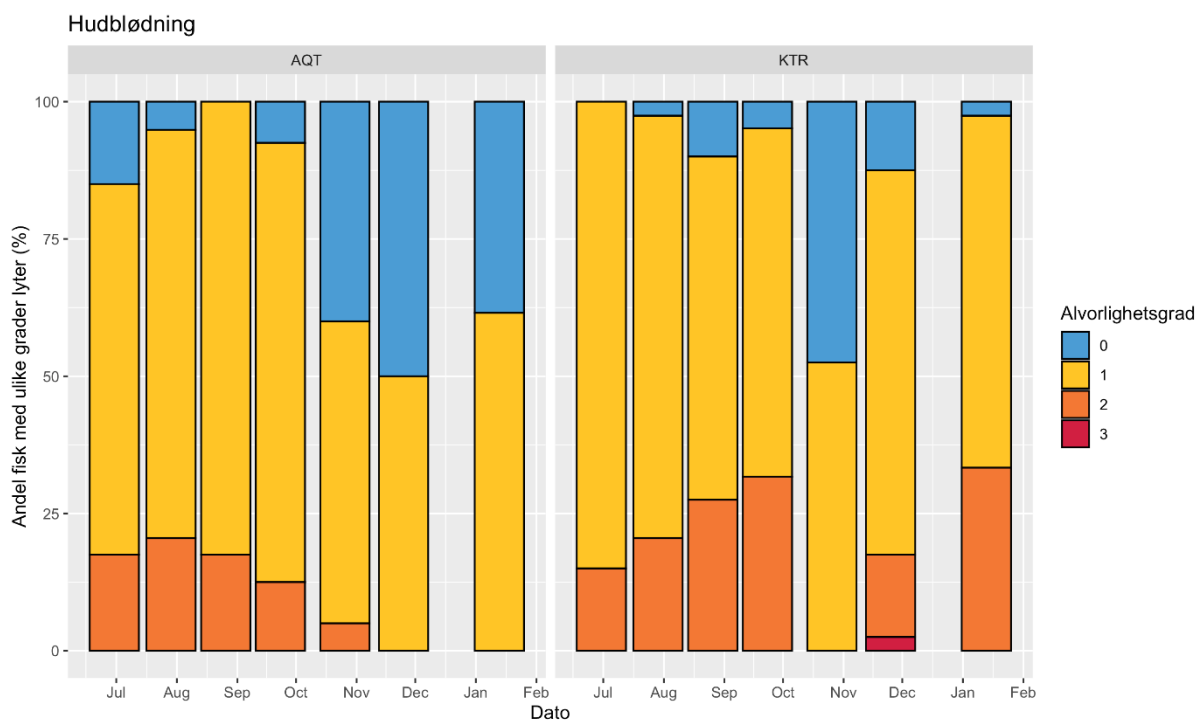
For hele datasettet samlet var det en signifikant forskjell for overkjevedeformiteter. Dette tillegges ikke vekt i vurderingene angående merdteknologien, da det er få observasjoner av overkjevedeformiteter (vedlegg, figur 13.15), og at dette er en OVI hvor evt. anmerkninger er noe som fisken har med seg fra settefiskstadiet. Denne OVlen registreres for å ha kontroll på at det ikke er systematiske forskjeller mellom gruppene i sjøfasen.



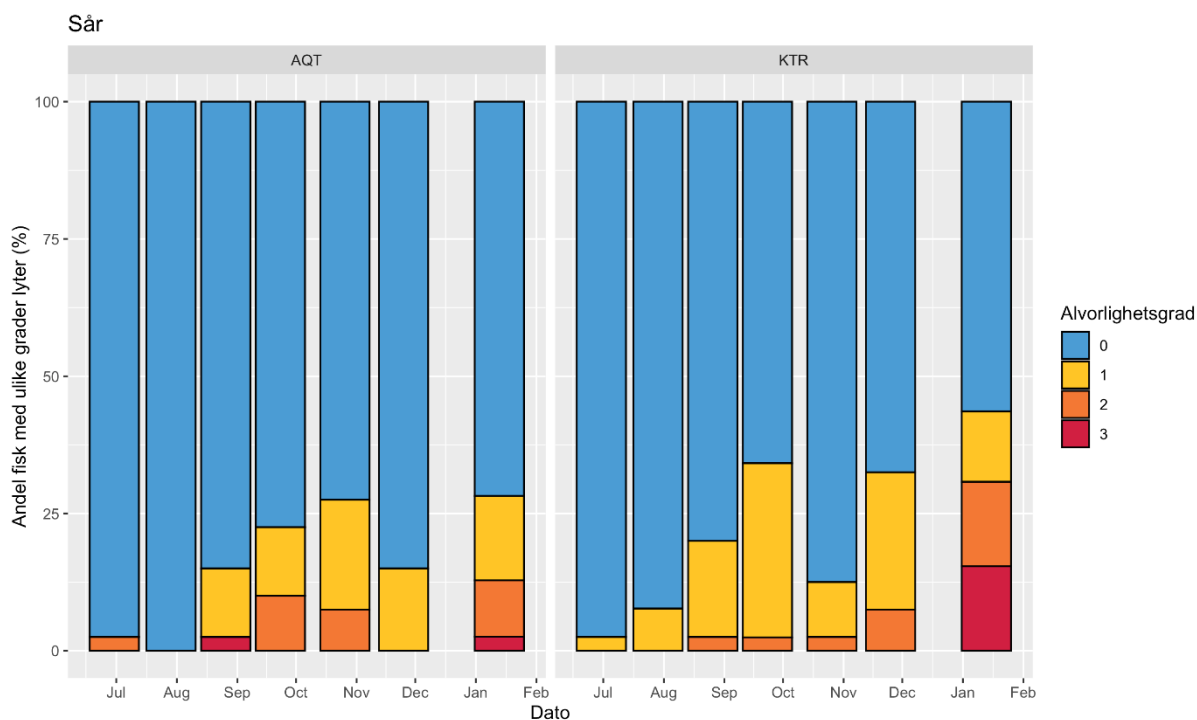
Figur 5.2: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for aktiv halefinneskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



Figur 5.3: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for skjelltap på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



Figur 5.4: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for hudblødning på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



Figur 5.5: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for sår på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer

De viktigste funnene fra velferdsscoreingene som er gjort i BP3 sammenfaller med funnene i BP1 og BP2 samt tetthetsprogrammet. Det er så langt ikke grunnlag for å anta at merdsystemet Aquatrax gir systematiske forskjeller knyttet til operative velferdsindikatorer sammenlignet med konvensjonell drift. De største forskjellene i score-verdier for OVI er forenlig med skader etter håndtering og avlusing.

6. Helseovervåking med vekt på gjellehelse og hjertehelse

Av: Alf S. Dalum, DVM PhD, PatoGen AS

6.1. Formål og bakgrunn

Gjellehelsen er en stadig økende utfordring innen akvakultur, og avvikende gjellehelse er en viktig faktor bak dødelighet og nedsatt prestasjon hos oppdrettsfisk. Mens hovedfokuset kan sies å ha vært betydningen av infeksjøs agens, er betydningen av ikke-infeksjøs faktorer mindre kjent og trolig undervurdert. Et eksempel på dette er ulike planktonformer som kan føre til omfattende gjelleskader. Videre kan plankton gi store døgnvariasjoner i oksygen- og karbondioksidnivå, samt gi mekanisk tilstopping av gjellevevet uten å gi direkte vevsskade. De største planktonkonsentrasjonene finnes oftest nær overflaten. Ved tilførsel av vann fra et større dyp vil planktonkonsentrasjonen teoretisk sett bli lavere, noe som forventes å gi reduserte problemer med gjelleskader, og dermed en generelt bedret gjellehelse. Dette strømbildet vil også kunne påvirke spredningsdynamikken av andre potensielt skadelige agens. En annen faktor er at økt strømningshastighet på vannet i merden vil kunne gjøre det lettere for fisken å opprettholde passiv vannstrøm over gjellene (passiv respirasjon) noe som kan ha rensende effekt på gjellevevet.

Fisk behøver som oss mennesker å være i god fysisk form for å oppnå god hjertehelse. Med Aquatraz-konseptet skal man i løpet av den totale prosjektperioden sette opp en sirkulær vannstrøm som man kan regulere og kontrollere hastigheten på, tilpasset laksens størrelse og tilstand. Dette betyr at man kan «trene» fisken til å bli i god form.

På AQT4 (AG3) er det 4 strømsettere som bidrar til å rotere vannet i merden og derigjennom hente opp nytt friskt vann. Dette, samt at Aquatrazmerden har et solid og tett stålskjørt som ikke deformeres av vannstrømmen og at den har et betydelig fribord, er vesentlige endringer sammenlignet med konvensjonelle merder og samlet gir dette grunn til å tro at man kunne få ulikheter mellom de to produksjonssystemene.

I denne delen av programmet benyttes morfologiske metoder for å vurdere en eventuell forskjell mellom AQT4 og KTR i gjelle- og hjertehelse ved hjelp av kvalitative, semi-kvantitative og kvantitative målinger.

6.2. Resultater

På grunn av flere ekstraordinære hendelser (blant annet mangel på tilgang til egnet laboratorium og covid-19-situasjonen) har det ikke latt seg gjøre å analysere resultater fra dette biologiprogrammet i tide til halvårsrapporten. En oppsummering vil komme i sluttrapporten.

7. Lakselus

Av: Sturla Romstad, veterinær, eget foretak, og Yngve Lystad, teknisk sjef terapi, Pharmaq.

7.1. Formål og bakgrunn

Et observatørstudium av lakselus er utført som en del av biologiprogrammet, for å undersøke følgende påstand: Det er ingen signifikant forskjell i påslagsfrekvens og utvikling av lus i en Aquatrazmerd (AQT4) i forhold til en tradisjonell oppdrettsmerd (KTR).

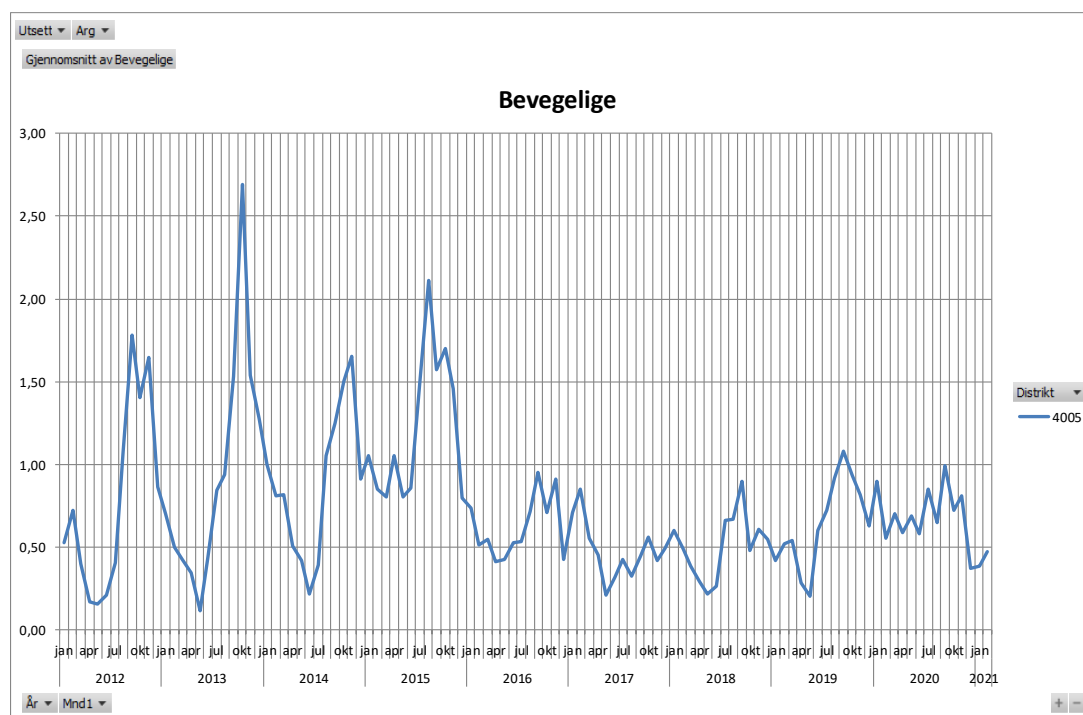
Forsøket ble startet i juni 2020. Da ble alle fiskene i to konvensjonelle merder overført til AQT4. Fisken i merd 4 ble stående, dette ble kontrollmerd (KTR).

I denne halvårsrapporten gis kun en kortfattet oversikt, flere vurderinger vil bli gitt i sluttrapporten.

7.2. Områdeinformasjon

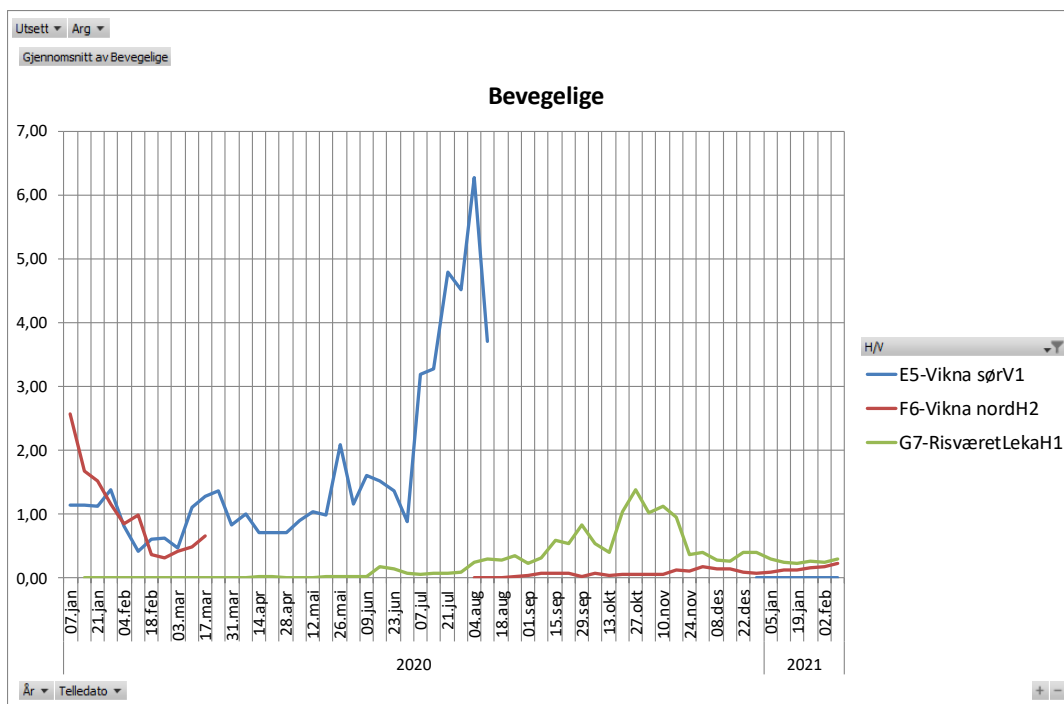
Bevegelige lus er valgt som grunnlag for vurderinger av lusesituasjonen i området og på lokalitetene fordi det antas at tallene for bevegelige lus er mest korrekte.

Lusenivået i PO7 er i hovedsak det samme som tidligere år. Det er mulig at lusesituasjonen likevel har vært mer utfordrende enn i 2019, men på grunn av tidligere utslakting av problemlokaliteter har lusetallene i produksjonsområdet likevel vært lave.



Figur 7.1: Oversikt over utvikling av bevegelige lus i hele produksjonsområde 7.

I sonen «Risværet Leka» har lusesituasjonen gjennom høstsesongen vært mer utfordrende enn forrige utsett (vår 2018). Dette kan skyldes at fisken ble satt ut i januar og at fisken har vært lengre eksponert for lusesmitte.

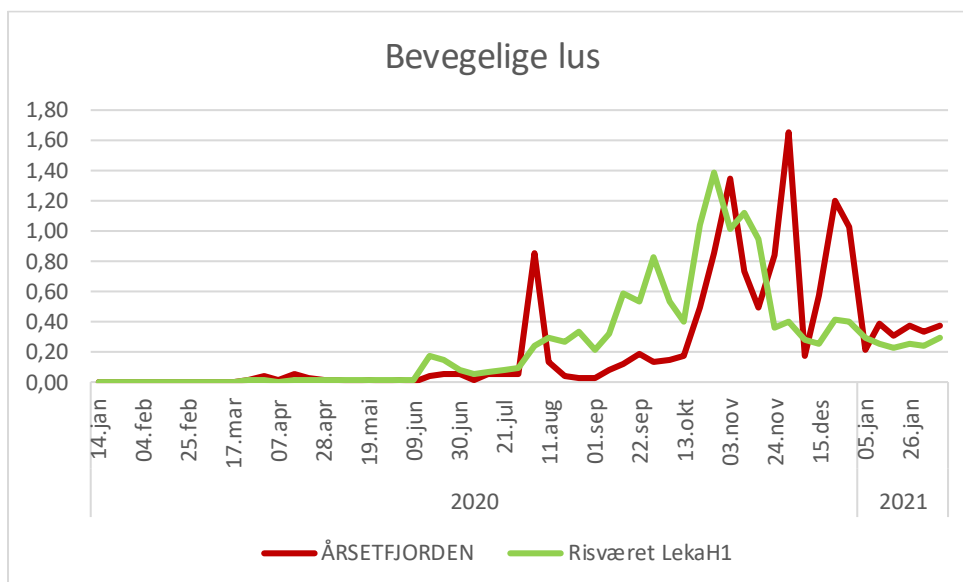


Figur 7.2: Oversikt over lusenivået i sonen (Risværet LekaH1) med Årsetfjorden. Sonene Vikna sør og Vikna nord er nabo-soner.

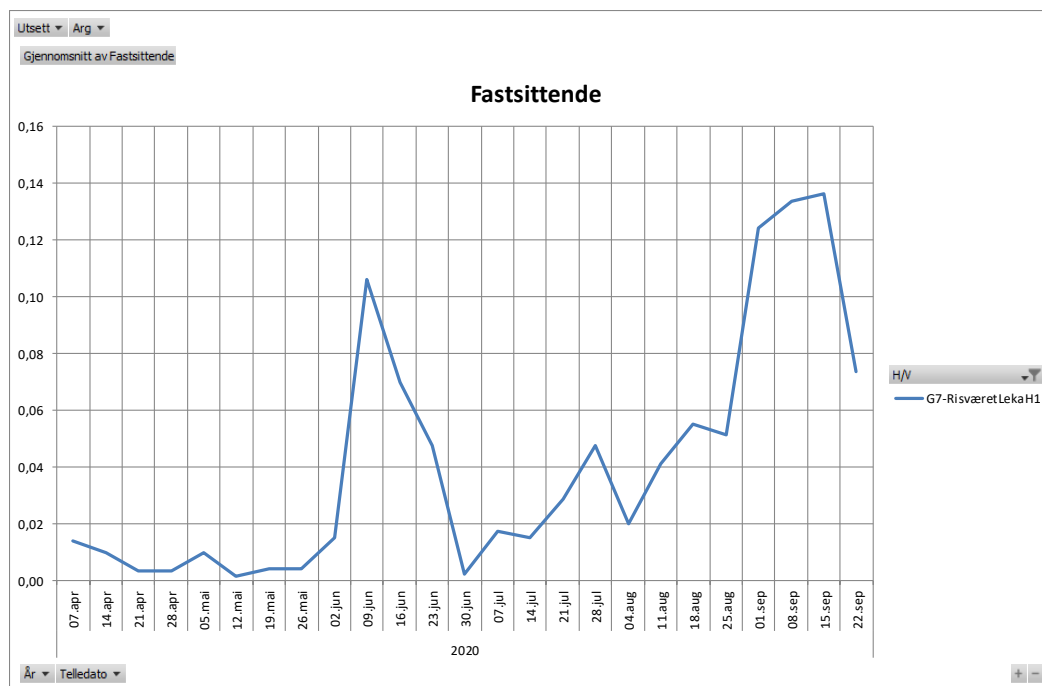
7.3. Lusesituasjonen på lokaliteten sammenlignet med sonen

Det er som vanlig en tydelig økning i lusesmitte i første halvdel av juni og de fleste lokalitetene i sonen er behandlet med Slice i perioden fra midten av juni til midten av juli.

Årsetfjorden har en tydelig topp med bevegelige tidlig i august (telling 03.08.2020) og kontrollmerda er behandlet med Slice den 2. august.



Figur 7.3: Sammenligning mellom lokalitet Årsetfjorden og sone Risværet Leka. Årsetfjorden hadde en tydelig topp med bevegelige lus den 3. august.



Figur 7.4: Oversikt over utvikling av fastsittende lus i sonen Risværet Leka. Tydelig topp første halvdel av juni.

7.4. Lusesituasjon i AQT4 og KTR

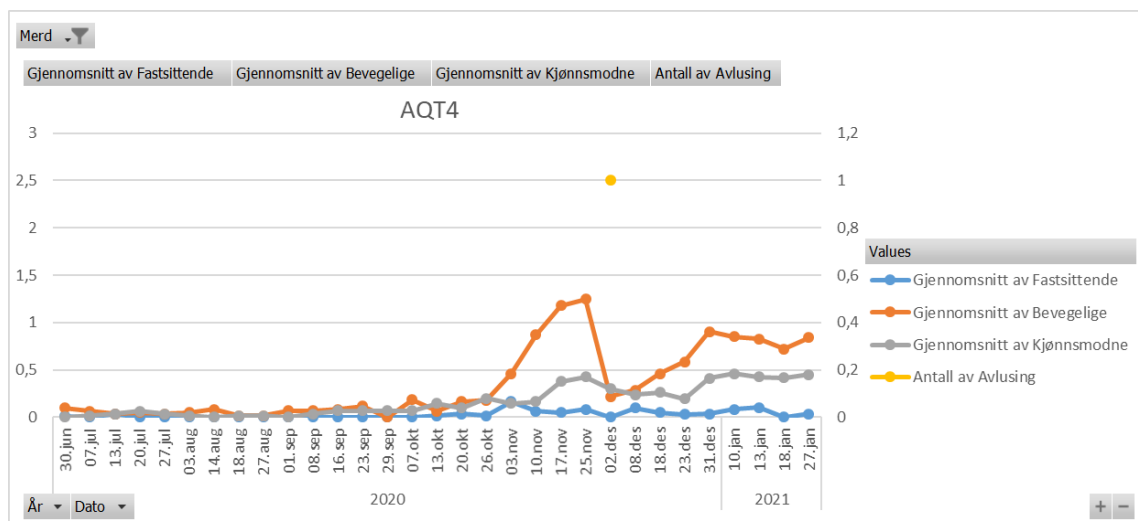
Overføring til AQT4 og KTR har skjedd tidligere enn ved tidligere utsett. I BP1 Eiterfjorden og BP2 Kyrøyene ble fisken overført til Aquatrazmerd og kontrollmerd i november. I BP3 Årsetfjorden ble fisken overført i slutten av juni.

Tabell 7.1: Avlusinger og skjørtbruk i AQT4 og KTR (M4) på Årsetfjorden, V20G.

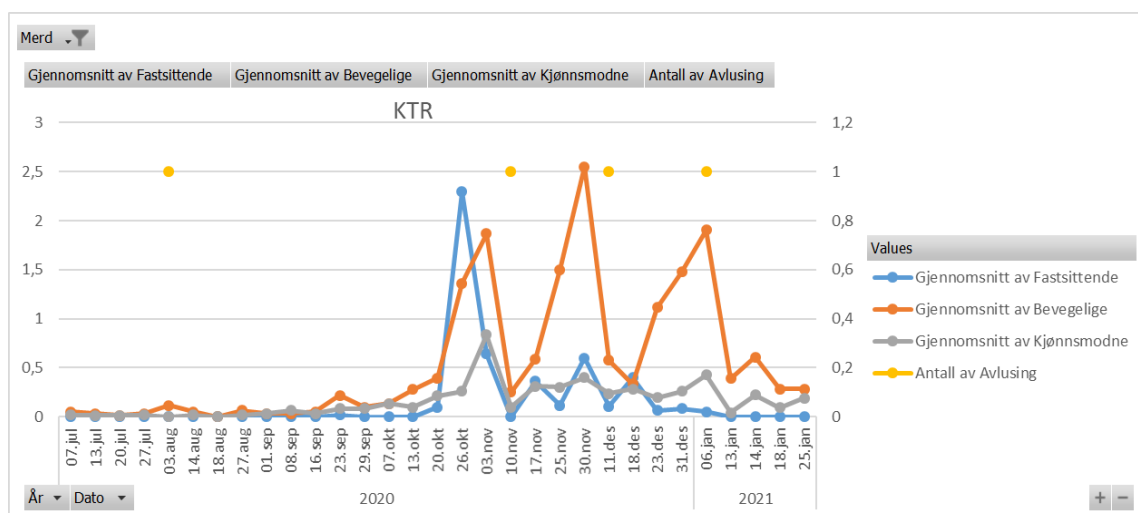
Periode	Merd	Tiltak	Metode
02.-08.08.2020	KTR (M4)	Avlusing	Slice
12.10.2020	KTR (M4)	Fjernet hele skjørt	
12.11.2020	KTR (M4)	Avlusing	Hydrolicer
11.12.2020	KTR (M4)	Avlusing	Hydrolicer
06.01.2021	KTR (M4)	Avlusing	Ferskvann/ Wellfighter
16.10.2020	AQT4	Fjernet skjørt fra to vinduer	
02.12.2020	AQT4	Avlusing	Optilicer

På grunn av lave oksygen-nivå på lokaliteten ble hele skjørtet fjernet på kontrollmerd 12. oktober og skjørtene fjernet fra to vinduer på Aquatraz 16. oktober (tabell 7.1). Det er en tydelig sammenheng med fjerning av skjørt og utvikling av lus i begge merder (figur 7.5 og 7.6).

AQT4 har så langt hatt en avlusing mens kontrollmerda har hatt fire avlusinger. Forskjellen mellom merdene er tydelig, og det er grunn til å tro at den økede dybde på skjerming i AQT4 har gitt god effekt.



Figur 7.5: Lusetall for AQT4 i perioden fra utsett til 1. februar. Kurven viser rask økning av bevegelige etter at skjørtet ble fjernet fra to vinduer den 16. oktober.



Figur 7.6: Lusetall for KTR i perioden fra utsett til 1 februar. Kurven viser rask økning av bevegelige etter at skjørtet ble fjernet den 12. oktober.

8. Adferd og akustisk telemetri

Av: Henning Andre Urke, INAQ AS, Jo Arve Alfredsen, NTNU Teknisk Kybernetikk, Peder A. Jansen, INAQ AS, Eskil Bendiksen, Aqua Kompetanse AS og Torstein Kristensen, INAQ AS.

8.1. Formål og bakgrunn

Formålet er å skaffe ny, detaljert kunnskap om fiskens adferd i AQT4 ved bruk av akustisk telemetri. To underpunkt skal belyses:

- 1: Adferd i merd, fordeling av fisken i vanlig drift
- 2: Adferd ved strømsetting

Midt-Norsk Havbruk har fått utviklingstillatelser til Aquatraz-konseptet og er nå i en utviklingsfase for å kunne dokumentere og videreutvikle Generasjon 3 av konseptet (AQT4). Adferd til laks under varierende miljø- og driftsforhold (strømsetting, utfôring, trenging og pumping) er en kunnskapsmessig kritisk komponent for dokumentasjon av dette nye produksjonssystemet. Det er også viktig å kjenne til hvordan ulike miljøvariabler som strømforhold, lys (kunstig og naturlig), temperatur og ikke minst tiltak for å øke gjennomstrømningen i merden påvirker adferden til laksen.

Detaljert kunnskap om adferd hos laks dokumenteres gjennom å merke fisken med akustiske sendere med integrert dybdesensor. Ved utplassering av multiple akustiske mottakere forskjellige steder i merden, vil en sikre detaljert sporing av fiskens bevegelser. Det er i 2018-2020 gjort en tilsvarende dokumentasjon av AQT1 (BP1) og AQT3 (BP2). Det gjøres nå en kort status på forsøkene som er gjort så langt i AQT4 frem til 26. januar 2021 der en viser noen eksempler på individregistreringer i perioden juli- september 2020 og januar 2021. Forsøkene pågår frem til sommeren 2021.

8.2. Metodikk

På lokalitet Årsetfjorden ble det 2. juli 2020 merket totalt 36 laks i AQT4 og i kontrollmerd (KTR) (merd 4, 135 meter i diameter) med akustiske sensormerker. Merkingen skjedde i henhold til standard kirurgiprotokoll (Urke m. fl. 2013) og med tillatelse fra Forsøksdyrutvalget (FOTS ID 23281, 20/56113). Det akustiske merket var av typen D-LP13 (diameter 13 mm, lengde 31 mm, vekt 5,6 g i vann, produsert av Thelma Biotel AS) med 20-60 sek utsendingsintervall av ID og dybdedata (oppløsning 0,2 m.)

Det ble etter merkingen registrert et betydelig bortfall av forsøksfisk i AQT4, der totalt 11 merkede individ ble registrert gjennom dødfiskhåndteringen og merkene ble plukket ut. Ny merking skjedde 8. januar 2021. Da ble det merket 15 nye forsøksfisk i AQT 4 (tabell 8.1), der 11 «gamle» merker og fire nye ble tatt i bruk (ID 200-203).

Tabell 8.1: Oversikt akustisk merket fisk i AQT4 og KTR 2020-2021.

Merd	N	Snittvekt (g)	Snittlengde (cm)	Dato	Frekvens KHz	ID
AQT4	18	525	38,7	2.7.2020	68,70 ,72	10-15, 22-27,34-39
KTR	18	570	40,6	2.7.2020	69, 71,73	16-21, 28-33,40-45
AQT4	15	3612	63,7	8.1.2021	68,70, 72	12, 22, 24-27, 34-36,38,39,200-203

Hver merd ble utstyrt med tre mottakere (Thelma Biotel TBR700RT) med overflatemodul for tidssynkronisering basert på GPS-signaler (Hassan m.fl. 2019). Alle data lagres og tidsstemples

nøyaktig i hver mottaker slik at fiskens posisjon i merden kan beregnes. Data lastes ut og analyseres etter behov.

8.3. Resultater og diskusjon

8.3.1. Datafangst

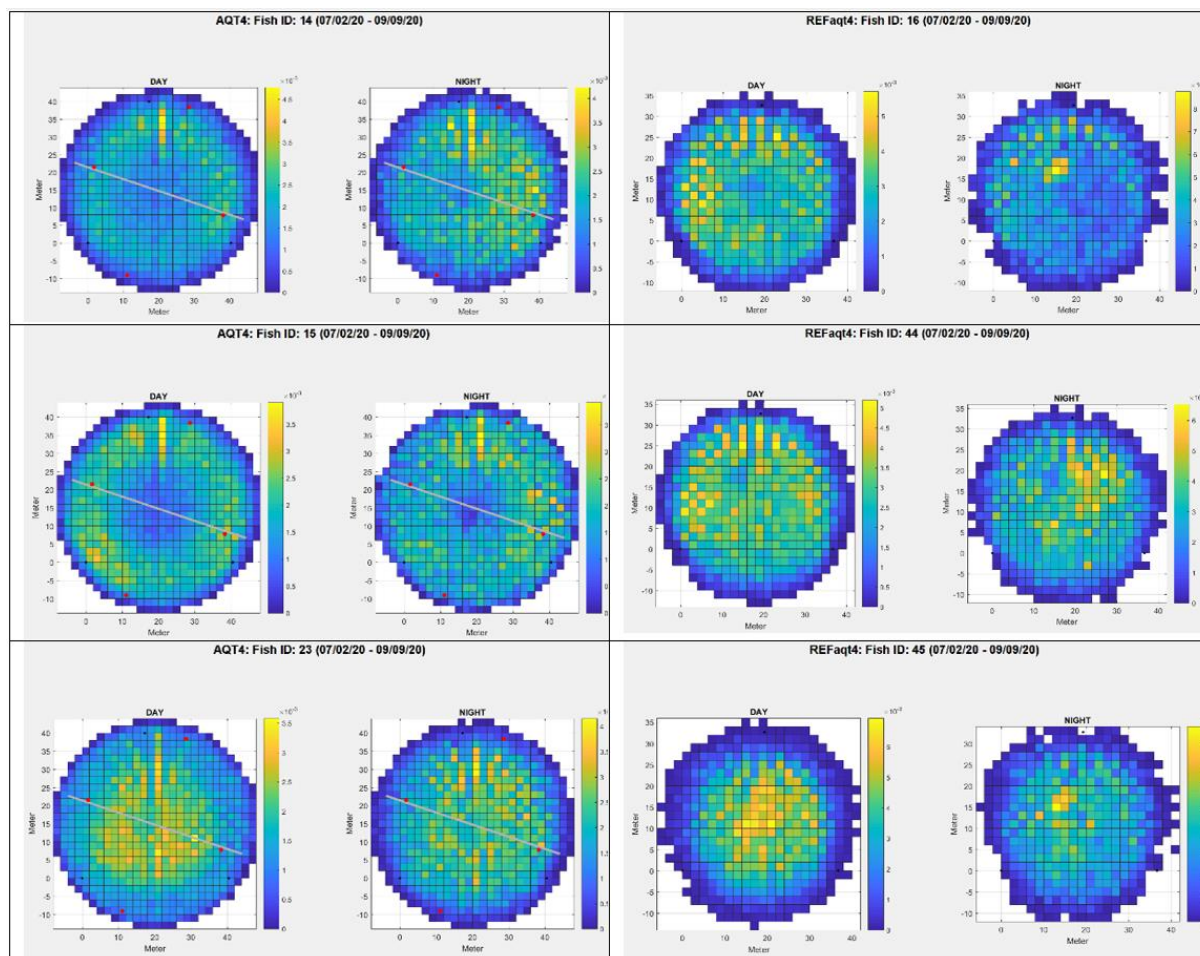
I etterkant av merkingen i juli ble det betydelig dødelighet av merkede fisk i AQT4, men ikke i KTR (M4). Dette er beskrevet i et notat datert 10.08.2020. Hendelsen ble innmeldt til Mattilsynet, og det ble levert inn en endringssøknad og det ble gitt tillatelse til ny merking. Av praktiske grunner ble denne remerkingen gjort først 8. januar 2021. Dette vil sikre større datafangst i AQT4 frem til utslakting.

Under forsøkene på Kyrøyene i AQT3 ble det registrert utfordringer med støy på enkeltmottakere som gjorde posisjonsberegningen mer usikre. I AQT4 har en brukt kraftige sendere og en ser at dette problemet nå ikke er til stede. I AQT4 er det registret støy i frekvensområdet 69-73 kHz, men dette er likt for alle mottakerne/hydrofonene.

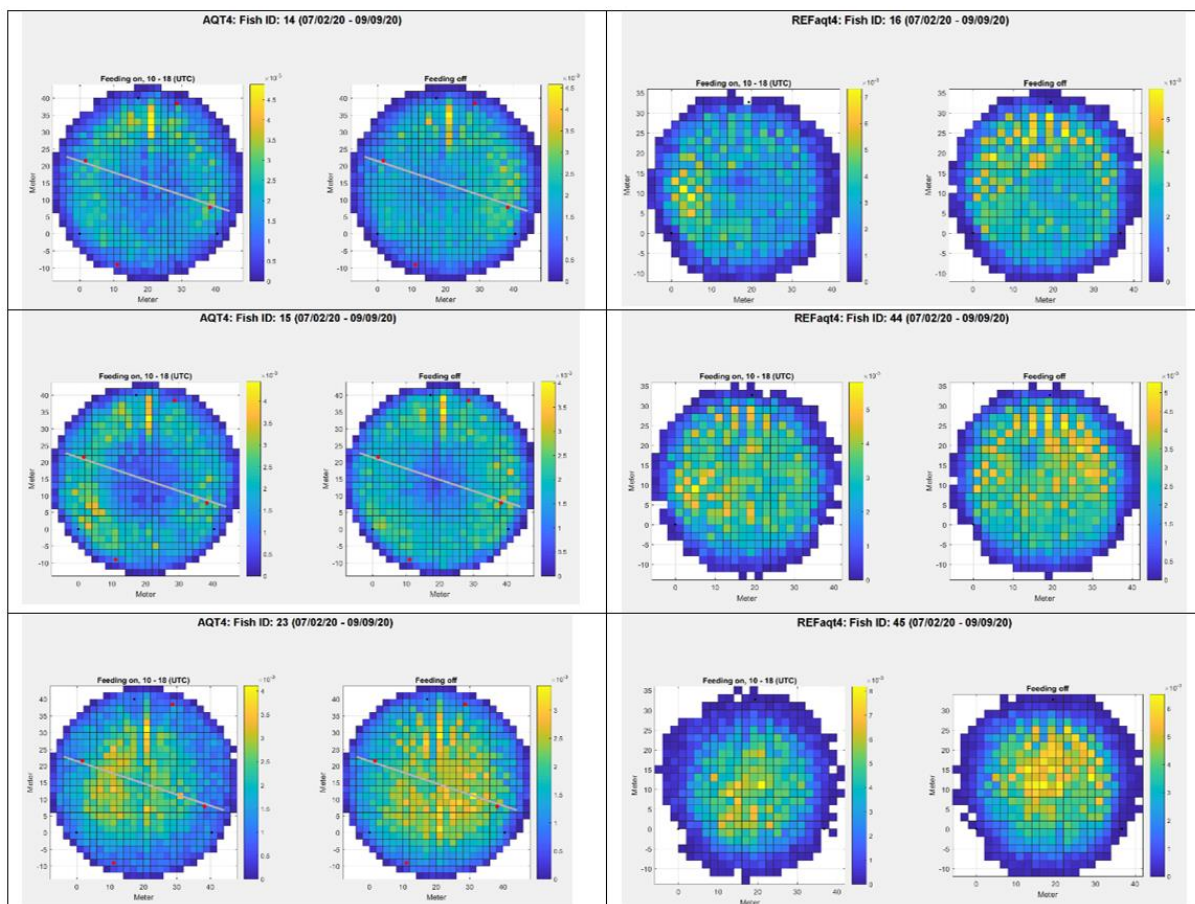
Fisken i kontrollmerden ble flyttet i forbindelse med avlusing 12.11.2020 og kom tilbake i opprinnelig merd 11.12.2020. Neste flytting skjedde 06.01.2021 da fisken ble splittet, der merd 3 ble etablert som ny kontrollmerd (lik type merd som merd 4).

8.3.2. Horisontal fordeling juli-september 2020

Horisontal fordeling av tre laks i AQT4 og tre laks i KTR 2. juli- 9. september 2020 er vist i Figur 8.1a (dag/natt, hvor tidspunkt for skille mellom dag og natt er dynamisk ut fra soloppgang og solnedgang, beregnet daglig på grunnlag av dato, bredde- og lengdegrad) og 8.1b (fôring/ikke fôring).

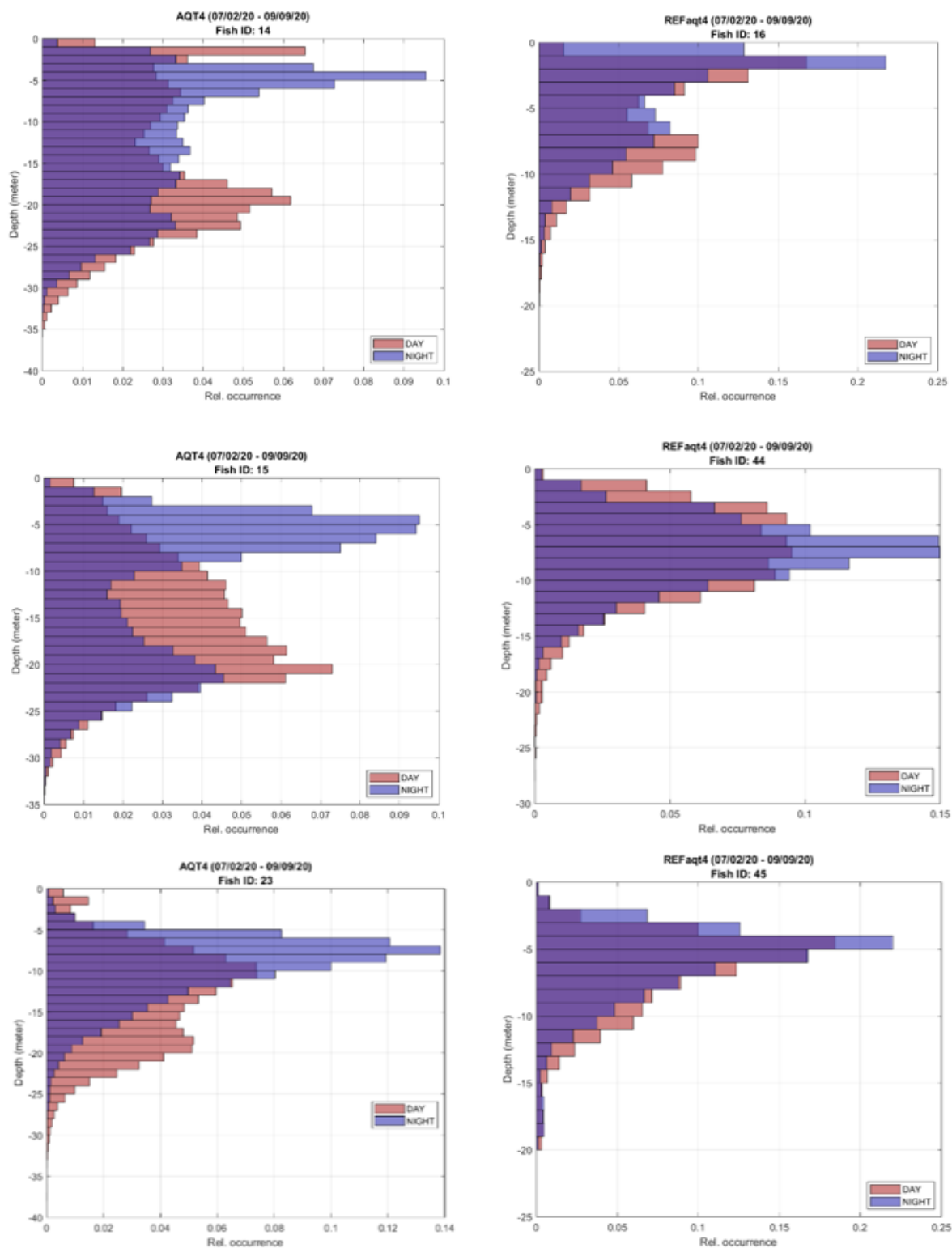


Figur 8.1a: Horizontal fordeling **dag/natt** (hvor tidspunkt for skille mellom dag og natt er dynamisk ut fra soloppgang og solnedgang, beregnet daglig på grunnlag av dato, bredde- og lengdegrad) av tre laks (ID 14, 15 og 23) i Aquatraz (AQT4, venstre panel) og tre laks (ID 16, 44 og 45) i kontrollmerd (REF aqt4) (høyre panel) over perioden 2. juli til 9. september 2020. Fordelingene er vist som frekvenser av registreringer i hver rute i horisontalplanet der gult representerer hyppige registreringer og blått sjeldne registreringer. Røde prikker indikerer plassering av strømsettere, sorte prikker indikerer plassering av hydrofoner.



Figur 8.1b: Horizontal fordeling under *fôring/ikke fôring* (feeding on/off) til tre laks (ID 14, 15 og 23) i Aquatraz (AQT4, venstre panel) og tre laks (ID 16, 44 og 45) i kontrollmerd (REF aqt4) (høyre panel) over perioden 2. juli til 9. september 2020. Fordelingene er vist som frekvenser av registreringer i hver rute i horisontalplanet der gult representerer hyppige registreringer og blått sjeldne registreringer. Røde prikker indikerer plassering av strømsettere, sorte prikker indikerer plassering av hydrofoner.

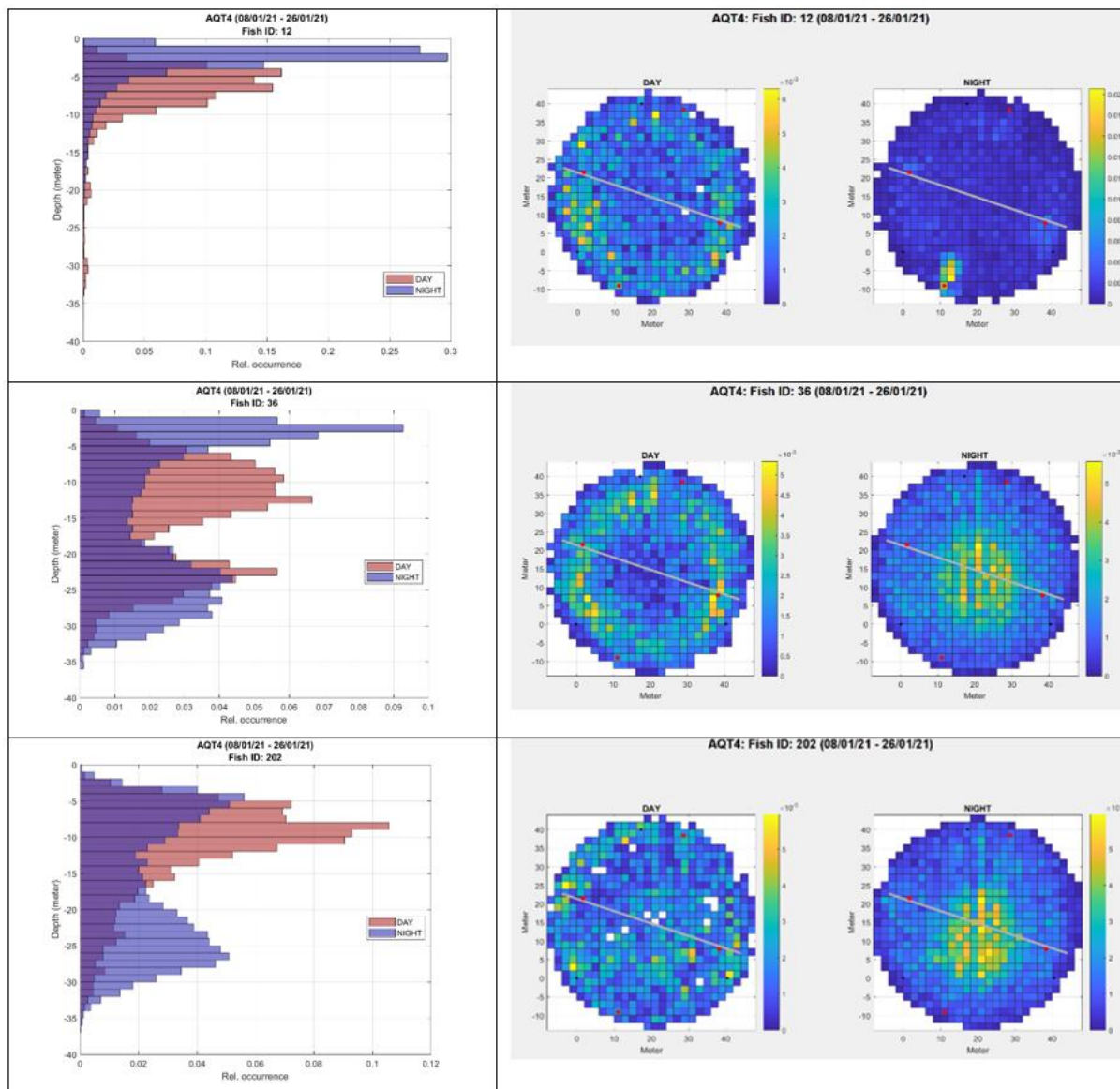
8.3.3. Dybdebruk juli- september 2020



Figur 8.2: Dybderegistreringer **natt/dag** til tre laks (ID 14, 15 og 23) i Aquatraz (AQT4, venstre panel) og tre laks (ID 16, 44 og 45) i kontrollmerd (REF aqt4) (høyre panel) over perioden 2. juli til 9. september 2020.

8.3.4. Horisontal fordeling og dybdebruk AQT4 januar 2021

Figur 8.3 viser eksempel på dybderegistreringer og horisontal fordeling for tre laks (ID 12, 36 og 202) fra AQT4 i perioden 8. januar- 26. januar 2021. ID 12 har totalt 14 368 posisjoner (1 posisjon per 1,8 minutt i gjennomsnitt), ID 202 har totalt 13 101 posisjoner (1 pos/2,0 min) og ID 36 har totalt 20 823 posisjoner (1 pos/1,3 min) i denne perioden.



Figur 8.3: Dybderegistreringer natt/dag (venstre panel) og horisontal fordeling natt/dag (høyre panel) til tre laks (ID 12, 36 og 202) i Aquatraz (AQT4) 8.- 26. januar 2021. Horisontal fordelingene er vist som frekvenser av registreringer i hver rute i horisontalplanet der gult representerer hyppige registreringer og blått sjeldne registreringer. Røde prikker indikerer plassering av strømsettere, sorte prikker indikerer plassering av hydrofoner.

På grunn av bortfall av fisk og kort tid fra remerking til halvårsrapporten vil en nærmere analyse av data bli presentert i sluttrapporten.

9. Vannkvalitet, dyreplankton og mikroalger

Av: Sara Calabrese, Forsker, NIVA, Anders Hobæk, Seniorforsker, NIVA, Bibiana Gomez Crespo, Forsker, NIVA og Trine Dale, Forskningsleder, NIVA.

Delkapittel 9.2.1 av: Benedicte Otterdal Nergaard og Karen Fosse Sivertsen, Aqua Kompetanse AS.

9.1 Formål og bakgrunn

NIVA har hatt ansvar for prøvetaking og analysering av vannkjemi, alger, dyreplankton og sensordata i biologiprogram 3 på lokaliteten Årsetfjorden. Aqua Kompetanse AS har utarbeidet protokoll og sammenstilt hydrografiske målinger fra Årsetfjorden, disse er beskrevet i delkapittel 9.2.1.

Målet med dette arbeidet har vært å sammenligne produksjonsmiljøet i utviklingskonsesjonsenheten Aquatraz 4 (AQT4) opp mot en konvensjonell merd som blir brukt per i dag av MNH, heretter kalt kontrollmerd (KTR). Miljøet (vannkvaliteten og vannbårne agens) ble også dokumentert i det tilstrømmende vannet (tilst. vann) for å få et grunnlag for å vurdere potensielle utfordringer på lokaliteten knyttet til vannmiljøet. Vannprøver for vannkvalitet, mikroalger og dyreplankton ble analysert fra tilst. vann, AQT4 og KTR en gang per måned (tabell 9.1).

Tabell 9.1: Prøvetakingsstasjoner for vannkvalitet og vannbårne agens på lokaliteten Årsetfjorden.

Målepunkt	Vannkvalitet: Prøvetakingsdyp (vannhenter)	Alger: Prøvetakingsdyp (vannhenter)		Dyreplankton: Prøvetakingsdyp (håvtrekk)
		Dyp 1:	Dyp 2:	
Tilst. vann (flåte)	7 m	3 m	20 m	18 m til overflaten
AQT4	7 m	7 m		18 m til overflaten
KTR	7 m	7 m		18 m til overflaten

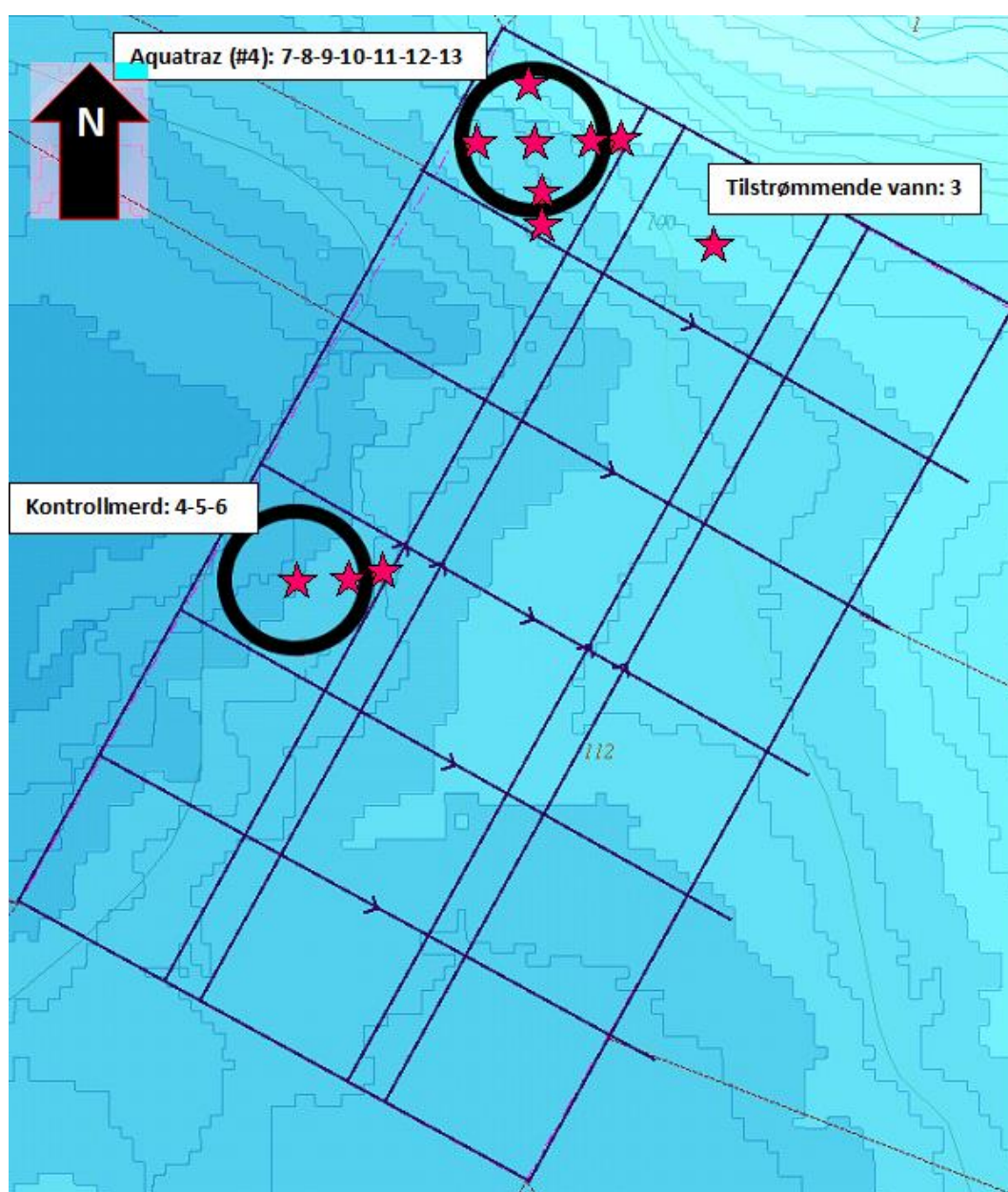
9.2 Vannkvalitet

9.2.1 Hydrografiske profiler (CTDO)

Som en del av BP3 i Aquatraz ved Årsetfjorden er det utført hydrografiske profiler ved 11 (13) faste stasjoner (tabell 9.2 og figur 9.1) fordelt på 24 måledatoer spredt gjennom perioden 03.07.2020 til 28.01.2021. Data fra siste måledato hver måned, i tillegg til måleperiodens første måling (03.07.2020), er analysert og presentert grafisk for å kunne vurdere utviklingen over tid. Et utvalg av figurer basert på resultatene fra disse 8 målingene er presentert i det følgende.

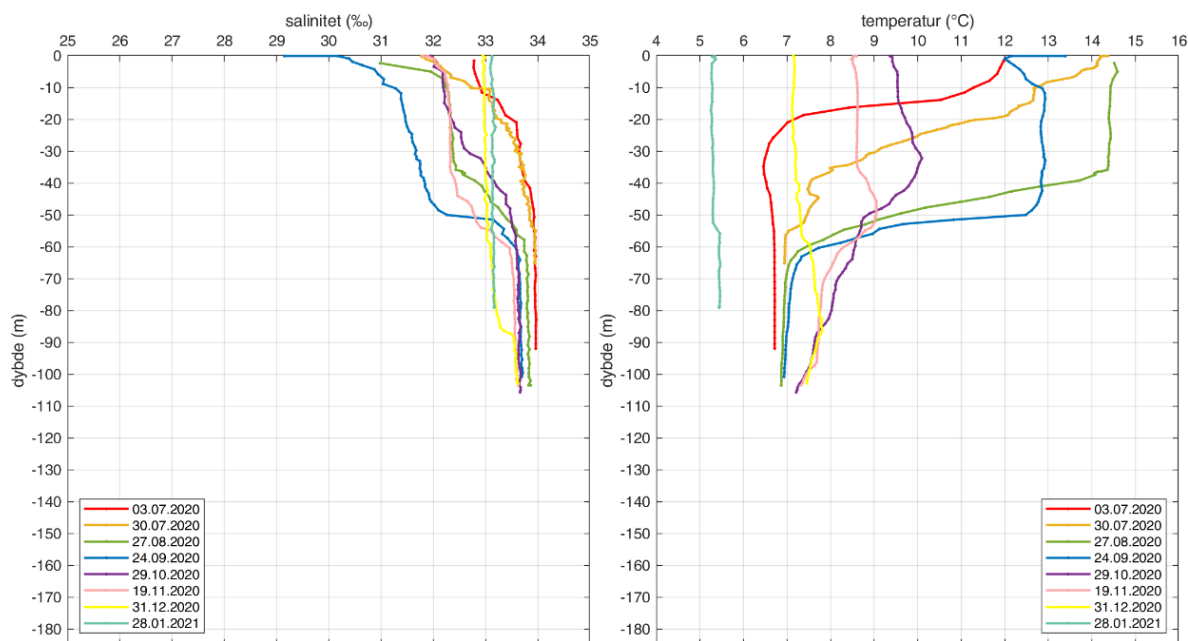
Tabell 9.2: Beskrivelse av de 13 hydrografiske stasjonene på lokaliteten Årsetfjorden.

Stasjonsnummer	Merd	Beskrivelse	Ca. dyp (meter)
H1	-	Tilst. vann	180
H2	-	Tilst. vann	145
H3	-	Tilst. vann	105
H4	KTR	Inne i merd 4, så nært senter som mulig	30
H5	KTR	Inne i merd 4, ved skjørtveggen i øst	30
H6	KTR	Utenfor merd 4 (østsiden)	30
H7	AQT4	Inne i Aquatraz, så nært senter som mulig	30
H8	AQT4	Inne i Aquatraz, ved merdvindu i sør	30
H9	AQT4	Utenfor Aquatraz, ved merdvindu i sør	30
H10	AQT4	Inne i Aquatraz, ved merdvindu i øst	30
H11	AQT4	Utenfor Aquatraz, ved merdvindu i øst	30
H12	AQT4	Inne i Aquatraz, ved merdvindu i nord	30
H13	AQT4	Inne i Aquatraz, ved merdvindu i vest	30



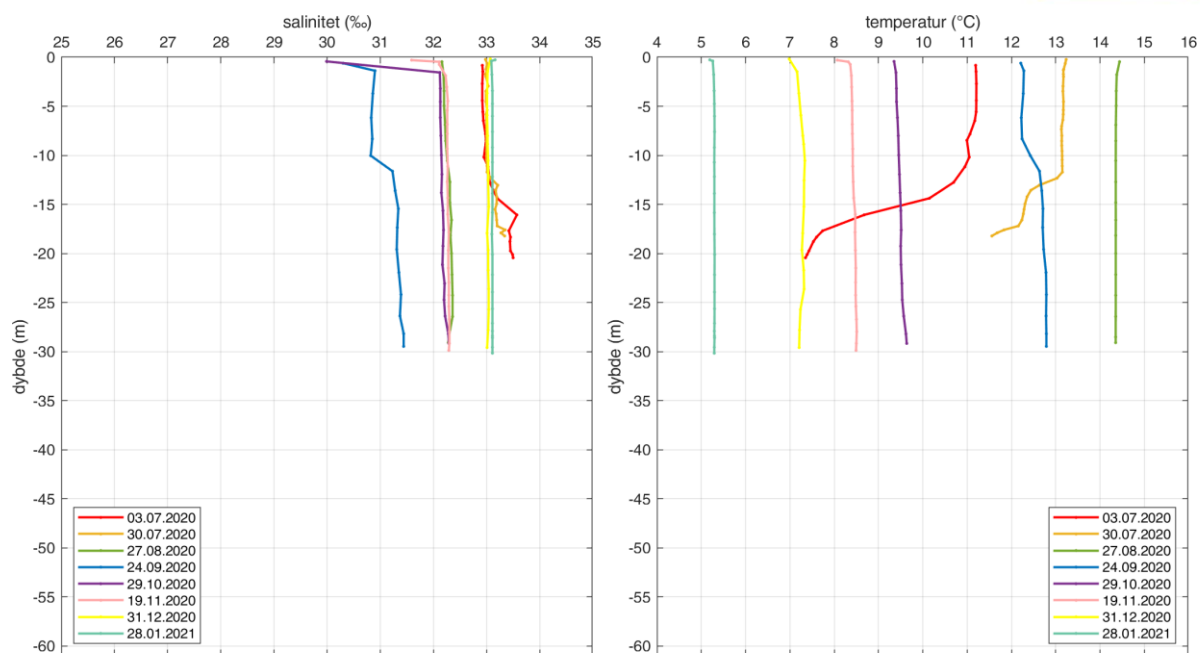
Figur 9.1: Skisse over anleggsrammen ved Årsetfjorden. Hydrografistasjonene H3-H13 er markert med røde stjerner.

Stasjon H3 «tilst. vann» viser forholdene uten påvirkning fra merd og fisk som et tilnærmet naturgitt utgangspunkt gjennom måleperioden ved Årsetfjorden. Det er omtrent 105 meter dypt ved stasjonen, og CTDO-profilene presenterer data fra hele vannsøylen. Temperaturprofilene (figur 9.2, til høyre) viser en naturlig utvikling med årstidene, med et tydelig varmere overflatelag på sommeren som blir dypere fram til august og en kaldere og mer blandet vannsøyle i vintermånedene. Salinitetsprofilene (figur 9.2, til venstre) viser avtakende salinitet fra juli og frem til september i øvre del av vannsøylen, hvor den videre øker igjen frem til januar 2021. Nedre halvdel av vannsøylen (fra omtrent 50 meters dyp) er relativt stabil mht. salinitet gjennom måleperioden fram til desember 2020. Videre i desember og januar tyder det på at vannmasser med noe lavere salinitet mikses dypere ned i vannsøylen.

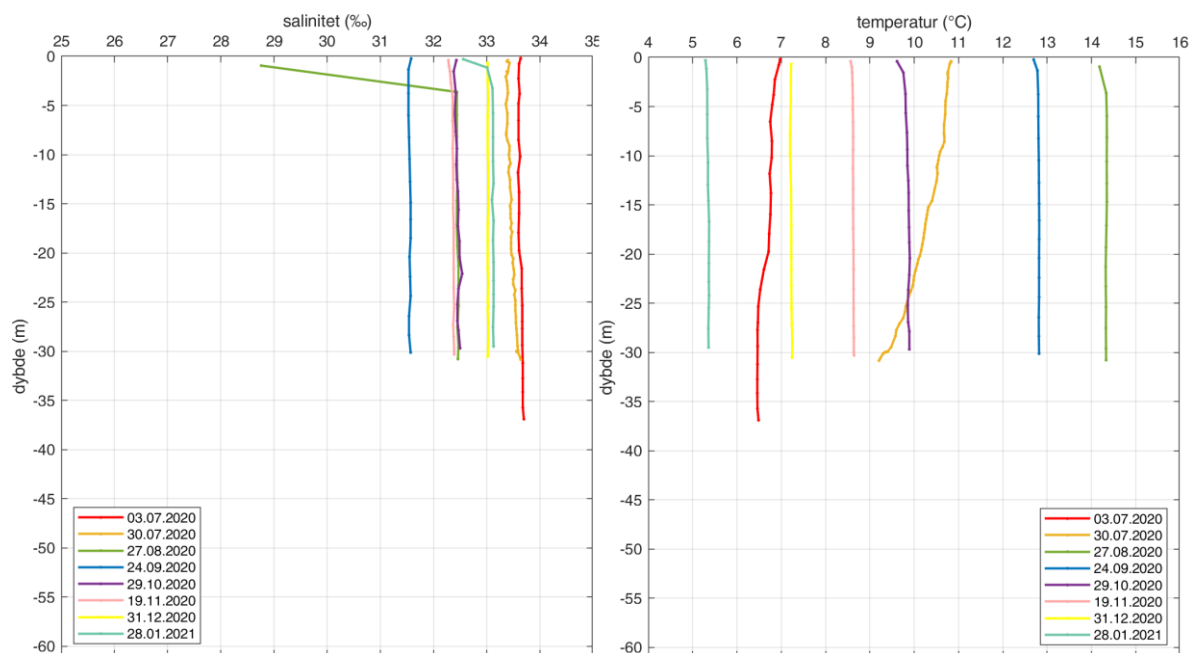


Figur 9.2: Temperatur (°C, til høyre) og salinitet (‰, til venstre) i stasjon H3 (tilst. vann) ved Årsetfjorden. Målingene er utført i perioden juli 2020–januar 2021. Se tegnforklaringen for nøyaktig måledato tilhørende hver graf.

Temperatur- og salinitetsprofilene fra innsiden av og utenfor kontrollmerden, samt utenfor AQT4, viser hovedsakelig de samme forholdene som for tilst. vann i tilsvarende dyp, men vannmassene er stort sett mer stabile med mindre variasjoner. For temperaturen målt i juli ses samme lagdeling i kontrollmerden som i tilst. vann, med et varmere overflatelag over kaldere vannmasser (figur 9.3, til høyre). Denne variasjonen ses ikke i profilene tatt i sentrum av AQT4 (figur 9.4, til høyre). For saliniteten holder AQT4 (figur 9.4, til venstre) stort sett høyere saltholdighet enn for stasjon H4 i kontrollmerden (figur 9.3, til venstre).



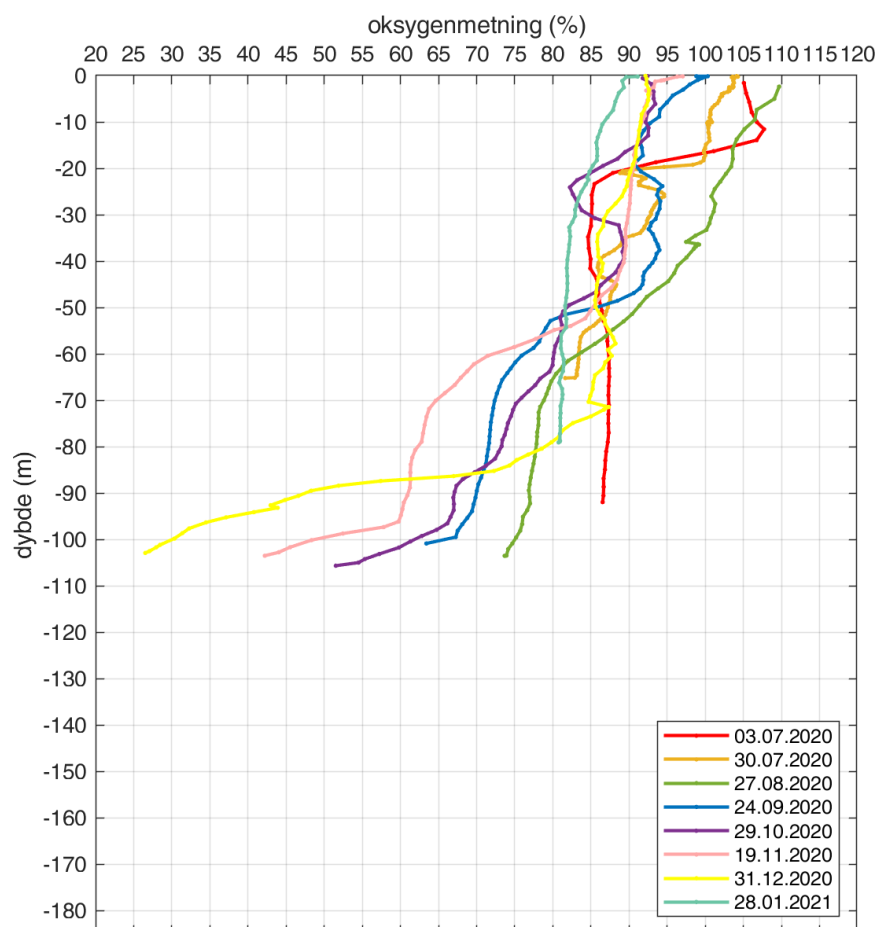
Figur 9.3: Temperatur (°C, til høyre) og salinitet (‰, til venstre) i stasjon H4 (kontrollmerd/merd 4 – sentrum) ved Årsetfjorden. Målingene er utført i perioden juli 2020–januar 2021. Se tegnforklaringen for nøyaktig måledato tilhørende hver graf.



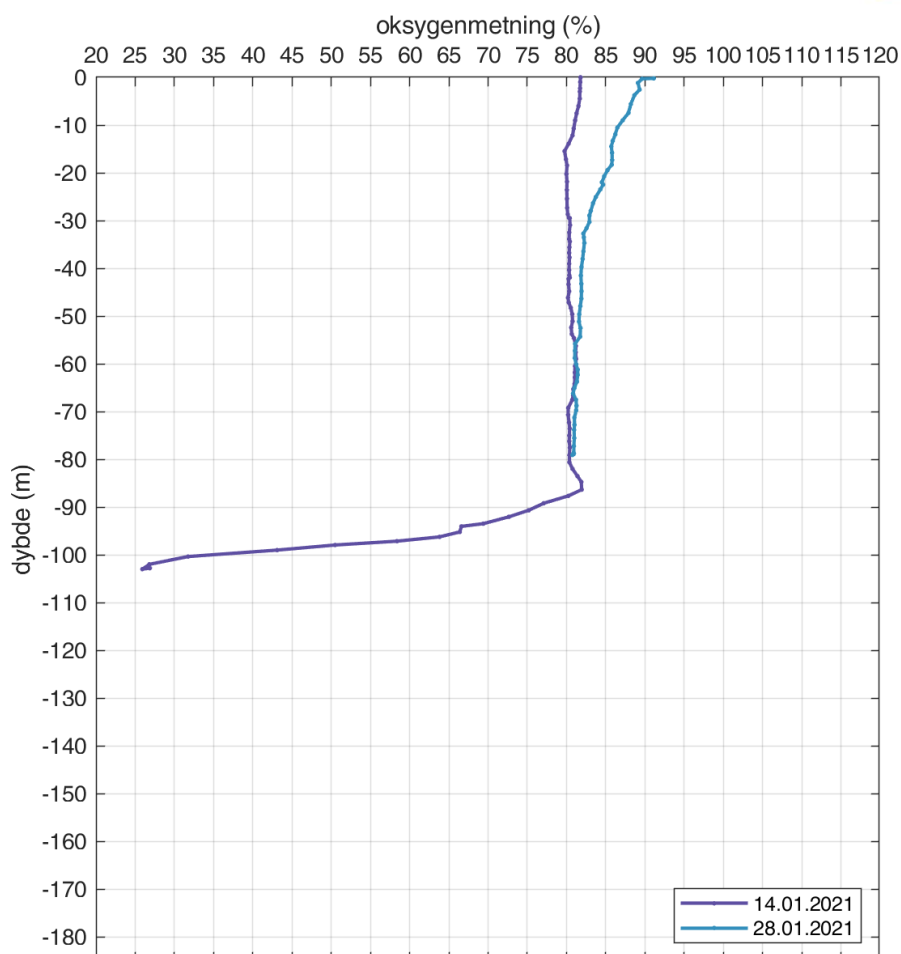
Figur 9.4: Temperatur (°C, til høyre) og salinitet (‰, til venstre) i stasjon H7 (Aquatraz #4 – sentrum) ved Årsetfjorden. Målingene er utført i perioden juli 2020–januar 2021. Se tegnforklaringen for nøyaktig måledato tilhørende hver graf.

Oksygenforholdene varierer gjennom halvårsperioden for stasjon H3, «tilst. vann», med forventede variasjoner i øvre del av vannsøylen basert på biologisk aktivitet og temperatur gjennom årstidene (figur 9.5). Samtlige målinger registrerer over 80 % oksygenmetning fra overflaten og ned til 50 meters dyp. Videre nedover mot bunnen avtar hovedsakelig mengden oksygen, med unntak av første måling og profilene som ikke når helt ned til bunnen. Fra omtrent 90 meters dyp og nedover til bunnen minker oksygeninnholdet stadig mer drastisk gjennom måleperioden, og i desember 2020 observeres lave verdier ved bunnen med oksygenmetning ned mot 25 %. Målingen fra 14.01.2021

(figur 9.6) viser fortsatt lave oksygenverdier på bunnen, men den nyeste målingen fra 28.01.2021 er ikke tatt like dypt og forteller derfor ingenting om utviklingen siden målingen i desember.

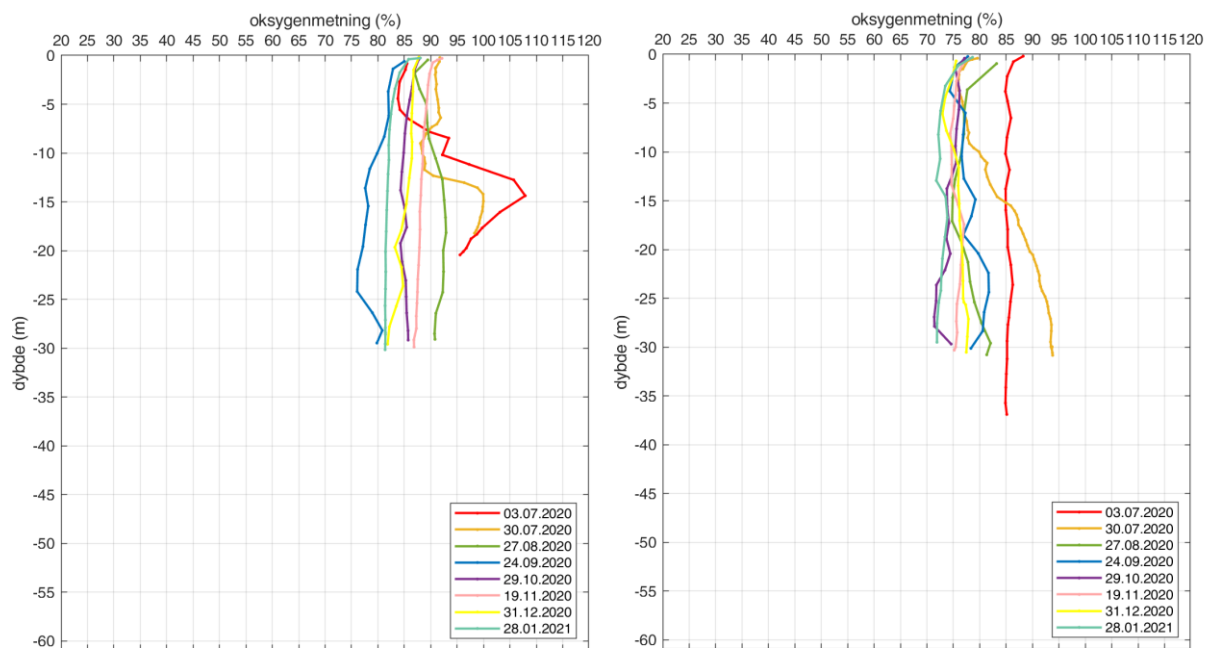


Figur 9.5: Oksygenmetning (%) i stasjon H3 (100 m fra Aquatraz, tilstrømmende vann) ved Årsetfjorden. Se tegnforklaring nederst til høyre for måledato tilhørende hver graf.



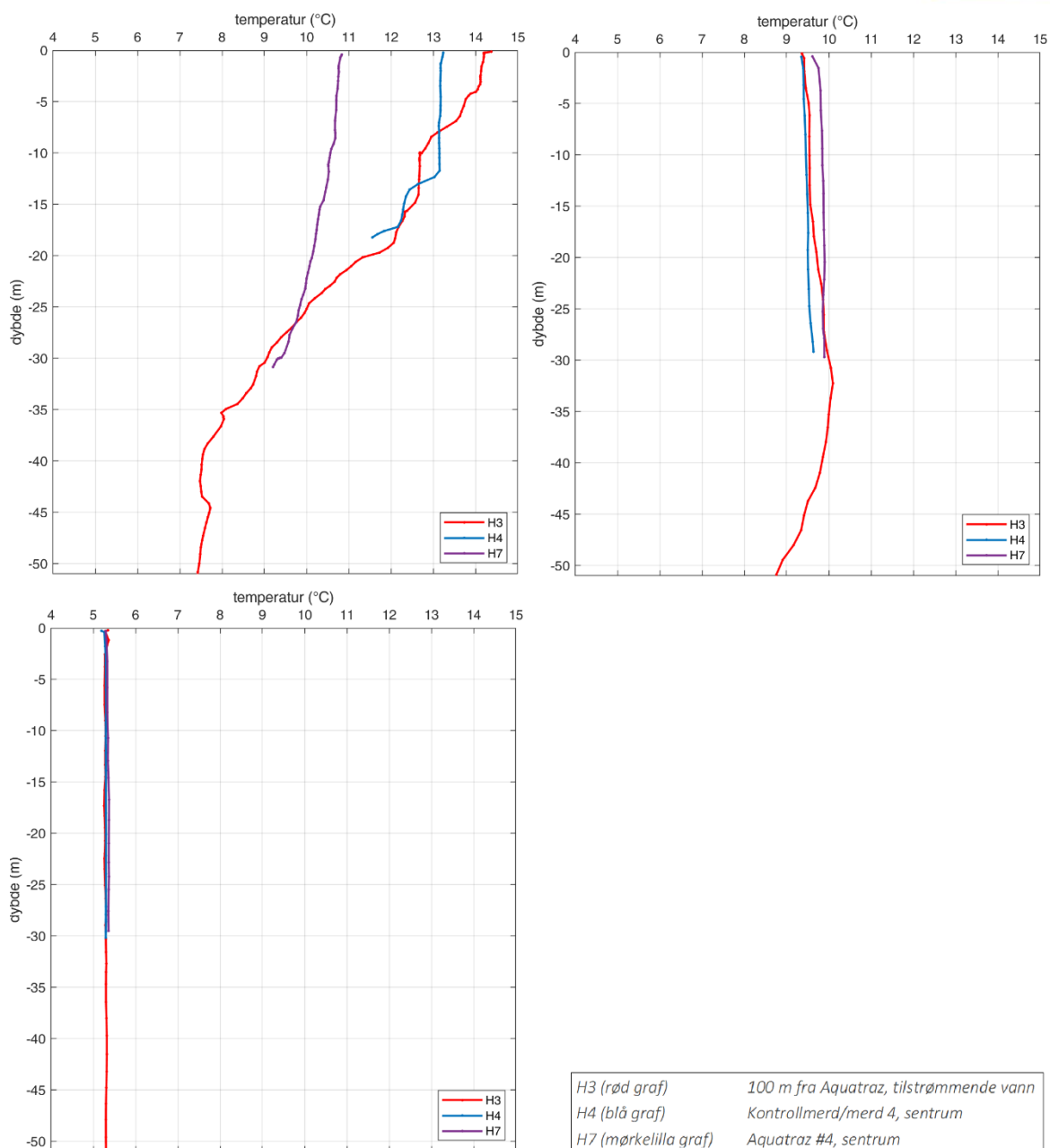
Figur 9.6: Oksygenmetning (%) i stasjon H3 (100 m fra Aquatraz, tilstrømmende vann) ved Årsetfjorden for målinger utført i januar 2021. Se tegnforklaring nederst til høyre for måledato tilhørende hver graf.

Oksygenforholdene i KTR og AQT4 viser mer stabile profiler sammenlignet med verdiene registrert i tilst. vann. Vannmassene er stort sett godt blandet i hele den målte delen av vannsøylen, men stasjon 4 (figur 9.7, til venstre) og 7 (figur 9.7, til høyre) viser generelt lavere verdier sammenliknet med tilst. vann (figur 9.5). Noe variasjon fra profilene i KTR, utenfor AQT4 og innenfor AQT4 er observert, hvor oksygenverdiene er lavere i AQT4 sammenlignet med verdiene rett utenfor og i KTR. Profilene fra KTR og utenfor AQT4 ligger på 75–105 % metning, mens profilene fra innsiden av AQT4 ligger på 70–85 % metning.



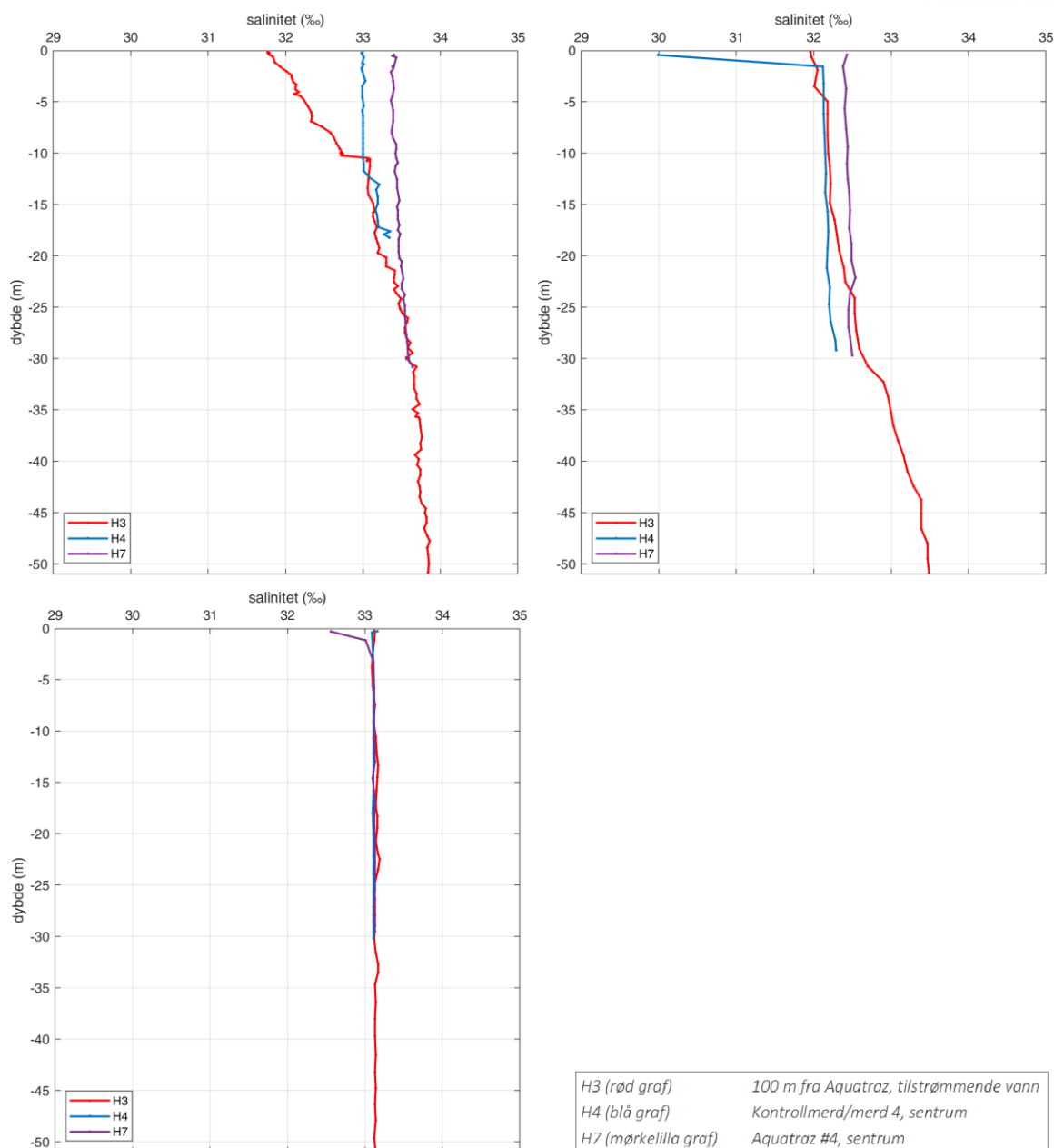
Figur 9.7: Oksygenmetning (%) i stasjon H4 (til venstre, kontrollmerd/merd 4 – sentrum) og H7 (til høyre, Aquatraz #4 – sentrum) ved Årsetfjorden. Se tegnforklaring nederst til høyre for måledato tilhørende hver graf.

Data fra alle stasjoner er presentert for 3 utvalgte datoer som representerer hver sin årstid. Målingen utført 30.07.2020 (figur 9.8, oppe til venstre) representerer sommer, målingen utført 29.10.2020 (figur 9.8, oppe til høyre) representerer høst og målingen utført 28.01.2021 (figur 9.8, nede) representerer vinter. Temperaturen i alle stasjonene utvikler seg i takt med sesong med de høyeste temperaturene på sommeren og gradvis lavere temperaturer gjennom høsten og mot vinteren. Vannsøylen blir også mer homogen utover høsten og mot vinteren i alle stasjonene, både i AQT, kontrollmerden og utenfor. Om sommeren er det tydelig større forskjell mellom temperaturen på innsiden og utenfor AQT4. Kaldere vannmasser fra 20-25 meters dyp hentes opp i AQT4 og gir kaldere overflatevann enn omkringliggende vannmasser utenfor og i kontrollmerden.



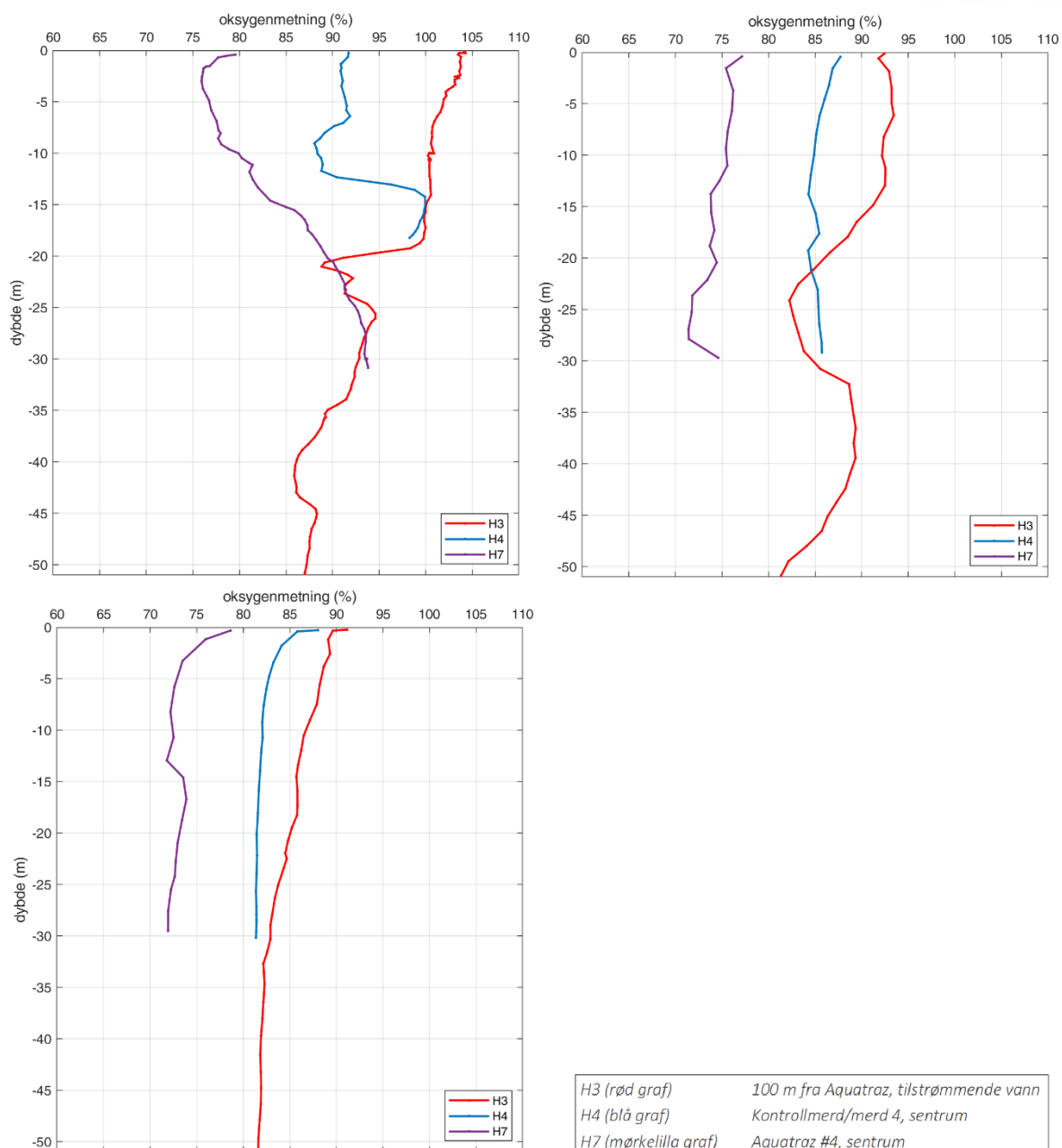
Figur 9.8: Temperatur (°C) i stasjon H3, H4 og H7 på Årsetfjorden. Målingene er utført 30.07.2020 (oppe til venstre), 29.10.2020 (oppe til høyre) og 28.01.2021 (nede til venstre). Oversikt over de ulike stasjonene er vist i ruten nede til høyre.

Samme årstidsutvikling ses i den målte saliniteten for alle stasjonene, hvor det er størst variasjon mellom målingene fra innsiden og utenfor AQT4 for sommermålingen (figur 9.9, oppe til venstre), mindre variasjon om høsten (figur 9.9, oppe til høyre) og tilnærmet ingen variasjon om vinteren (figur 9.9, nede). Det er observert mest endring i saliniteten gjennom de tre målingene i stasjon H3, tilst. vann. Generelt varierer ikke saliniteten veldig mye fra stasjon til stasjon for hver måling.



Figur 9.9: Salinitet (‰) i stasjon H3, H4 og H7 på Årsetfjorden. Målingene er utført 30.07.2020 (oppe til venstre), 29.10.2020 (oppe til høyre) og 28.01.2021 (nede til venstre). Oversikt over de ulike stasjonene er vist i ruten nede til høyre.

Oksygenforholdene gjennom sommeren (figur 9.10, oppe til venstre), høsten (figur 9.10, oppe til høyre) og vinteren (figur 9.10, nede) varierer noe mer fra stasjon til stasjon. I vannsøylens 30 øverste meter ligger oksygenmetningen mellom 70 og 105 %. Stasjonene innenfor AQT4 og kontrollmerden viser hovedsakelig lavere verdier gjennom alle tre sesonger sammenlignet med profilene tatt utenfor, og AQT4 holder lavere verdier enn kontrollmerden. Dette er spesielt tydelig i vinterprofilen.



Figur 9.10: Oksygenmetning (%) i stasjon H3, H4 og H7 på Årsetfjorden. Målingene er utført 30.07.2020 (oppe til venstre), 29.10.2020 (oppe til høyre) og 28.01.2021 (nede til venstre). Oversikt over de ulike stasjonene er vist i ruten nede til høyre.

9.2.2 Sensordata

Oksygen (O₂) og temperatur har vært overvåket i sanntid ved hjelp av fastmonterte sensorer. Sensorer har vært montert i tilstrømmende vann ved flåten, i KTR og i AQT4 og måleparametere på de ulike dyp er gitt i tabell 9.3. Sensorene har vært online og parameterne har blitt logget hvert 10. minutt. Data fra perioder med tydelig driftsfeil i en eller flere sensorer er blitt fjernet. Erfaring fra det første biologiprogrammet er at ved driftsfeil i sensoren eller når sonden trenger rengjøring, så viser sensoren en falsk overmetning av oksygen. Vi har derfor benyttet en cut-off på 105% oksygenmetning, og verdier over 105 % settes til 105%.

Tabell 9.3: Dyp og plassering av online sensorer som måler Oksygen (O₂; i % av luftmetning) og temperatur (°C).

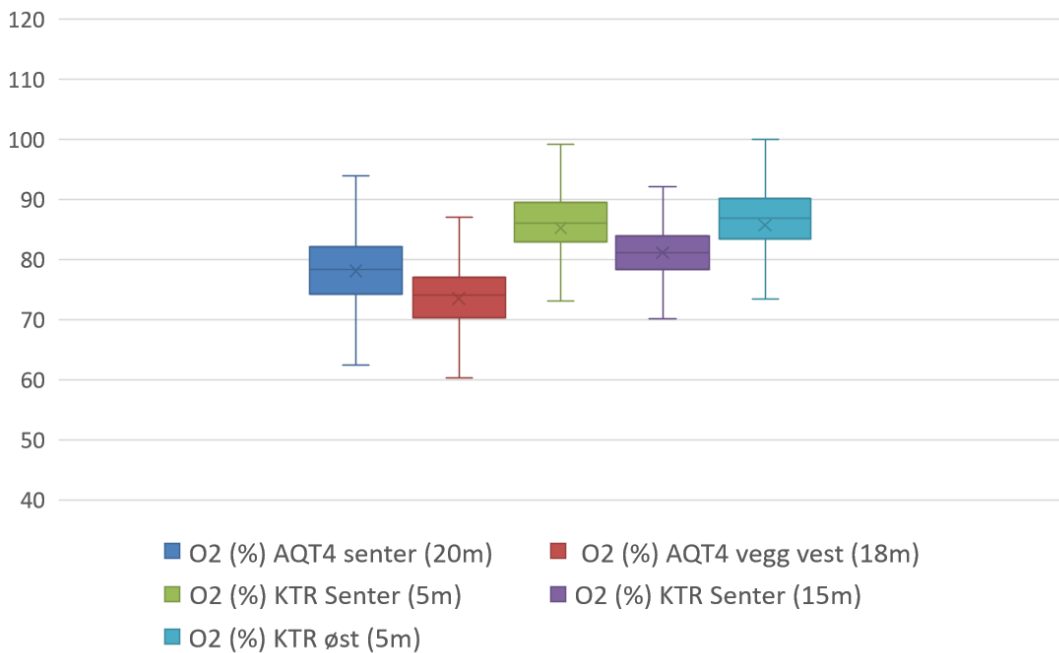
Målepunkt	Plassering	Dyp
Tilst	Tilst	5 og 20 m
AQT	Senter	5 og 20 m
	Vegg vest	18 m
KTR	Senter	5 og 15 m
	mot øst	5 m

I sluttrapporten vil vi undersøke om det er statistiske forskjeller i O₂ og temperatur mellom AQT4, KTR og tilst. vann over hele produksjonstiden. Vi vil også se på kortere bestemte tidsperioder, siden forskjeller i O₂, temp og salinitet mellom AQT4, KTR og tilst. vann sannsynligvis vil være større på noen tider av året. Vi vil også se på døgnvariasjoner i O₂-nivåene for kortere tidsintervaller i AQT4 og KTR.

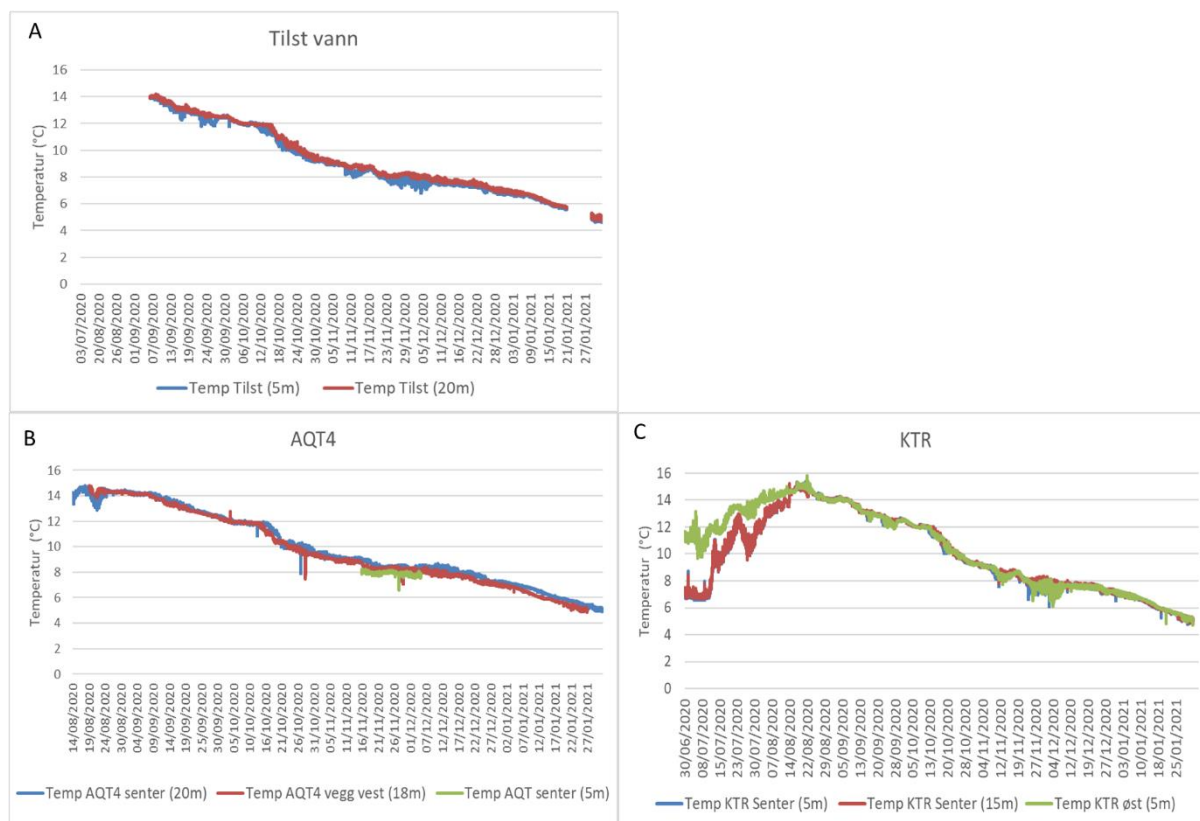
I denne rapporten har vi sett på trender i O₂-metning og temperatur over perioden fra 2. juli 2020 til 1. februar 2021 (figur 9.11, 9.12 og 9.13). Vi vil påpeke at dette er preliminare resultater som ikke er testet statistisk og trenger videre undersøkelse. I den undersøkte perioden var det en tydelig nedgang og økt variasjon i O₂ metning i både AQT4 og KTR i perioden 1. september til 1. november 2021 (figur 9.11), i denne perioden var det flere tilfeller O₂-metning underskred 60 %. Lavest O₂-metning over tid i AQT4 var registrert i sensoren på 18m dyp i nærheten av tankvegg til vest. O₂-metning var spesielt lav den første uken i september i både AQT4 og KTR, denne nedgangen kan ikke direkte forklares med en nedgang i O₂-metning i det tilst. vannet (figur 9.11A). Ikke alle sensorer var online i hele perioden, derfor er sammenligninger av gjennomsnittlig O₂-metning mellom AQT4 og KTR gjort i perioden 20. august til 1. februar (figur 9.12). Den gjennomsnittlige O₂-metningen var 78% (20m dyp i senter) og 74 % (18m dyp ved vest vegg) i AQT4. Det så ut til å være noe høyere O₂-metning i KTR på samtlige målte stasjoner (figur 9.12). Det var ingen store forskjeller i temperatur mellom AQT4 og KTR, men temperaturen var noe mer stabil i AQT4 (figur 9.13 og 9.14).



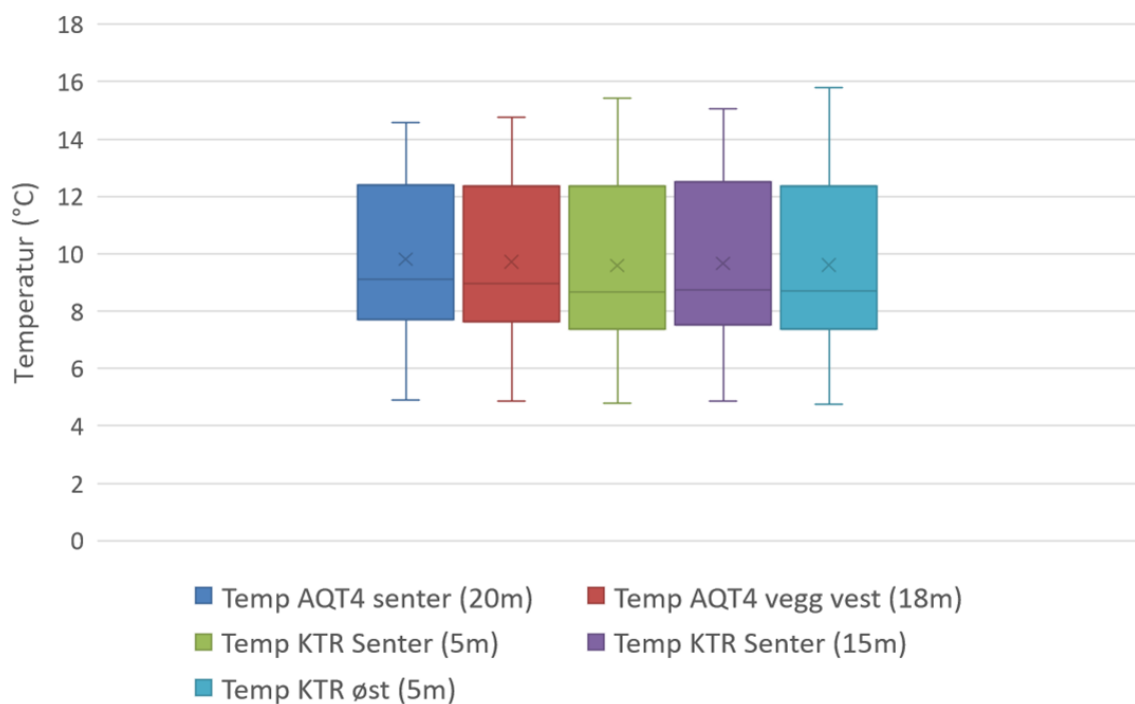
Figur 9.11: O₂-metning (i % av luftmetning) målt i A) Tilst, B) AQT4 og C) KTR fra 1. juli 2020 til 1. februar 2021. Merk at x-aksen starter på forskjellige datoer på de forskjellige målestasjonene.



Figur 9.12: Boksploott O₂-metning (i % av luftmetning) målt i AQT4 og KTR i perioden 20. august 2020 til 1. februar 2020 (utvalgt ut fra at det var sensorer var i drift i både AQT4 og KTR). Boksene omslutter intervallet 25% - 75% av målingene, medianverdier er vist med horisontal strek, middelværdi som et kryss.



Figur 9.13: Temperatur (°C) målt i A) Tilst B) AQT4 og C) fra 1. juli 2020 til 1. februar 2021. Merk at x-aksen starter på forskjellige datoer på de forskjellige målestasjonene.



Figur 9.14: Boksplott temperatur (°C) målt i AQT4 og KTR i perioden 20. august 2020 til 1. februar 2020 (utvalgt ut fra at det sensorer var i drift i både AQT4 og KTR). Boksene omslutter intervallet 25% - 75% av målingene, medianverdier er vist med horisontal strek, middelværdi som et kryss.

9.2.3 Labanalyser vannkjemi

Vannkvalitetsparametrene pH, alkalitet, CO₂, total ammonium nitrogen (TAN), total organisk karbon (TOC) og total suspendert stoff (TSS) ble analysert på lab. Vannprøver for analyse av disse parametrene ble tatt med vannhenter fra 7 m dyp i AQT4 og KTR og på 20 m dyp i tilst. vann (dette skal representere inntaksvannet). Prøvene er tatt annenhver uke fra juli til oktober, og en gang per måned på vinteren (november til februar). Analysene ble utført av NIVA og Eurofins Environment Testing Norway AS i henhold til akkrediterte metoder. Prøvetakingsplanen ble stort sett fulgt bortsett fra at det ikke ble tatt ut prøver i desember. I tillegg ble noen prøver i juli/august sendt med vanlig post (ikke bedrift) og derfor ble analysene forsinket, dette gjelder særlig prøvene fra 26. august (parametere som kan ha blitt påvirket er markert i rødt i tabell 9.4).

Resultatene fra vannkjemianalysene er sammenfattet i tabell 9.4. Disse viser en god vannkvalitet med lave nivåer av fritt CO₂ og total ammonium nitrogen gjennom hele analyseperioden i både AQT4 og KTR. CO₂ var svært lav (maks 1,6 mg/L i AQT4 den 9. september). Det er hittil ingen tendens til økning av CO₂-konsentrasjon i takt med økt biomasse. Hvis man sammenligner inntaksvannet (tilst. vann) og AQT4 så har den maksimale økning i CO₂ konsentrasjon vært 0,9 mg/L, noe som indikerer en svært god vannutskiftning. Det er heller ingen tendenser til økt TAN med økt biomasse/tid, og andel nitrogen i giftig form (ammoniakk NH₃-N) var også lav på alle stasjonene (maks 1,43 µg N/L i AQT4 den 22. oktober; tabell 9.4). TOC og turbiditeten var lav, og TSS var stort sett rundt den nedre deteksjonsgrensen på 2 mg/L ved samtlige uttak. Samlet sett er det ingen indikasjoner på akkumulering av metabolitter eller partikler i AQT4.

Tabell 9.4: Resultat fra vannkjemiske analyser fra lokaliteten Årsetfjorden i perioden juli 2020-januar 2021. Parametere som kan ha blitt påvirket av analyseforsinkelser den 26.08 er markert i rødt (* indikerer verdiene som er mest usikre).

Dato	Prøve	Temperatur (målt på anlegget) °C	Salinitet (ppt)	Turbiditet (FNU)	Alkalitet (mmol/L)	TAN (µg N/L)	pH (Eurofinus 21 °C)	pH (temp. korrigert)	TSS (mg/L)	Totalt organisk karbon (TOC; mg C/L)	CO ₂ (mg/L)	Ammoniakk (µg N/L) **
02.07.2020	tilst	11	33,8	0,27	2,14	18	7,9	8	<2	1,1	0,7	0,21
	AQT4	7,1	34,1	0,47	2,10	28	8,1	8,3	<2	1,5	1	0,44
	KTR	11	33,5	0,56	2,16	19	8,1	8,2	<2	1,5	1	0,36
16.07.2020	tilst	9,6	31	0,33	2,12	4,5	8,1	8,3	2	1,4	0,8	0,08
	AQT4	9,75	31,2	0,27	2,14	18	7,9	8,1	<2	1,1	1	0,21
	KTR	11,8	31	0,47	2,10	28	8,1	8,2	<2	1,5	0,9	0,56
29.07.2020	tilst	11	33,8	0,2	2,14	14	8,1	8,2	<2	1,4	0,8	0,26
	AQT4	11	33,3	0,24	2,17	50	7,9	8	<2	1,4	1,2	0,59
	KTR	13,8	33,1	0,31	2,14	97	7,9	8	<2	1,8	1,1	1,31
12.08.2020	tilst	14,7	33	0,26	2,09	57	7,9	8	2,6	1,3	1*	0,80
	AQT4	14	33	0,3	2,09	39	7,9	8	2,3	1,2	1*	0,53
	KTR	14,7	33,1	0,26	2,09	57	7,9	8	2,6	1,3	1,3	0,80
26.08.2020	tilst	14,3	31,6	0,41	2,16	82	7,9*		<2	1,1	1*	0,93
	AQT4	14,3	33,6	0,24	2,22	110	7,8*		<2	1,5	1,5*	0,98
	KTR	14,3	31,6	0,20	2,21	25	7,9*		<2	1,2	2,9*	0,28
09.09.2020	tilst	13,8	32,4	0,37	2,06	43	8	8,1	2,6	1,3	0,7	0,7
	AQT4	14,1	32,7	0,69	2,09	150	7,7	7,8	6,2	1,9	1,6	1,3
	KTR	13,8	32,4	0,25	2,06	54	8	8,1	3,2	1,4	0,8	0,9
23.09.2020	tilst	12,5	28,3	0,39	1,99	37	8	8,1	<2	1,1	0,8	0,6
	AQT4	12,8	28,9	0,33	2,02	51	7,9	8	3,3	1,5	0,8	0,7
	KTR	12,7	29,9	0,40	1,98	63	7,9	8	<2	1,4	1,0	0,8
08.10.2020	tilst	11,9	23,6	0,30	2,200	13	8	8,1	<2	1,1	0,9	0,2
	AQT4	12,0	28,6	0,44	2,23	39	7,9	8	<2	1,4	1,4	0,5
	KTR	12,0	28,6	0,41	2,29	60	7,9	8	<2	1,3	1,2	0,8
22.10.2020	tilst	10,2	34,0	0,4	2,10	15	8	8,1	<2	1,7	0,8	0,22
	AQT4	10,3	34,5	1,6	2,11	160	7,8	7,9	4,2	3,4	1,5	1,43
	KTR	10,2	33,8	0,3	2,06	26	8	8,1	<2	1,6	0,9	0,37
04.11.2020	tilst	9,1	34,2	0,45	2,12	50	7,9	8,1	<2	1	0,9	0,54
	AQT4	9,4	34,4	0,99	2,11	100	7,7	7,8	2,2	1,6	1,4	0,67
	KTR	9,1	34	0,9	2,12	54	7,8	8	2,3	1,3	1,2	0,46
20.11.2020	tilst	8,5	31	0,42	2,15	7,6	8	8,2	<2	1	0,9	0,10
	AQT4	8,8	31,1	0,46	2,16	60	7,8	8,0	<2	1,6	1,1	0,52
	KTR	8,7	30,8	0,39	2,16	17	8	8,2	<2	1,2	1,0	0,24
14.01.2021	tilst	8,1	34,9	0,31	2,18	20	7,9	8,1	3	1,2	1,2	0,44
	AQT4	8	35,2	0,41	2,19	42	7,8	8	3,5	1,8	1,2	0,35
	KTR	8,1	35,1	0,34	2,19	20	7,9	8,1	2,1	1,2	1	0,22

9.3 Dyreplankton/ lakselus i planktontrekk

En oversikt over resultater så langt som vi har kommet i bearbeidelse av dyreplanktonprøver er vist i tabell 9.5. Prøvene fra 29. juli og 28. august 2020 var ikke ordentlig konserverte (for lite Lugol), og er ganske råtne. Det er mulig å finne luselarver i disse, men de er ekstra tidkrevende å opparbeide. Generelt er det påvist svært få luselarver hittil i programmet. Copepoditten fra referansemerden 18. november 2020 er sikkert identifisert som lakselus.

Tabell 9.5: Luse-larver i planktontrekk, Årsetfjorden i perioden juli 2020-januar 2021. Tomme celler er prøver som ikke er opparbeidet ennå. Celler med røde sifre er ikke ferdig opparbeidet.

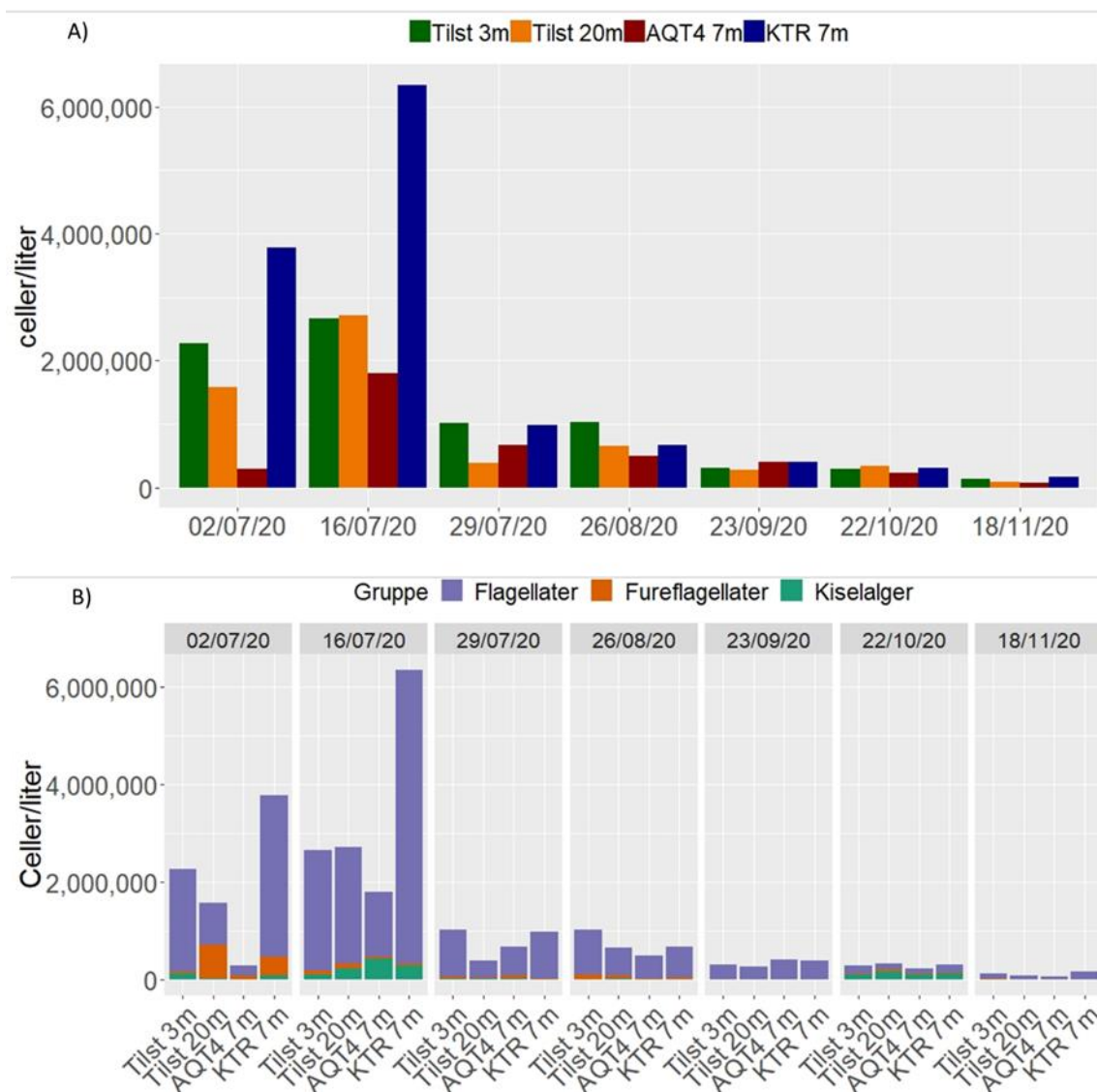
Nauplius larver				Copepoditter			
Dato	AQT4	KTR	Tilst	Dato	AQT4	KTR	Tilst
02.07.2020	0	0	0	02.07.2020	0	0	0
16.07.2020	0	0	0	16.07.2020	0	0	0
29.07.2020				29.07.2020			
28.08.2020		0		28.08.2020		0	
23.09.2020	1	0	0	23.09.2020	0	0	0
22.10.2020	0	1	0	22.10.2020	0	0	0
18.11.2020	0	0	0	18.11.2020	0	1	0
14.01.2021		1	0	14.01.2021		0	0

Prøvene inneholdt store mengder dyr, spesielt i sommermånedene. Dominerende var hoppekreps av mange slag (*Calanus finmarchicus*, *Calanus cf. glacialis*, *Acartia* spp., *Pseudocalanus* spp., *Paracalanus parvus*, *Centropages hamatus*, *Centropages typicus*, *Isias clavipes*, *Metridia lucens*, ubestemte Harpacticoida). Innslaget av vannlopper (*Evadne nordmanni*, *Podon leuckarti*) var mindre enn i Eiterfjorden (Biologiprogram 1). I noen prøver forekom pilormer (Chaetognatha) og små meduser (maneter), men det er ikke påvist høye tettheter av maneter. I tillegg til naupliuslarver av hoppekreps forekom mange larvestadier av diverse bunnlevende dyr hyppig (larver av reker, krabber, krill, pungreker, børstemark, slangestjerner, snegl, muslinger m.m.).

9.4 Mikroalger

Algeprøver ble tatt med vannhenter fra 3 og 20 m dyp i tilst. vann og fra 7 m dyp i AQT4 og KTR (tabell 9.1). Prøvetakingsplanen ble fulgt, bortsett fra at det ikke ble tatt ut prøver i desember 2020. Planktoniske alger kan påvirke fisk på to ulike måter, enten ved å påføre mekaniske skader på gjellene eller ved at de produserer og skiller ut toksiner som virker negativt på gjellene (og/eller andre organer). Prøvene er derfor blitt analysert for forekomster av kjente fisketoksiske og gjelleirriterende arter, samt totalforekomster på gruppenivå (kiselalger, fureflagellater og flagellater). Antallet algeceller var høyt i de to første prøvene, tatt i begynnelsen og midten av juli, men i slutten av prøvetakingsperioden har det generelle antallet celler og biomassen vært svært lav (figur 9.15). Både celleantallet og biomassen var dominert av ubestemte små flagellater (<5 µm) ved alle uttak på alle stasjoner.

Det ble observert noen få celler av kiselalgeartene *Skeletonema* spp. og *Chaetoceros* spp., dette hovedsakelig i prøvene fra midten av juli og oktober, i disse prøvene var også det totale antallet kiselalger høyere enn resten av perioden (figur 9.15). Disse kiselalgeartene har stive glassbørster som stikker ut fra skallet, og har tidligere vært assosiert med gjelleskader hos laks (Kent et al. 1995). Imidlertid er disse artene svært vanlige i våroppblomstringen langs kysten og det er ikke trolig at de mengdene vi har sett i denne perioden vil ha skadelige effekter på fisken. Ingen bekymringsverdige mengder av kjente fisketoksiske algearter ble observert i perioden. Det er muligens en tendens til mindre alger i AQT4 sammenlignet med kontrollmerd (KTR) i juli (t-test var ikke signifikant $p=0.1$), men ellers er antallet alger og algesammensetning relativt lik mellom alle prøvetakingsstasjonene (AQT4, KTR, Tilst. vann) i perioden.



Figur 9.15: **A)** Totalt antall celler (celler / liter) i prøvene fra stasjonene: tilstrømmende vann 3 m (grønn), tilstrømmende vann 20 m (oransje), AQT4 7 m (rød) og KTR 7 m (blå) hele prøveperioden fra 02.07.20 til 18.11.20. **B)** Totalt antall celler (celler/liter) av hovedgruppene (Flagellater-blå, fureflagellater-oransje og kiselalger-grønn) på de ovennevnte stasjonene hele prøvetakingsperioden fra 02.07.20 til 18.11.20.

10. Produktkvalitet

Av: Thomas Larsson, Arnaud Lefrancois, Nofima.

10.1. Formål og bakgrunn

For å avdekke effekten av strømsetting i Aquatraz på produktkvalitet, ble laks fra en konvensjonell nabomerd (Kontroll, KTR) og fra Aquatraz (AQT) sendt til Nofima, Ås for kvalitetsvurdering. Startuttak ble gjort like etter overføring av fisk til Aquatraz (30. juni 2020; da prøvefisken veide 0,6 kg i gjennomsnitt). Deretter ble det utført uttak ca. hver 2. måned. Denne rapporten omhandler uttak utført i juni, august og oktober 2020, samt januar 2021.

10.2. Materiale og metode

For alle uttak ble 20 sløyd og individmerket fisk, med tilhørende innvollspakke, per merdtype KTR og AQT4, sendt på is til Nofima. Ved ankomst til Nofima dagen etter slakt ble kjønn registrert og det ble tatt vekt og lengde av fisk, og vekt av innvollspakke. Slakteutbytte og kondisjonsfaktor (KF) ble beregnet. Det ble så tatt en generell vurdering av velferden til fisken (e.g. katarakt, skader på ryggfinne). Mengde innvollsfett og fett på hjerte og lever ble bedømt ved bruk av standardisert skala. Det samme ble gjort for farge på lever. Hjerte og lever ble veid, og indeks for disse ble beregnet (% av rund kroppsvekt).

Fisken ble så filetert for hånd, og filetutbytte av både rund- og sløydvekt ble beregnet. Begge fileter ble vurdert for mørke flekker ved bruk av FHF-skalaen (Mørkøre 2012). Fra venstre filet ble det tatt prøve av dorsal muskel til histologi (HE-farging, ikke utført til denne rapport), og norsk kvalitetssnitt (NKS) ble tatt til analyse av fettinnhold (% ved "The one-shot method" utviklet av Anvendt Teknologi AS (Harstad Sørland et al. (2004), analyser ikke komplett til denne rapport).

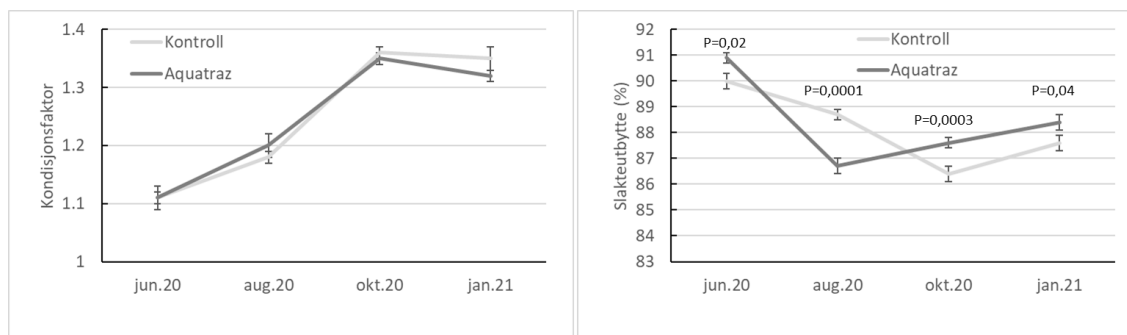
Høyre filet ble lagret på is til dag 7 post mortem, da visuell farge (PhotoFish; Folkestad et al., 2008), filetpalting (Andersen et al. 1994) og fasthet i muskel (instrumentelt, Mørkøre & Einen 2003) ble målt. Fasthet ble målt på to plasser: i dorsal del av NKS og av posisjon i forkant av ryggfinnen («ryggloin»), resultater presenteres som gjennomsnitt av de to.

Ved uttak ble blodprøver tatt til analyse av alanin aminotransferase (ALT), aspartat aminotransferase (AST) og kreatin kinase (CK) etter protokoll utarbeidet av Nofima. Økt aktivitet av disse enzymene kan fungere som indikator på celledskade i lever (ALT og AST) og muskel (AST og CK).

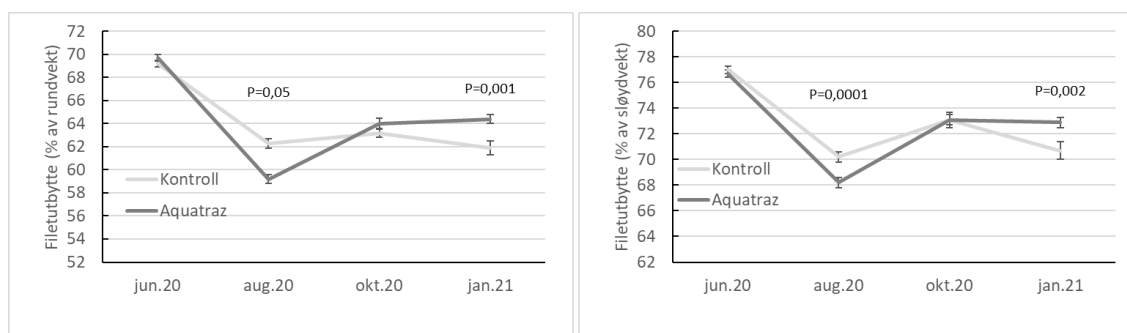
10.3. Resultater

Resultater fra alle uttak er oppsummert i tabell 10.1.

Begge fiskegrupper hadde lignende kondisjonsfaktor for alle uttak, mens slakteutbytte varierte mer, der fisken fra Aquatraz-merden hadde høyere utbytte ved de siste to uttakene (figur 10.1). Bilde av slakteutbytte samsvarte generelt med filetutbytte, og Aquatraz-fisken hadde signifikant høyere filetutbytte ved siste uttak i januar 2021 (figur 10.2).



Figur 10.1: Kondisjonsfaktor og slakteutbytte av fisken sendt til kvalitetsanalyse for de fire uttakene utført så langt i programmet.

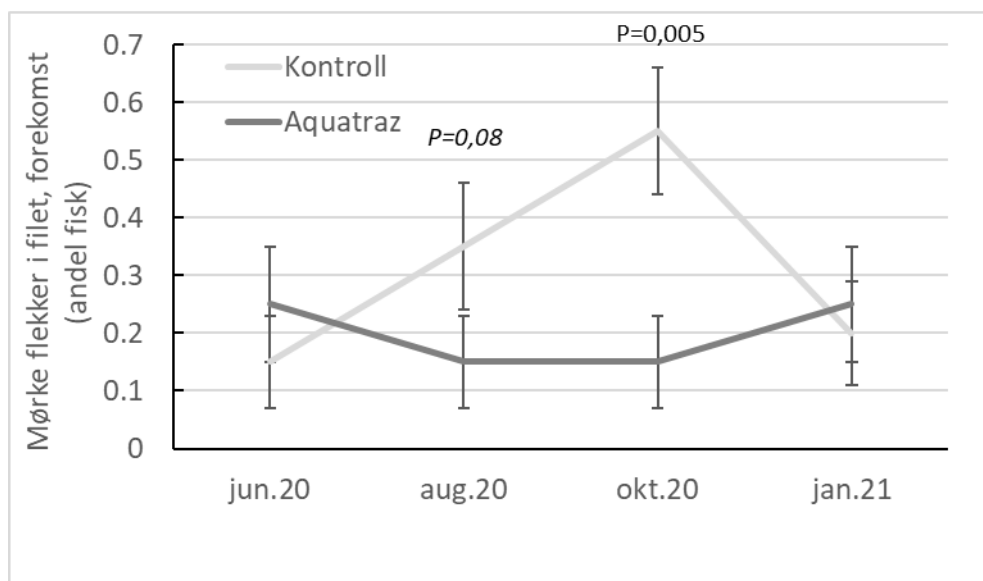


Figur 10.2: Filetutbytte (% av rundvekt og av sløydvekt) av fisken sendt til kvalitetsanalyse for de fire uttakene utført så langt i programmet.

Generelt hadde begge fiskegrupper lignende og lave og/eller normale score for katarakt, slitasje på ryggfinne, synlig fett på hjerte, fett på innvoller og leverfarge. Aquatraz-fisken tenderte dog til å ha noe lavere nivå av skjelltap og fettakkumulering på hjerte og innvoller (tabell 10.1). Registreringene av skade på ryggfinne og av skjelltap utført på fisken sendt til kvalitetsanalyse ser ut å samsvare med individkontroller utført på anlegg med hensyn til skjelltap (se kapittel 5), der Aquatraz-fisken tenderer til å komme noe bedre ut i siste del av perioden.

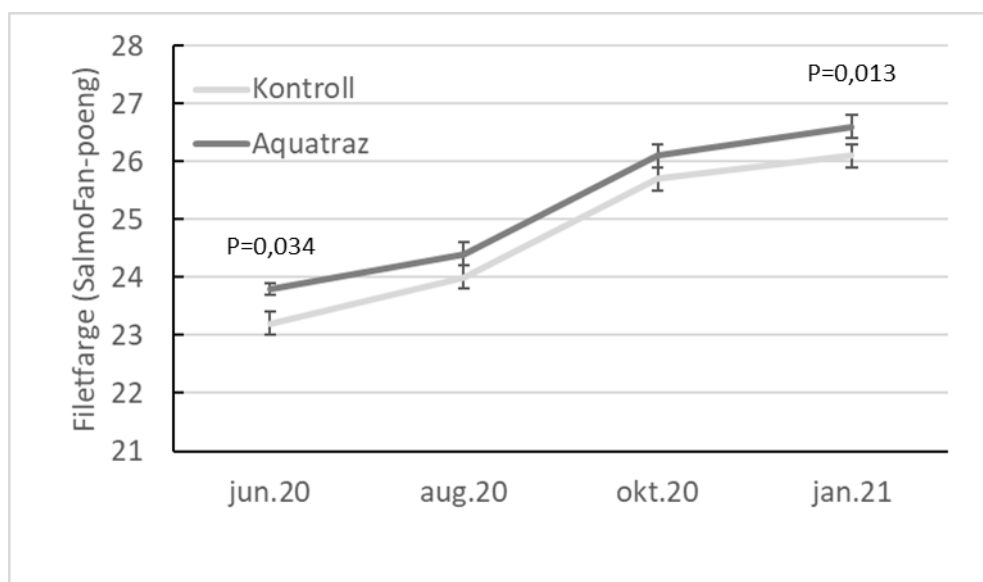
For relativ størrelse av lever (HSI) og hjerte (CSI) avventes endelige resultater til sluttrapport, dette på grunn av at prøver tatt av disse vevene til andre analyser må veies før sikre tall kan presenteres. Til nå ser det dog ut til at Aquatraz-fisken hadde lavere HSI for de to siste uttakene. Dette samsvarte i januar 2021 med høyere nivå av enzymer i blod (ALT og AST). Dette må følges opp i sluttrapporten når alle tall foreligger. Det var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene for blod-indikatoren for muskelskade (CK). Det blir interessant å se om dette samsvarer med histologisk vurdering av muskel (til sluttrapport).

Totalt sett hadde 26% av den undersøkte fisken fra begge merdtyper mørke flekker i fileten, og Kontrollgruppen tenderte til å ha noe høyere forekomst (31 vs. 20%, $P = 0,052$). Forskjellen mellom gruppene sees tydeligst i august og oktober; mens Aquatraz-fisken til nå har holdt seg på et stabilt nivå, viste Kontrollgruppen en utvikling av flekker over tid som man normalt ser ellers i næringen, der forekomsten øker med veksten til fisken fra utsett frem mot slakt (figur 10.3). Siden forekomsten i Kontrollgruppen er redusert i januar 2021, blir det interessant å følge utviklingen frem mot slakt.



Figur 10.3: Forekomst av mørke flekker i filet (andel fisk) registrert på fisken sendt til kvalitetsanalyse for de fire uttakene utført så langt i programmet.

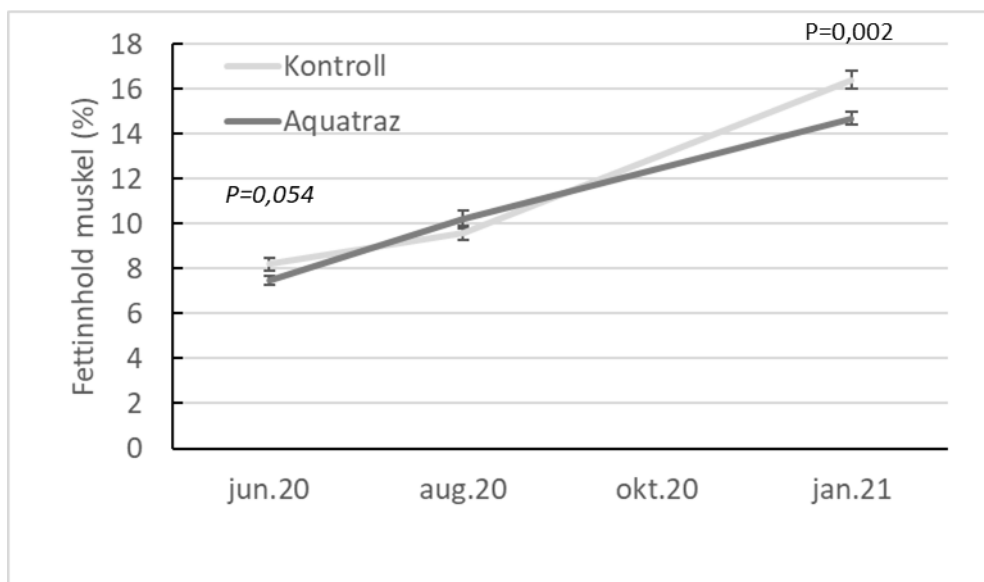
Filetfargen økte fra ca. 23 SalmoFan-poeng i juni til ca. 26,3 i januar. Aquatraz-fisken lå konsekvent ca. 0,5 SalmoFan-poeng høyere enn Kontroll-fisken, og forskjellen var signifikant totalt sett ($P < 0,0001$), og også i januar 2021 (figur 10.4). Noe overaskende var forskjellen også signifikant ved startuttaket i juni, men det har ikke blitt funnet noen forskjeller i fôr, genetikk, produksjonsbetingelser (fersk- eller sjøvann) eller uttaksrutiner som tilsier at gruppene skulle ha forskjellige utgangspunkt ved oppstart av forsøket. Derfor blir det interessant å se om denne utviklingen fortsetter også til slakt. Predikert nivå av astaxanthin fulgte samme mønster som for filetfargen.



Figur 10.4: Filetfarge (SalmoFan) hos fisken sendt til kvalitetsanalyse for de fire uttakene utført så langt i programmet.

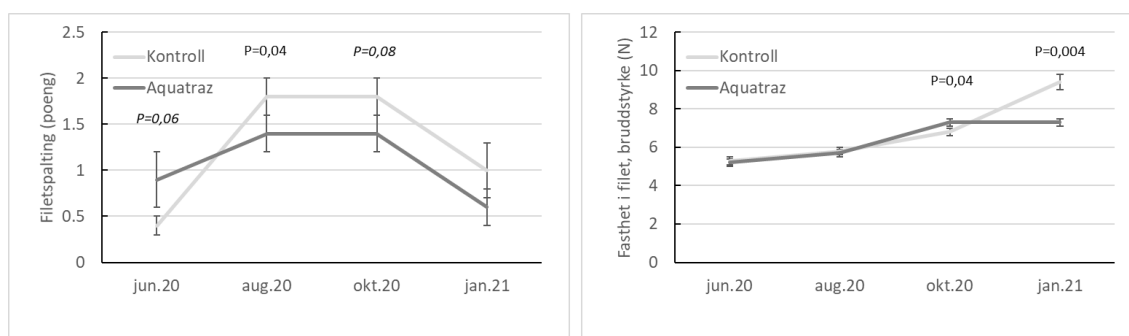
Fettinnholdet i muskelen var lignende for de to gruppene til og med august, men i januar hadde fisken fra Aquatraz-merden signifikant lavere fettinnhold (14,7 vs. 16,4%, figur 10.5). Sett sammen med

trendene i slakteutbytte og fettakkumulering på hjerte og innvoller, kan det tenkes at Aquatraz-merden har hatt innvirkning på utnyttelse og deponering av fett. Om dette kan være en effekt av til tider lavere vanntemperatur i Aquatraz-merden sammenlignet med Kontroll-merden, og/eller høyere svømmeaktivitet på grunn av strømsetting i Aquatraz-merden, er vanskelig å si, men vil diskuteres videre i sluttrapporten.



Figur 10.5: Fettinnhold (%) i muskel av fisken sendt til kvalitetsanalyse for tre av de fire uttakene (oktober-uttaket ikke analysert enda) utført så langt i programmet.

Aquatraz-fisken hadde generelt lavere nivå av filetspalting enn Kontroll-fisken, og forskjellen var signifikant i august og oktober (figur 10.6). Kontroll-gruppen hadde også flere fisk med spalting som anses problematisk (> 2 poeng), totalt 14 vs. 5 fisk for hele perioden (data ikke vist). For fastheten i fileten var bilde motsatt for uttaket i januar, da filetene til Aquatraz-fisken hadde signifikant lavere bruddstyrke sammenlignet med Kontroll-fisken (figur 10.6), og hadde flere fisk (3 vs. 0) med en bruddstyrke som indikerer bløt muskel (< 7 N, Mørkøre (2008)). Dette vil følges opp ved histologisk undersøkelse av muskel, og rapporteres i sluttrapporten.



Figur 10.6: Filetspalting (poeng, 0-5) og fasthet i muskel (bruddstyrke, N) av fisken sendt til kvalitetsanalyse for de fire uttakene utført så langt i programmet.

Tabell 10.1: Oppsummering av resultater fra kvalitetsvurdering av 20 laks per merdtype Kontroll (KTR) og Aquatraz (AQT) for de fire uttakene utført så langt i Biologiprogram for AG3. P-verdier er vist når $p < 0,1$ (kursiv stil), og resultater ansees signifikant når $p < 0,05$.

Parameter	Jun.20			Aug.20			Okt.20			Jan.21			p-verdi totalt
	KTR	AQT	p-verdi	KTR	AQT	p-verdi	KTR	AQT	p-verdi	KTR	AQT	p-verdi	
Rundvekt (g)	601,4±14,2	605±16,1		1305,4±26,2	1170,8±24		2619,8±55,4	2252,2±46,7		3492±91,4	3055,1±52,9	0,001**	
Sløydvekt (g)	539±11,3	549,9±14,3		1157,9±23	1015,7±21,4		2262,6±46,9	1972,9±40,3		3057,7±78,1	2701,2±48,2	0,003**	
Lengde (cm)	37,8±0,3	37,9±0,3		48±0,3	46,1±0,3		57,7±0,4	55±0,4		63,7±0,6	61,4±0,4	0,012**	
Kondisjonsfaktor (rundvekt)	1,11±0,02	1,11±0,01		1,18±0,01	1,2±0,02		1,36±0,01	1,35±0,01		1,35±0,02	1,32±0,01		
Slakteutbytte (%)	90±0,3	90,9±0,2	0,019	88,7±0,2	86,7±0,3	0,0001	86,4±0,3	87,6±0,2	0,0003	87,6±0,3	88,4±0,3	0,0346	
Katarakt, sum (skala 0-4 poeng)	0,4±0,2	0±0	0,02	0,7±0,3	1,5±0,3	0,018	0,1±0,1	0±0		0±0	0±0		
Ryggfinneskade (0-3 poeng)	1±0,1	1,2±0,1		1±0	1,1±0,1		1,1±0	1,3±0,1	0,007	1,3±0,1	1,2±0,1	0,051	
Skjelltap (0-3 poeng)	1,6±0,2	1,1±0,2	0,038	0,7±0,1	0,9±0,1		1,7±0,1	1,7±0,1		1,6±0,1	1,2±0,1	0,004	
Synlig fett på hjerte (0-2 poeng)				0±0	0±0					0,3±0,2	0±0	0,04	
Synlig fett på innvoller (0-5 poeng)	0,7±0,1	0,7±0,1		1,1±0,1	1,2±0,1		1,2±0,1	1,3±0,1		2,5±0,2	1,7±0,2	0,002	
Leverfarge (0-5 poeng)	3,2±0,1	3,1±0,1		3±0,1	2,9±0,1		1,8±0,1	1,9±0,1		3±0,1	2,7±0,2		
Levervekt (% av rundvekt, HSI)	0,66±0,03	0,7±0,02		0,91±0,03	0,96±0,03		1,11±0,03	1,01±0,02		1,14±0,04	0,93±0,03	<0,0001	
Hjertevekt (% av rundvekt, CSI)				0,14±0,01	0,13±0,01		0,14±0,01	0,14±0		0,13±0,01	0,13±0	0,06*	
Filetutbytte (% av rundvekt)	69,2±0,3	69,7±0,3		62,3±0,4	59,2±0,4	0,0001	63,2±0,4	64±0,5		61,9±0,6	64,4±0,4	0,002	
Filetutbytte (% av sløydvekt)	77±0,3	76,7±0,3		70,2±0,4	68,2±0,4	0,05	73,1±0,4	73,1±0,6		70,7±0,7	72,9±0,4	0,001	
Filetspalting (0-5 poeng)	0,4±0,1	0,9±0,3	0,06	1,8±0,2	1,4±0,2	0,044	1,8±0,2	1,4±0,2	0,08	1±0,3	0,6±0,2		
Mørke flekker i filet, forekomst (andel fisk)	0.15 ± 0.08	0.25 ± 0.1		0.35 ± 0.11	0.15 ± 0.08	0,08	0.55 ± 0.11	0.15 ± 0.08	0,005	0.2 ± 0.09	0.25 ± 0.1	0,052	
Mørke flekker i filet, størrelse (poeng)	0,2±0,1	0,3±0,1		0,5±0,2	0,3±0,2	0,09	1,1±0,3	0,6±0,4	0,01	0,8±0,5	0,5±0,2	0,062	
Filetfarge (SalmoFan, Photofish)	23,2±0,2	23,8±0,1	0,034**	24±0,2	24,4±0,2		25,7±0,2	26,1±0,2		26,1±0,2	26,6±0,2	0,013*	
Astaxanthin i muskel (mg/kg, Photofish)	4±0,2	4,4±0,1	0,034**	4,6±0,1	4,9±0,2		5,9±0,1	6,2±0,1		6,2±0,2	6,6±0,2	0,013*	
Fett i muskel (% , NMR)	8,2±0,3	7,5±0,2	0,054*	9,6±0,3	10,2±0,4					16,4±0,4	14,7±0,3	0,002	
Fasthet i filet (bruddstyrke, N)	5,3±0,2	5,2±0,2		5,8±0,2	5,7±0,2		6,8±0,2	7,3±0,2	0,04	9,4±0,4	7,3±0,2	0,004*	
ALT	4±0,2	4,7±0,2	0,013	3,3±0,4	4,8±1		21,7±8,2	16,9±2,7		6,9±1	14,1±2,2	0,009	
AST	212,5±18,7	229,6±16,4		262,6±21,2	710±445,5		2773,6±1646	1278,5±234		553,3±112,2	686,4±69,9	0,016*	
CK	2156±3967	3258±694		2344±370	4965±1772		211697±174749	13785±1777		4246±1342	5424±476		

* Korrigeret for signifikant effekt av rundvekt

** Korrigeret for signifikant effekt av kjønn

11. Helsekontroller

Av: Marte A. Fjær, fiskehelsebiolog, Midt-Norsk Havbruk.

Fin smolt og lav dødelighet etter sjøsetting. Etter 1- 2 måneder i sjøen ble det noe forøkt dødelighet hos fiskegruppene som ble sjøsatt i løpet av januar måned. Tentativ diagnose var sårinfeksjoner, noe som ble verifisert med RT-PCR og histologianalyser.

Det er to merder på lokaliteten som har dradd opp den akkumulerte dødeligheten, dette er fisk fra samme settefiskanlegg som ble satt ut i samme tidsperiode. Konklusjonen etter merdinspeksjon, obduksjonsfunn og prøveanalyser er at den forøkte dødeligheten skyldes infeksjon med sårbakterier og trolig feilstikk under vaksinasjon (vaksineindusert bukhinnebetennelse). Resterende merder på anlegget så generelt bra ut i denne perioden, foruten fåtallig innslag av sårfisk i vannoverflaten. Etter en periode normaliserte dødelighetstallene seg og fiskevelferden på anlegget ble vurdert som god.

Det har blitt gjennomført totalt fire behandlinger mot lakselus på lokaliteten, med ikke-medikamentelle metoder og en oralbehandling med Slice vet.

I løpet av høsten ble det påvist nedsatt sirkulasjonsevne hos laksen, med positiv RT-PCR for PRV-1 (Piscine Reovirus) og obduksjonsfunn som var forenelig med sirkulasjonskollaps, samt påvisning av sårbakterier når temperaturen var synkende og lav. Dødeligheten på lokaliteten er ved rapportdato lav, utgangen av fisk har i den siste perioden vært dominert av fisk som har vært preget etter avlusingsbehandlinger og infeksjon av sårbakterier.

Det ble flyttet inn fisk fra to tradisjonell merder og inn i AQT4 den 25.juni 2020 samt at det har blitt flyttet fisk fra fire merder fra lokalitet Årsetfjorden og til lokalitet Humulen i perioden desember 2020 til januar 2021. I merd 4 (kontrollmerd for AQT4) har det vært en forekomst av kjønnsmoden fisk, dette har blitt fulgt opp i prosjektet «Biologisk prøvetaking; Kjønnsmodning hos oppdrettslaks» av marin konsulent Per Andersen og Eskil Bendiksen (Aqua Kompetanse AS). Alle de konvensjonelle merdene har gått på tradisjonelt fôr, mens det har blitt benyttet flytefôr på AQT4.

Oksygenivået på lokaliteten har vært stabilt så langt i utsettet, foruten en periode med noe lavere metning på høsten, noe man kan se i sammenheng med laksen sin noe rotete adferd i denne perioden og de positive analysene av gjelleagens. Ut fra observasjonen fra merdbildet ble det tatt en beslutning om å ta opp luseskjørtene for å forbedre vannmiljøet.

12. Referanser

Andersen UB, Strømsnes AN, Steinsholt K and Thomassen MS (1994) Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) Norwegian Journal of Agricultural Sciences, 8: 165-179

Folkestad, A., et al., Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaughtered Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), Aquaculture (2008), doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.04.037

Hassan, W., Urke, H. A., Kristensen, T., Førre, M., Ulvund, J.B. and Alfredsen J.A. 2019. Real-time Fish Positioning and Monitoring System for Commercial Marine Farms- Based on Acoustic Telemetry and Internet of Fish (IoF). Proceedings of the 29th International Ocean and Polar Engineering Conference, Hawaii, USA, June 16–21, 2019.

Kent, M. L., Whyte, J. N. C., LaTrace, C. Gill lesions and mortality in seawater pen-reared Atlantic salmon *Salmo salar* associated with a dense bloom of *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira* species. Diseases of Aquatic Organisms 22:77-81 (1995)

Mørkøre T, Einen, O, 2003. Relating sensory and instrumental texture analyses of Atlantic salmon. Journal of Food Science 68, 1492-1497.

Mørkøre, T., 2008. Tekstur i oppdrettslaks. Kunnskapsstatus og forhold som bidrar til fastere filet. Nofima rapportserie (32/2008). In Norwegian.

Mørkøre T (2012) Filet av oppdrettslaks: Kvalitetsavvik og årsakssammenhenger. FHF-prosjekt 900339. Report 17/2012, Nofima, Ås.

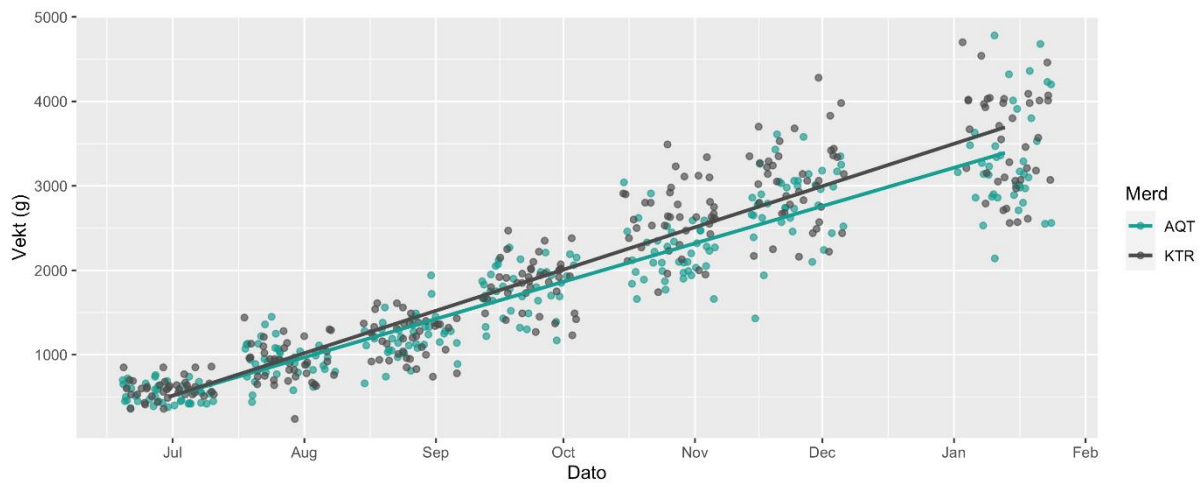
Noble, C., Nilsson, J., Stien, L.H., Iversen, M., Kolarevic, J. & Gismervik, K. 2018. Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 312 pp

Sørland GH, Larsen PM, Lundby F, Rudi AP, Guiheneuf T. 2004. Determination of total fat and moisture content in meat using low field NMR. Meat Sci. 2004; 66:543–50. pmid:22060863

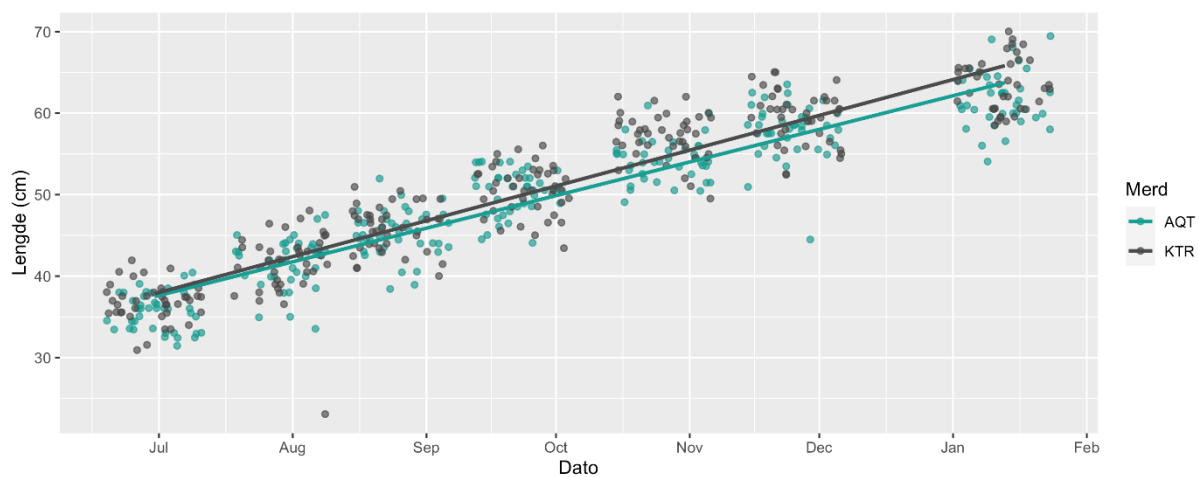
Urke, H. A., Kristensen, T., Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O., Kjærstad, G., Stefansson, S O., Ebbesson, L.O.E and Nilsen, T. O. 2013. Seawater tolerance and post smolt migration of wild Atlantic salmon x brown trout hybrid smolts. Journal of Fish Biology 82, 206-227

13. Vedlegg

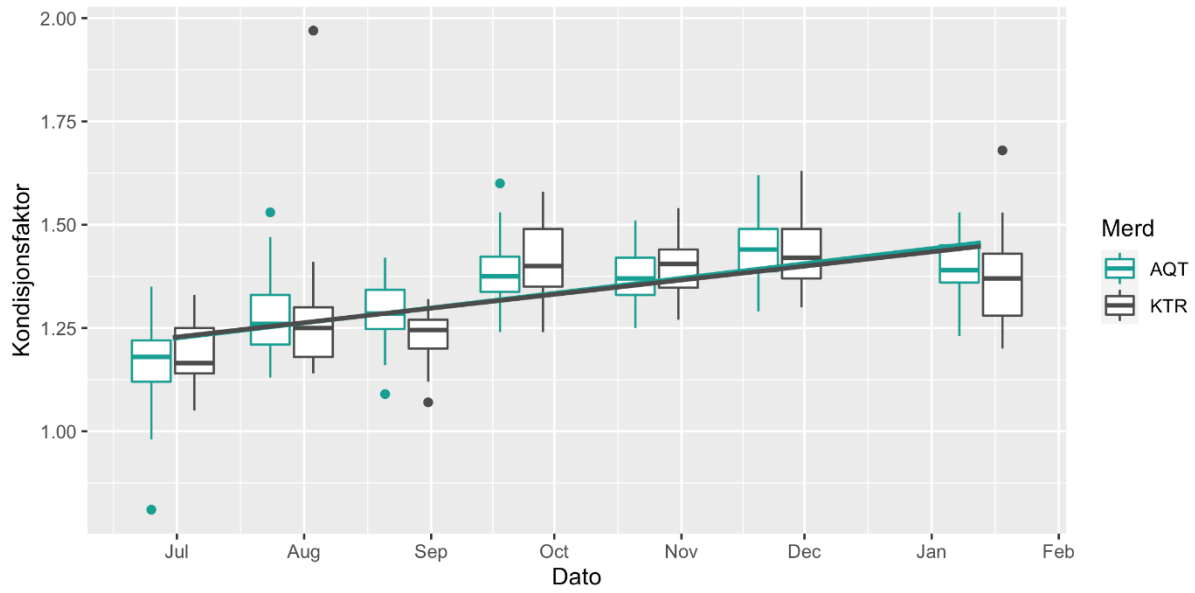
13.1. Velferdsscore/ individkontroller



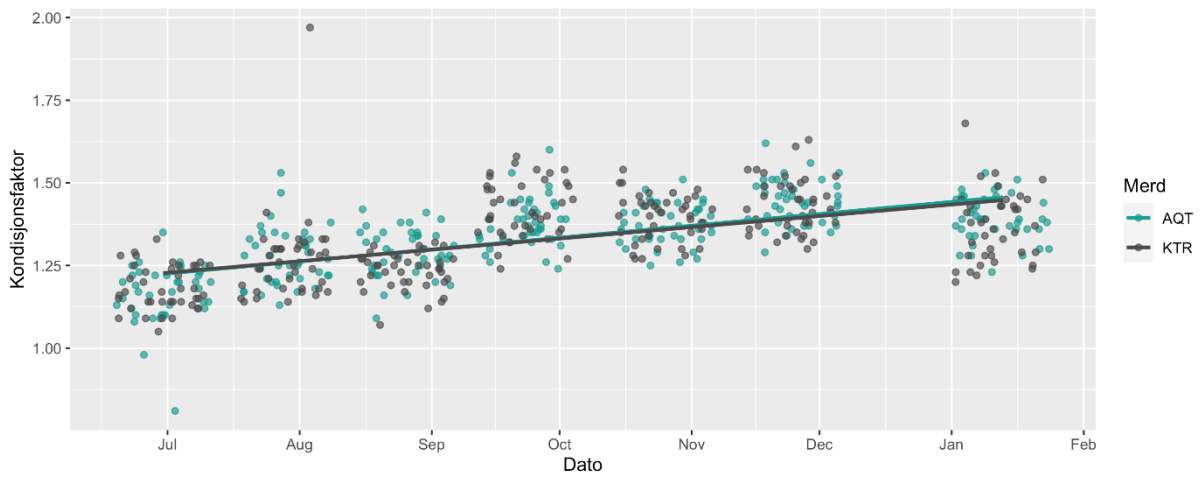
Figur 13.1: Vektregistreringer hvor hver prikk representerer én fisk, trendlinje er indikert.



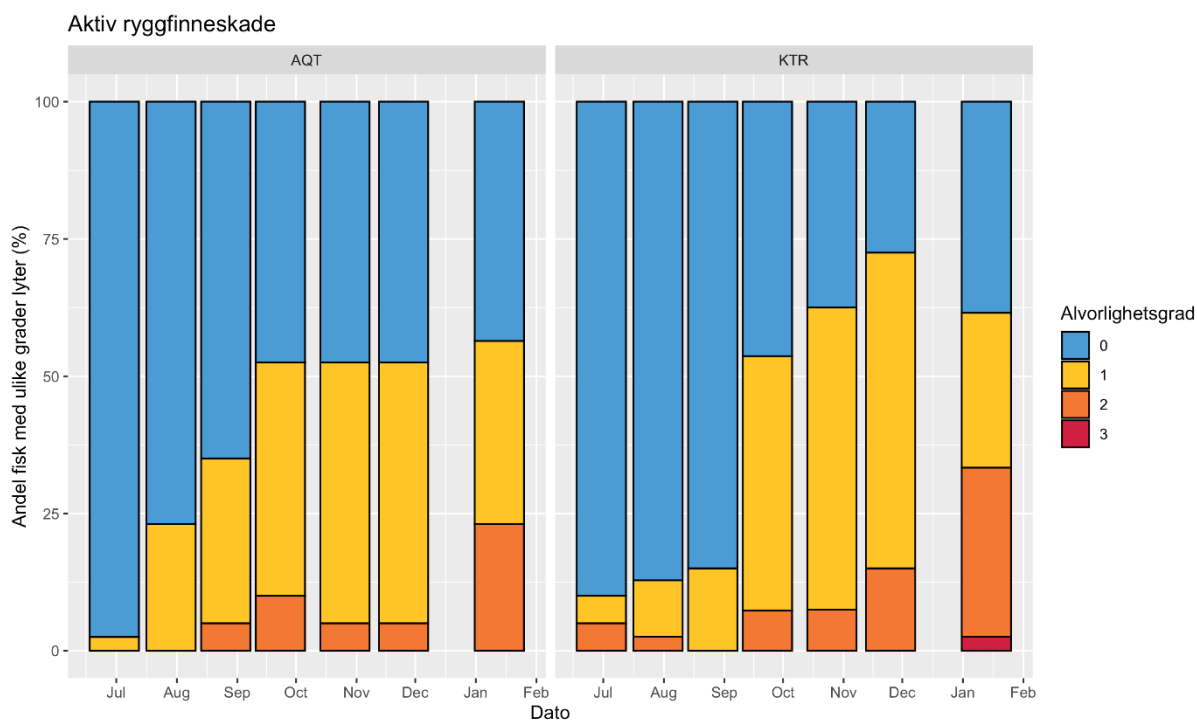
Figur 13.2: Lengderegistreringer hvor hver prikk representerer én fisk, trendlinje er indikert.



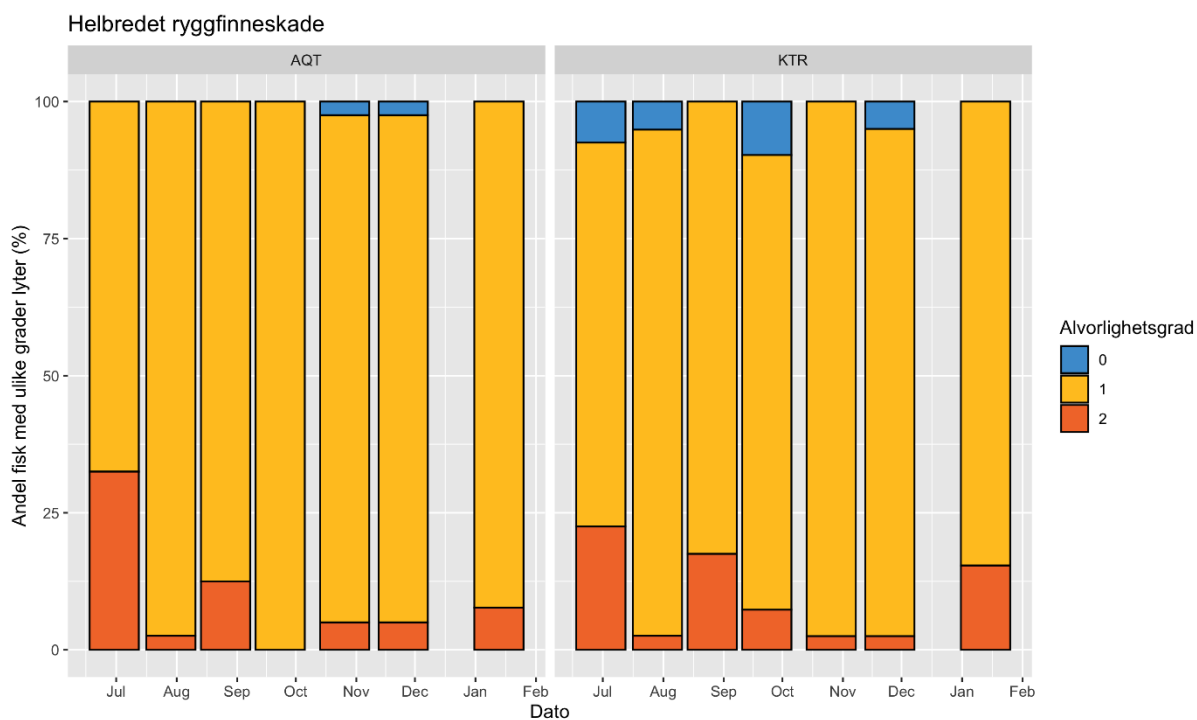
Figur 13.3: Boksploott av kondisjonsfaktor utregnet etter Fultons formel, trendlinje er indikert.



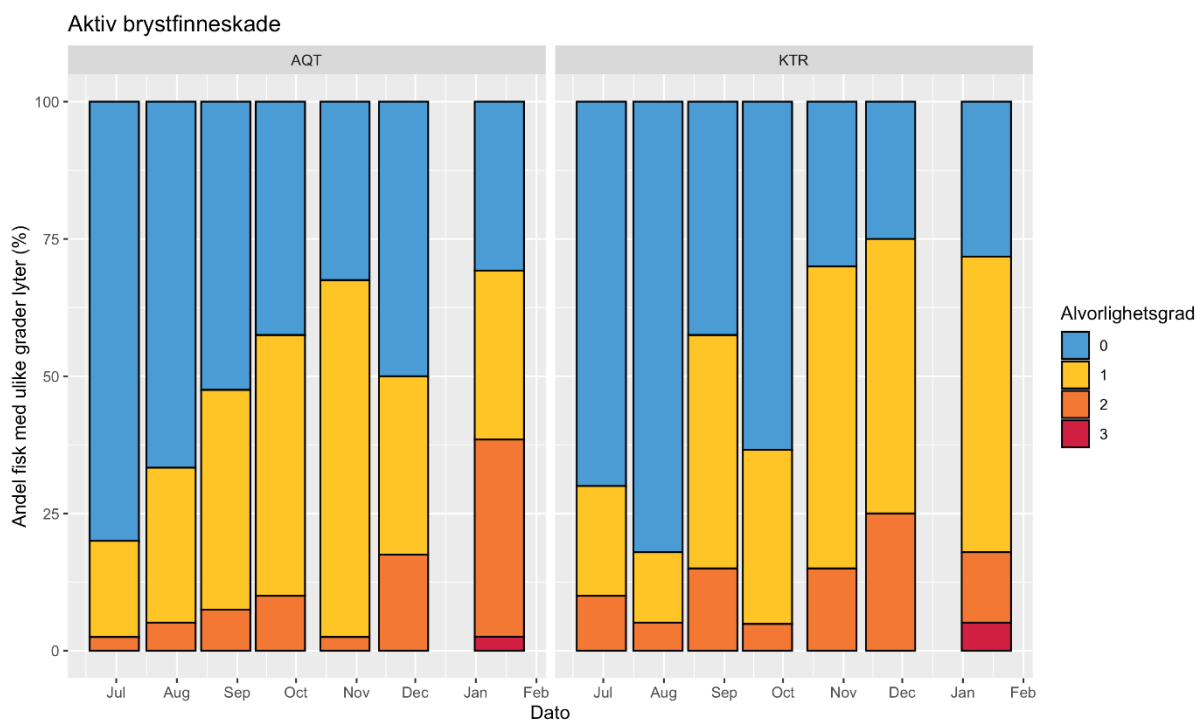
Figur 13.4: Kondisjonsfaktor hvor hver prikk representerer én fisk, trendlinje er indikert.



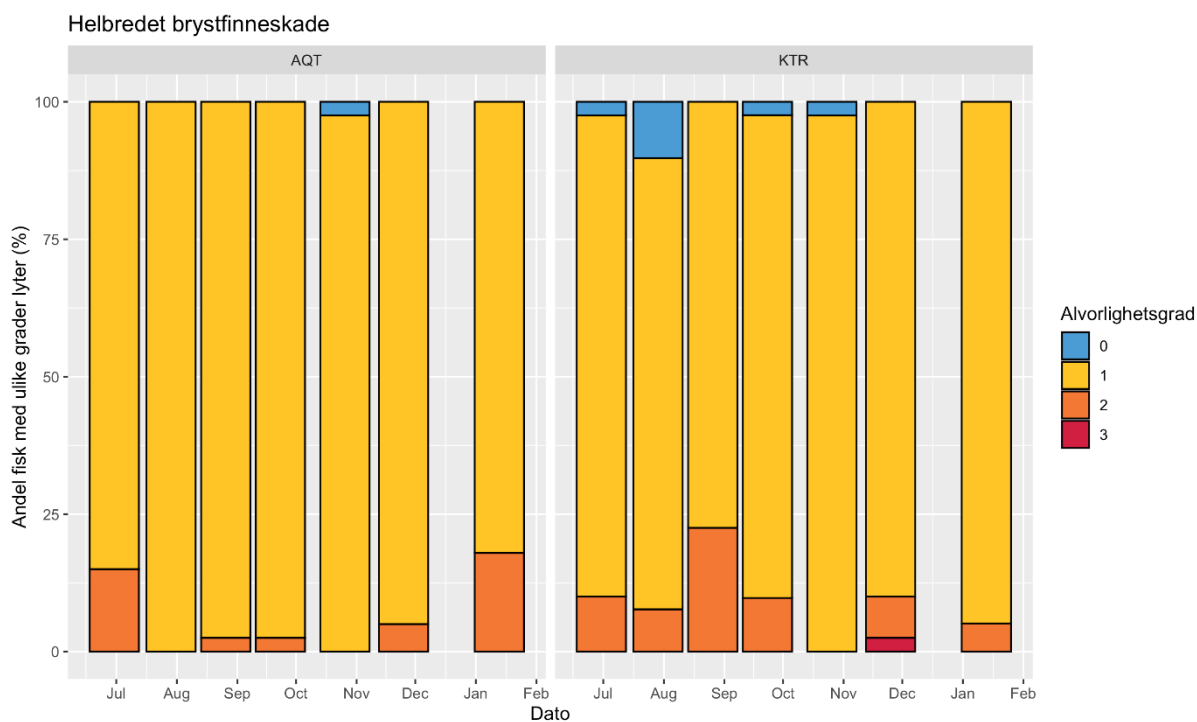
Figur 13.5: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for aktiv ryggfinneskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



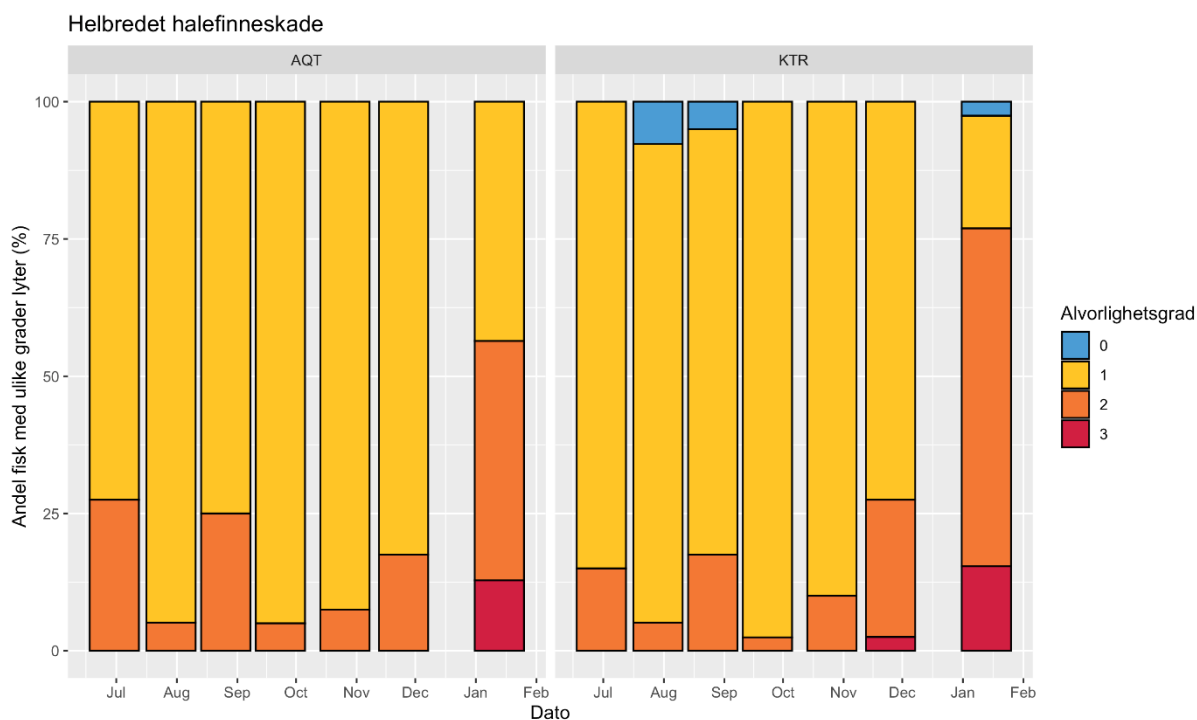
Figur 13.6: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for helbredet ryggfinneskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



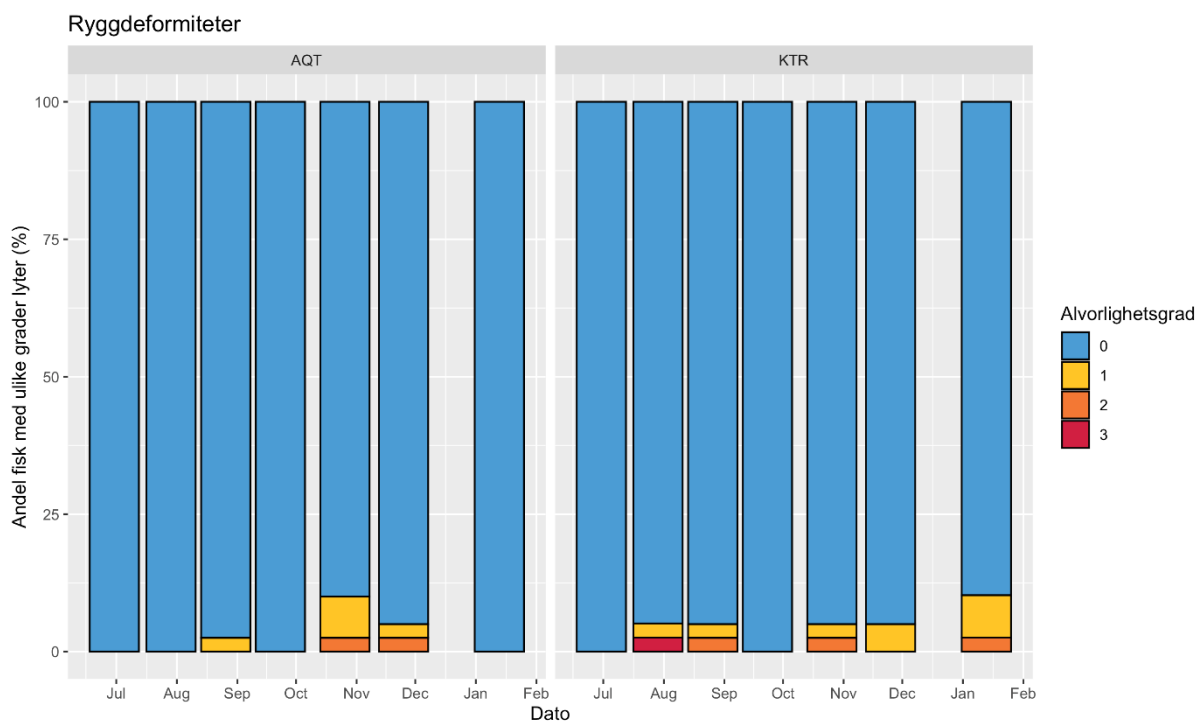
Figur 13.7: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for aktiv brystfinneskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



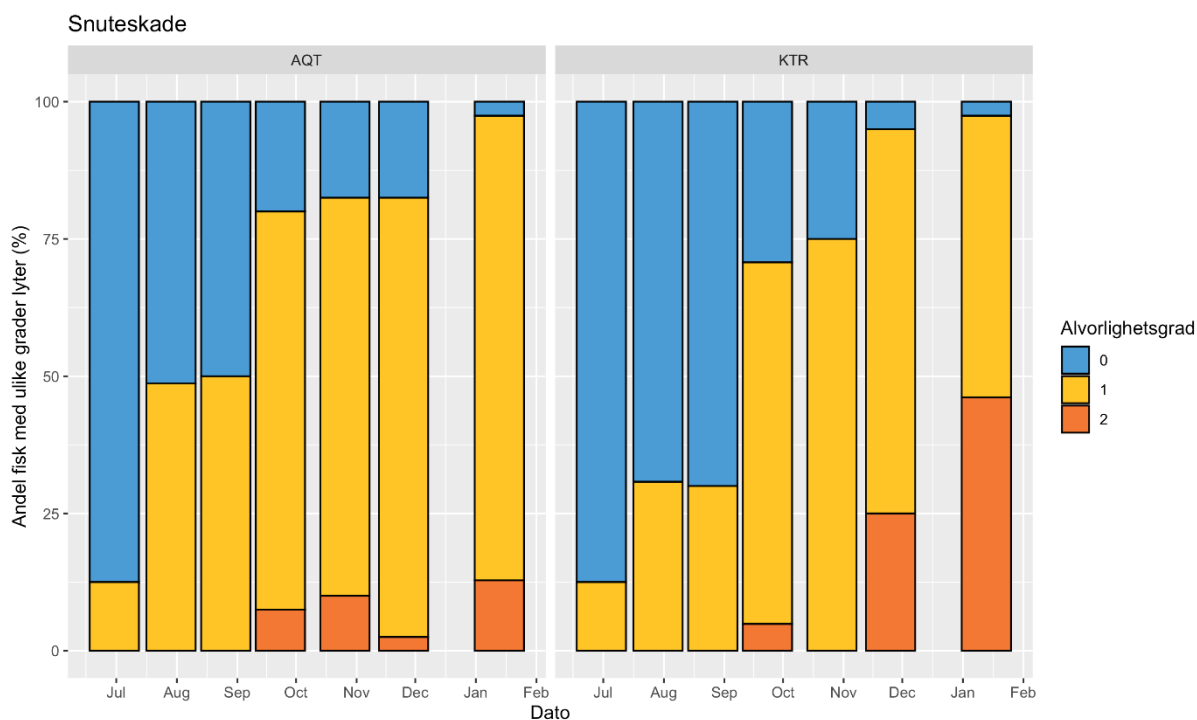
Figur 13.8: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for helbredet brystfinneskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



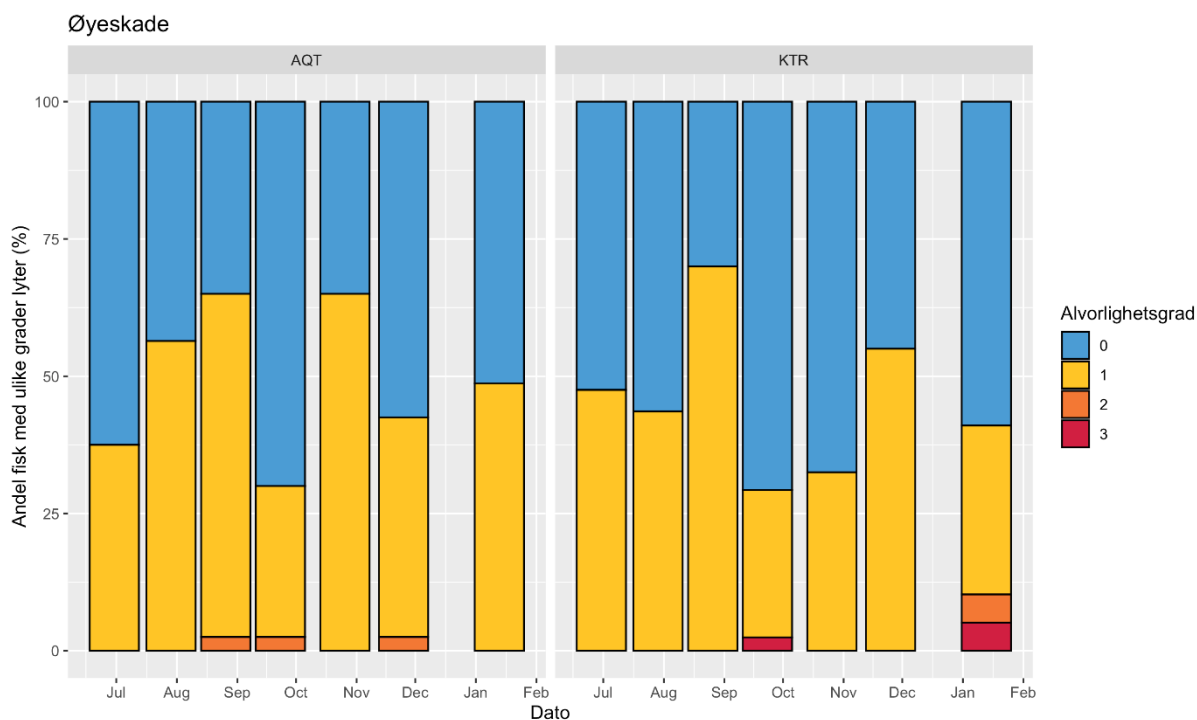
Figur 13.9: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for helbredet halefinneskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



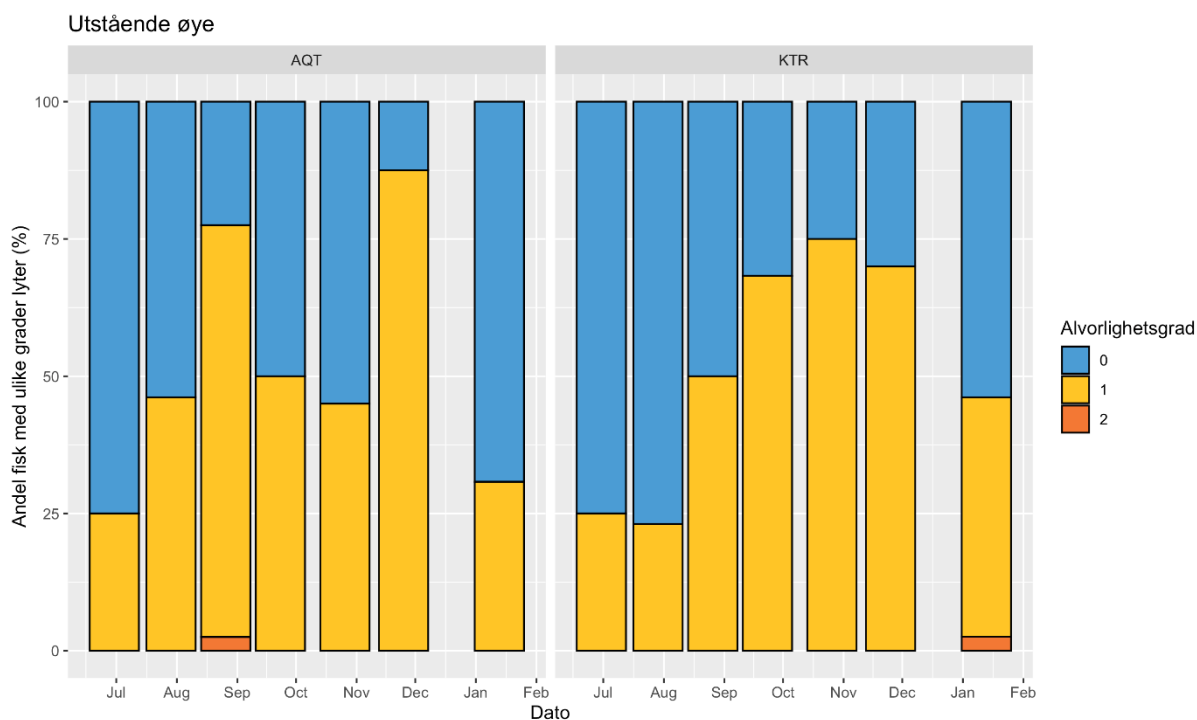
Figur 13.10: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for ryggdeformiteter på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



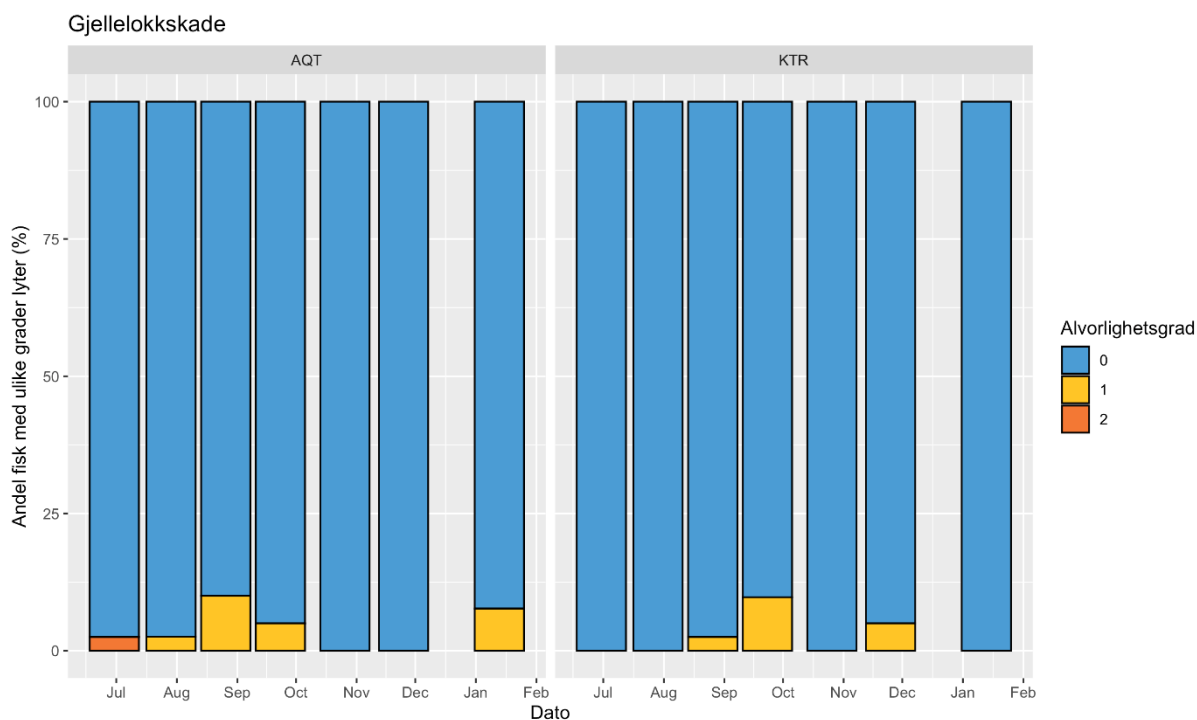
Figur 13.11: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for snuteskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



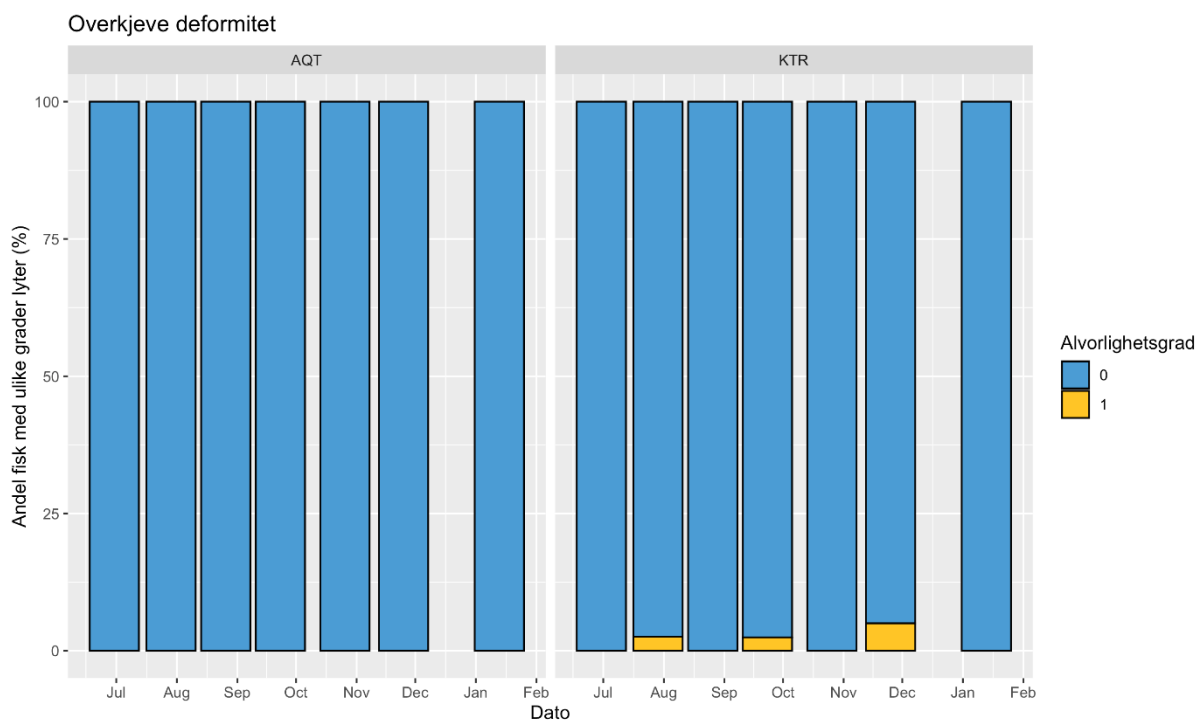
Figur 13.12: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for øyeskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



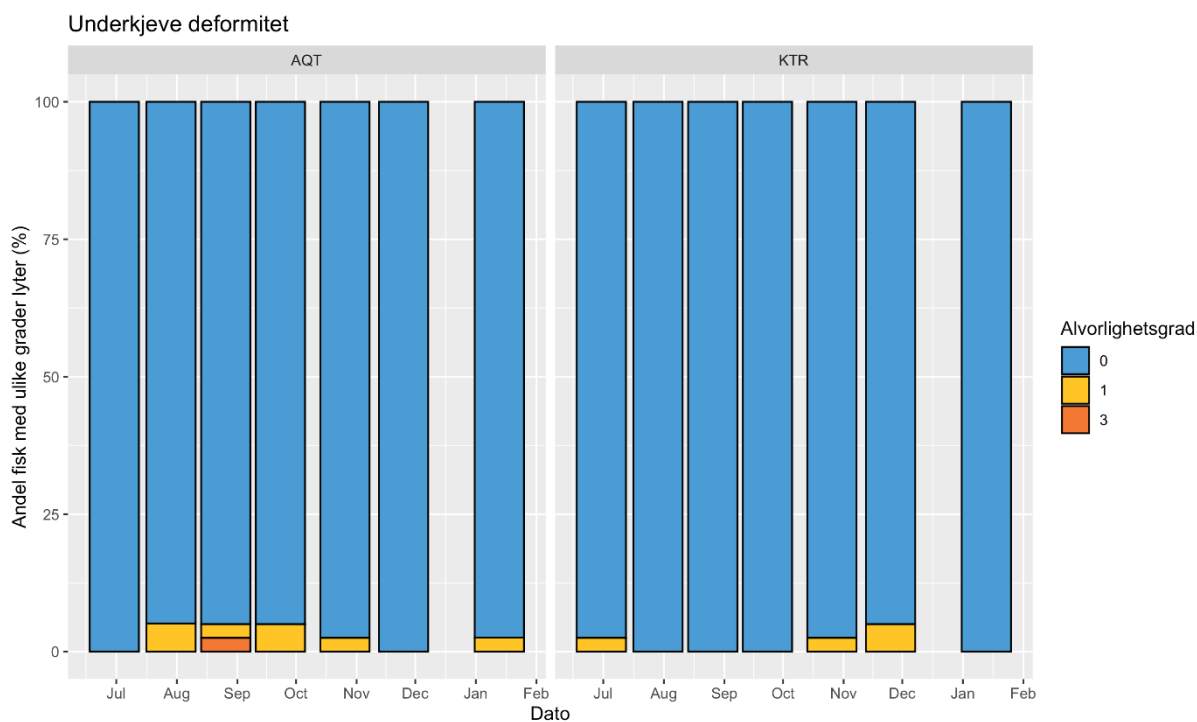
Figur 13.13: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for utstående øye på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



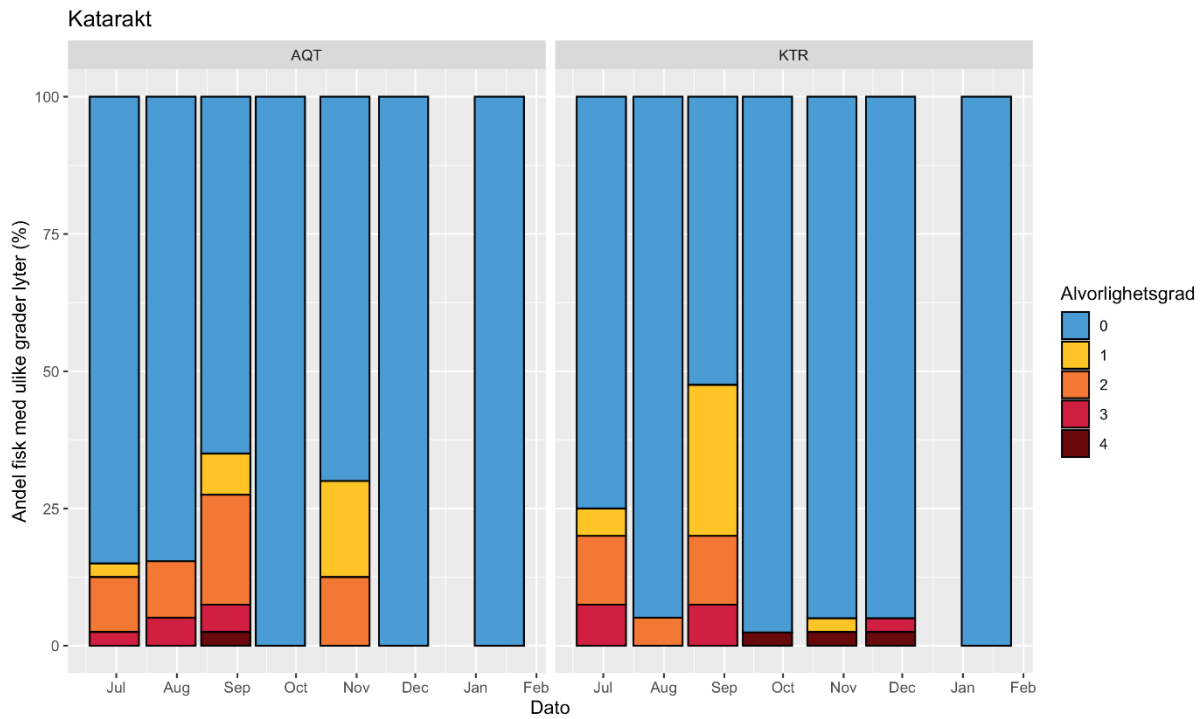
Figur 13.14: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for gjellelokkskade på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



Figur 13.15: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for overkjevedeformitet på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



Figur 13.16: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for underkjevedeformitet på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.



Figur 13.17: Andel fisk (%) med ulike score-verdier for katarakt på fisk fra AQT4 og KTR på alle undersøkelsesdatoer.