

SLUTTRAPPORT ARCTIC OFFSHORE FARMING

Juni 2025



Innhold

1	Sammendrag	1
2	Introduksjon	3
2.1	Om selskapet og historikken til prosjektet	3
2.2	Formelle forhold og eierskap	3
2.3	Om konseptet Arctic Offshore Farming	4
2.4	Lokaliteten Fellesholmen (40217)	5
2.5	Overordnede målsettinger og leveranser	6
3	Prosjektering, bygging og installasjon	7
3.1	Prosjektering og design	7
3.2	Bygging ved verft, transport og installasjon	8
3.3	Funksjonstesting på lokaliteten	11
4	Operasjonell drift	12
4.1	Planlegging av produksjonen	12
4.2	Kort om første produksjonsfase (2023G)	12
4.3	Kort om andre produksjonsfase (2024G)	13
4.4	Kort om værforhold under produksjonen	13
5	Biologi	16
5.1	Miljø, produksjon og fiskehelse gjennom første produksjonsfase	16
5.2	Adferd og fiskevelferd i AOF	19
5.3	Lus	26
6	Teknologi	29
6.1	Tekniske driftserfaringer merder og flåte	31
7	Operabilitet, arbeidsmiljø og sikkerhet	35
7.1	HMS	35
7.2	Behov for tilkomst under drift	35
7.3	Behov for endring av dypgang	37
8	Overordnet vurdering av AOF-prosjektet og videre planer	42
9	Vedlegg	44
9.1	Leverandørliste	44

1 Sammendrag

Regjeringen innførte i 2015 en midlertidig ordning med utviklingstillatelser, og åpnet for søknader over en periode på to år. Ordningen ble innført for å tilrettelegge for utvikling av teknologi som kunne bidra til å løse miljø- og arealutfordringer for akvakulturnæringen. Samtidig var det krav om at teknologien, kunnskapen og erfaringen som ble utviklet gjennom prosjektene skulle komme hele næringen til gode.

Utviklingstillatelsene kan konverteres til ordinære matfiskstillatelser etter endt prosjekt, forutsatt at kriteriene som er fastsatt for prosjektet er oppfylt.

Denne sluttrapporten omhandler utvikling, bygging og fullskala produksjon av laks i et sirkulært, halvt nedsenkbart oppdrettsanlegg basert på offshoreteknologi – Arctic Offshore Farming («AOF»). AOF fikk i 2018 tilsagn om utviklingskonsesjoner for totalt 5990 MTB for å gjennomføre konseptet. Sluttrapporten inngår som en sentral del av dokumentasjon og rapportering til Fiskeridirektoratet i henhold til tildelingskriteriene, herunder som grunnlag for at utviklingstillatelsene etter søknad skal kunne konverteres til ordinære matfiskstillatelser.

AOF er utviklet for å operere i tøffe værforhold på eksponerte lokaliteter, og har vært testet og driftet på lokaliteten Fellesholmen som ligger i Tromsø kommune. Lokaliteten har en signifikant bølgehøyde («Hs») på 6,7 m, og denne signifikante bølgehøyden var dimensjonerende for AOF. Tradisjonelle oppdrettsanlegg ligger i områder med signifikant bølgehøyde opp til 4 m.

Anlegget består av to nedsenkbare merder og en forflåte. AOF har to posisjoner; operasjonsdypgang (nedsenket) og servicedypgang (hevet). Anlegget heves/senkes ved ballastering/de-ballastering av stålkonstruksjonen. Når anlegget driftes nedsenket er toppen av notposen ca. 11 meter under havoverflaten, hvilket gir fisken god beskyttelse mot bølger og strøm. Fire luftlommer plassert langs innsiden av nedre del av stålkonstruksjonen sørger for at fisken får tilgang til luft for å fylle svømmeblæren når merden er nedsenket.

Dette prosjektet bidrar til å svare ut sentrale problemstillinger knyttet til den videre utvikling av lakseproduksjonen i Norge. Det er behov for å ta i bruk nye og mer eksponerte arealer langs kysten. Samtidig er lakselus den viktigste utfordringen i

lakseproduksjonen, og det er behov for løsninger som i større grad skjermer laksen fra lusen. AOF kombinerer lakseproduksjon på eksponerte lokaliteter med nedsenket drift, og en slik produksjon er nybrottsarbeid på vegne av hele næringen. Det er underveis i prosjektet gjort mange viktige erfaringer knyttet til teknologiutvikling, biologisk produksjon og drift på eksponerte lokaliteter.

De viktigste resultatene fra prosjektet er at den biologiske produksjonen av laks har vært god med godt produksjonsmiljø og lav dødelighet. Fisken har hatt god tilvekst og til dels bedre enn i overflatemerder, og den har tatt i bruk luftlommene for å etterfylle svømmeblæren. Operasjonene knyttet til heving og senking av merden har ikke påvirket laksen sin adferd og velferd negativt, og den ser også ut til å tolerere perioder med dårlig vær på den eksponerte lokaliteten på en god måte. Det er betydelig mindre behov for avlusing på fisken i AOF sammenlignet med andre lokaliteter i samme område, dette vurderes å være grunnet en kombinasjon av AOF sitt design med nedsenket drift og lokaliteten sin beliggenhet.

Prosjektet har også gitt nyttig erfaring med nye teknologiske løsninger for produksjon på eksponerte lokaliteter. Det er utviklet og tilpasset nye løsninger for distribusjon av fôr og undervannsføring, og det er tatt i bruk sensorikk og løsninger for fjernovervåking av fiskens adferd, velferd og helse.

Produksjonen på den eksponerte lokaliteten Fellesholmen har imidlertid gitt en del utfordringer knyttet til daglig drift og gjennomføring av operasjoner. Perioder med dårlig vær har gitt utfordringer med tilkomst for inspeksjoner, montering av utstyr og henting av slaktefisk med brønnbåt.

Disse utfordringene var håndterbare og fikk ikke vesentlige konsekvenser under første produksjonsfase. Under andre produksjonsfase ble det identifisert en mulig rømmingshendelse og mot slutten av produksjonen var lusenivået på lokaliteten over lusegrensen. I perioden januar til april vinteren 2025 førte røffe værforhold kombinert med begrensninger knyttet til operabilitet til at planlagt utslakting og tømning av lokaliteten måtte utsettes.

Erfaringene fra uttesting av AOF viser at laksen kan trives med kombinasjonen av dyp drift og

eksponerte lokaliteter, og den gir en god biologisk produksjon. Prosjektet har også identifisert flere læringspunkter knyttet til operasjonell drift på eksponerte lokaliteter. Disse erfaringene vil være verdifulle for næringens videre arbeid med å utvikle gode løsninger for lakseproduksjon på eksponerte lokaliteter.

2 Introduksjon

Denne sluttrapporten omhandler utvikling, bygging og fullskala produksjon av laks i et sirkulært, halvt nedsenkbart oppdrettsanlegg basert på offshoreteknologi – Arctic Offshore Farming («AOF»).

Konseptet ble utviklet innenfor ordningen med utviklingstillatelser, som var en midlertidig ordning med særtillatelser med en søknadsperiode som løp fra november 2015 til november 2017. Utviklingstillatelsene kunne tildeles prosjekter som bidro til å utvikle teknologi som kunne løse en eller flere av areal- og miljøutfordringene som akvakulturnæringen står overfor, og som innebar betydelig innovasjon og betydelige investeringer.

AOF er utviklet for oppdrett av laks i områder som er åpne mot hav og sjø, og for å redusere utfordringer med lus og risiko for rømming. AOF fikk 8. mars 2018 tilsagn om totalt 5990 maksimal tillatt biomasse for å gjennomføre konseptet, bestående av to nedsenkbare offshore-merder som opereres ut fra en felles flåte.

2.1 Om selskapet og historikken til prosjektet

Lakseoppdrettsselskapet Norway Royal Salmon ASA («NRS») og det industrielle investeringsselskapet Aker ASA («Aker») søkte 18. mars 2016 om 15 tillatelser til akvakultur av laks, ørret og regnbueørret, for utvikling av halvt nedsenkbart offshoreanlegg i Troms/Finnmark, benevnt «Arctic Offshore Farming» («AOF»).

Konseptet AOF ble utviklet basert på biologisk ekspertise og operasjonell erfaring hos NRS, samt teknisk, marin, industriell og annen relevant

ekspertise hos Aker Solutions ASA («AKSO») og andre sentrale underleverandører, herunder tredjeparts verifiseringsselskaper. AKSO har bidratt med kompetanse innen offshore-konstruksjoner og benyttet erfaringer fra tidligere leveranser av halvt nedsenkbare konstruksjoner for bruk offshore, inkludert beregning og prosjektering av teknologien knyttet til prosjektet.

Fiskeridirektoratet fattet 8. mars 2018 vedtak i sak 16/4024 vedrørende de omsøkte tillatelsene, hvor NRS og Aker i fellesskap ble gitt tilsagn om utviklingstillatelser på totalt 5.990 tonn maksimalt tillatt biomasse, fordelt på syv tillatelser á 780 tonn og én tillatelse á 530 tonn. Tillatelsene ble gitt med varighet på syv år fra lokalitet ble klarert og tillatelsesdokument utstedt.

Se tidslinje for prosjektet i Figur 1.

2.2 Formelle forhold og eierskap

Etter at tilsagn om utviklingstillatelse for AOF ble gitt til de to selskapene i mars 2018, ble NRS og Aker enige om at prosjektet med å utvikle AOF skulle eies av NRS i sin helhet. Aker med tilknyttede selskaper skulle fortsette sin rolle som samarbeidspart og leverandør.

Selskapet Arctic Offshore Farming AS, org. nr. 921 634 056, ble stiftet med NRS som stifter og eier av 100 % av aksjene 1. august 2018. Ved stiftelsen



Figur 1: Overordnet tidslinje for prosjektet.

Hoveddimensjoner og nøkkeltall for konseptet Arctic Offshore Farming

Høyde, diameter og notvolum	78,5 m, 78 m, 280 000 m ³ (2x 140 000 m ³)
Signifikant bølge høyde (Hs)	6,7 m
Vekt	7 200 tonn (2x 3 600)
Type konstruksjon	Semi-nedsenkbar flytende enhet
Antall enheter	To produksjonseenheter og en fôrflåte
Nettstruktur	Dobbel not nedsenket til -11 meter og ned
Operabilitet	Nedsenket -11 meter under daglig drift og hevet opp for håndtering og uttak av fisk. Mulig å operere fra land.
Areal luftlommer	360 m ² som utgjør ca. 10% av overflate arealet for laksen. Dette er fordelt på 4 luftlommer.
Designlevetid flytekrage og fortøyningslinjer	20 år

ble alle rettigheter og forpliktelser knyttet til AOF overført til selskapet. NRS, inkludert alle datterselskaper, ble senere kjøpt opp av SalMar ASA, der selskapet NRS ble innfusjonert i SalMar ASA med vedtak 30. juni 2022 og endelig gjennomføring 7. november 2022. NRS ble som følge av fusjonen slettet og eierskapet til datterselskapet Arctic Offshore Farming AS ble overført til SalMar ASA.

Datterselskapet Arctic Offshore Farming AS ble som ledd i en konsernintern reorganisering overdratt til SalMar Aker Ocean AS (SAO) 29. november 2023, og inngikk deretter som heleid

datterselskap i konsernet SAO, som igjen var et underkonsern av SalMar ASA, der SalMar ASA eide 85 % av SAO og Aker Capital AS de resterende 15 %. 6. mars 2025 kjøpte SalMar ASA de resterende 15 % av aksjene i SAO og skiftet samtidig navn på selskapet til SalMar Ocean AS.

2.3 Om konseptet Arctic Offshore Farming

Arctic Offshore Farming (AOF) er utviklet for å operere i tøffe værforhold på eksponerte lokaliteter. Anlegget består av to nedsenkbare merder (se Figur 2) og en fôrflåte. Merdene består av en halvt nedsenkbar stålkonstruksjon med dobbel notpose (ytternot og innernot). To ringpingtonger ovenfor



Figur 2: AOF i servicedypgang på lokaliteten.

hverandre med søyler mellom utgjør flytekragen. Når anlegget driftes nedsenket er topp av notpose ca. 11 meter under havoverflaten, hvilket gir god beskyttelse mot bølger og strøm. Som en del av konstruksjonen er det montert fire luftlommer langs innsiden av nedre flytering. Dette sørger for at fisken kan fylle svømmeblæren selv om merden er nedsenket. Ettersom notsystemet er nedsenket under normal drift så svømmer ikke fisken opp i vannoverflaten, og sannsynlighet for påslag av lakselus reduseres derfor i betydelig grad. Transport av fôr, strøm, kommunikasjon, luft og dødfisk gjøres gjennom en undervannsslange til hver enhet.

Fôrflåten er levert med vannbårent føringssystem som betyr at fôret transporteres fra flåte til merd via undervannsslanger og vanntrykk. Avansert sensor- og overvåkningsteknologi benyttes for kontinuerlig overvåkning av miljøforhold som temperatur, oksygennivå og vannkvalitet. Dette bidrar til å sikre gode forhold for fisken og bedre fiskevelferd.

I uttestingsperioden har AOF vært testet på en lokalitet med signifikant bølgehøyde (Hs) på 6,7 m, noe som er mer eksponert enn andre lokaliteter som er i bruk i dag. Dette viser at AOF har potensiale til å bidra å løse næringens arealutfordringer gjennom å ta i bruk mer eksponerte lokaliteter.

2.4 Lokaliteten Fellesholmen (40217)

Arctic Offshore Farming er installert på lokaliteten Fellesholmen (40217) i Tromsø kommune (se Figur

3 og Figur 4). Lokaliteten ligger eksponert mot åpent hav nordvest for Fellesholmen, med dimensjonerende signifikant bølgehøyde (Hs) på 6,7 m og dimensjonerende strømhastighet på 76 cm/s. De største bølgene på lokaliteten kommer fra nordvest, mens den sterkeste strømmen går mot nordøst. Vanndypet i området er 100-120 meter og bunnen er forholdsvis flat.

Det er få oppdrettslokaliteter i nærheten av Fellesholmen. De tre nærmeste lokalitetene er Småvær (35337 – driftes av SalMar), Vengsøy (35838 – driftes av Sjørelv Fiskeoppdrett) og Sessøya (30877 – driftes av Lerøy Aurora), henholdsvis 9,6 km, 12,0 km og 14,5 km fra Fellesholmen i luftlinje.



Figur 4: Kart over lokaliteten Fellesholmen og de nærmeste oppdrettslokalitetene.



Figur 3: En av merdene, fôrflåten og et servicefartøy på lokaliteten Fellesholmen.

2.5 Overordnede målsettinger og leveranser

I henhold til de særskilte tildelingsvilkårene for utviklingstillatelser skulle tildeling skje til prosjekter som kunne bidra til å utvikle teknologi som innebar betydelig innovasjon og betydelige investeringer.

Kunnskap og praktisk erfaring skulle bidra til å utvikle teknologi som kunne bidra til å løse en eller flere av areal- eller miljøutfordringene som akvakulturnæringen står overfor.

Det var sentralt at prosjektene utviklet konsept som skilte seg vesentlig fra teknologi som var i alminnelig kommersiell bruk, og at de skulle dokumenteres på en metodisk forsvarlig måte. Erfaringene og kunnskapen fra prosjektene skulle deles slik at den kommer hele næringen til gode.

Fiskeridirektoratet la i sitt tilsagn til AOF særlig vekt på målet om å utvikle et konsept for eksponerte forhold. Uttesting på en tilstrekkelig eksponert lokalitet var en viktig del av vurderingen fordi erfaringene fra prosjektet kan bidra til målet om at akvakulturnæringen kan ta nye arealer i bruk.

Muligheten for kontinuerlig nedsenket drift var en annen viktig faktor, da dette kan bidra til å skjerme laksen for ekstern lusesmitte. Slik kan prosjektet bidra til å redusere en av næringens viktige miljøutfordringer. Utformingen av luftflatene i AOF skiller seg også vesentlig fra tidligere løsninger testet under nedsenket produksjon av laks.

Konstruksjonen har en utforming som sikrer at merdens fasong og notvolum opprettholdes ved store bølger og sterk strøm. Dette er med på å ivareta fiskevelferden, og dette momentet ble vurdert som positivt med prosjektet.

Når det gjaldt bidrag til å redusere risiko for rømming vurderte Fiskeridirektoratet at neddykking av not kunne bidra til å redusere faren for rømming, men at dette sammen med dobbeltnotkonseptet

ikke var tilstrekkelig til at prosjektet bidro til økt rømmingssikring. Designvalget med tredelt inngjerding av fisken ved hjelp av not, innside av nedre pontongvegg og nottak ble vurdert som positivt da slanger kan føres gjennom den nedre pontongens sideflate uten at det lages sårbare penetrasjoner i notposen.

Med bakgrunn i selskapets intensjoner og Fiskeridirektoratets vurdering har de overordnede målsettinger for AOF vært:

1. Utvikling og uttesting av et nytt konsept for lakseproduksjon på eksponerte lokaliteter, med mål om å skaffe kunnskap og erfaring fra drift under krevende værforhold.
2. Konseptet skal kunne senkes ned og holdes nedsenket for å skjerme laksen fra lusa. Laksen skal få tilgang til luft under nedsenket drift fra et nyutviklet system for luftlommer. Prosjektet vil bidra til nyttige erfaringer med nedsenket produksjon av laks og bidra til å redusere næringens miljøutfordringer.
3. Prosjektet skal overvåke og sikre fiskevelferden under uttesting av AOF, og bidra til mer kunnskap og erfaring med laksens adferd og velferd under nedsenket drift på eksponerte lokaliteter.
4. Prosjektet skal i samarbeid med leverandører bidra til å utvikle nye teknologiske løsninger for produksjon av laks på eksponerte lokaliteter.
5. Kunnskap og erfaringer skal tilgjengeliggjøres og deles med næringen og andre interessenter.

For å sikre god fremdrift og dokumentasjon fra prosjektet fastsatte Fiskeridirektoratet i dialog med søker en rekke målkriterier med tilhørende leveranser fra prosjektet, som presenteres i blå bokser fremover.

Målkriterie 1 – Prosjektinformasjon

1.1 Informasjonsdeling: Prosjektet skal utarbeide en hensiktsmessig plattform for deling av kunnskap og erfaringer som spesifisert under aktuelle målkriterier.

Nettside (<https://www.arcticoffshorefarming.no/>) for prosjektet ble opprettet i oktober 2018.

1.2 Fakta om prosjektet: Prosjektet skal så snart prosjekteringen er ferdigstilt utarbeide et fakta-ark med nøkkelinformasjon om prosjektet som for eksempel hoveddimensjoner, funksjonalitet og leverandører.

Faktaark med nøkkelinformasjon ble oversendt Fiskeridirektoratet 24.09.2019 og er tilgjengelig på både Fiskeridirektoratets og prosjektets nettside.

3 Prosjektering, bygging og installasjon

Overordnet tidslinje for fasene fra konseptutvikling og frem til installasjon på lokaliteten er gitt i Figur 5.

3.1 Prosjektering og design

Tidlig i utviklingsløpet ble følgende funksjonskrav valgt for AOF:

- Egnert for eksponert havbruk, med signifikant bølgehøyde (Hs) i området 5 til 15 m for å kunne ta i bruk nye arealer med større bølgeeksponering enn hva konvensjonelle oppdrettsanlegg tålte. Fiskeridirektoratet satt i tilsagnsbrevet krav til at lokalitet for AOF måtte ha Hs større enn eller lik 6,5 m for at AOF skulle bidra til å løse arealutfordringer næringen står overfor. Lokaliteten Fellesholmen tilfredsstiller dette kravet til Hs og denne signifikante bølgehøyden ble derfor dimensjonerende for AOF. Videre skulle AOF ha et basisdesign som var så robust som mulig opp mot Hs lik 15 m.
- Egnert for nedsenket drift for å redusere utfordringer med lakselus, redusere miljøkrefter på utstyr i krevende bølgeforhold og beholde notvolum i ekstreme sjøtilstander.
- Satellitter rundt en felles fôrings- og serviceenhet. Dette for å unngå å ha for stort antall fisk i samme enhet pga. sykdomsrisiko og for å sikre god vannkvalitet.
- Optimalisert daglig drift gjennom gode løsninger for fôring, dødfiskhåndtering, lasting og lossing, høyest mulig grad av fjerndrift og spesiell oppmerksomhet rundt anleggets utforming og arbeidsoperasjoner med tanke på HMS/K.

Basert på funksjonskravene ble det designet et anlegg med en halvt nedsenkbar og stiv stålkonstruksjon for kontinuerlig nedsenket drift. Det ble vektlagt bruk av godt utviklet og uttestet system for undervannsfôring, samt utvikling av luftlommer for å gi fisken mulighet til å justere svømmeblære.



Figur 6: Skjermdump fra video fra modellforsøk i 2018.

Målkriterie 2 – Prosjektering

2.1 Designverifikasjon: Det skal utføres en designverifikasjon av konseptet av tredjepart for å sikre at anlegget er designet i henhold til regler og standarder som beskrevet i Design Basis. Verifikasjonen skal baseres på gjennomgang av designrapporter, tegninger, uavhengige beregninger, alt etter hva som er hensiktsmessig vurdert ut ifra kvalitative risikovurderinger og dialog med tredjepart. Tredjepart skal ha nødvendig kompetanse og erfaring til å utføre verifikasjon av konseptet.

Tredjepartsverifikasjon av design ble utført i henhold til Målkriterie 2.1 og oversendt Fiskeridirektoratet 29.05.2020.

2.2 Modelltest: Det skal gjennomføres hydrodynamiske modelltester i basseng for å korrelere analyser, bestemme hydrodynamiske koeffisienter og eventuelt avdekke dynamiske effekter som ikke har fremkommet i analysene. Parameterstudier f.eks. for luftlomme vil bli vurdert. Det skal utarbeides en spesifisering for modelltestene og gjøres en korrelasjon av analysemodell basert på resultatene.

Modellforsøk ble gjennomført i juni 2018. Rapporter fra modellforsøkene ble oversendt Fiskeridirektoratet (15.04.2019) og en video (se Figur 6 og Figur 7) fra forsøkene ble publisert på prosjektets nettside i henhold til Målkriterie 2.2.



Figur 5: Tidslinje for prosjektering, bygging og installasjon.

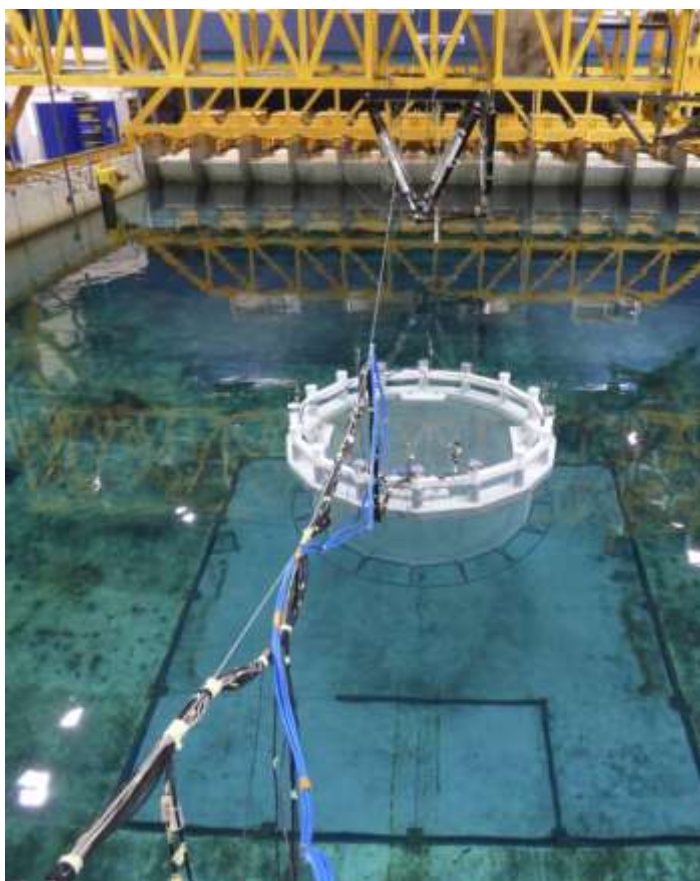
Målkriterie 3 – Konstruksjon

3.1 Konstruksjon av anlegget: Konstruksjon av anlegget skal følges opp av tredjepart for å sikre at anlegget bygges i henhold til gjeldende regelverk og standarder som beskrevet i designbasisen. Tredjepart skal ha relevant kompetanse.

Tredjepartsverifikasjon av fabrikasjon og konstruksjon ble utført i henhold til Målkriterie 3.1 og dokumentasjon ble oversendt Fiskeridirektoratet 23.06.2022.

3.2 Sertifikater og dokumentasjon: Produsenten av anlegget skal ved ferdigstilling utstede et verftssertifikat for anlegget samt vedlegge produktsertifiseringsbevis/ produktsertifikat på alle komponenter hvor det kreves i henhold til NYTEK-forskriften kapittel 4. Tredjepart skal ved ferdigstilling av anlegget utstede en bekreftelse på at anlegget er bygget og testet i henhold til verifiserte tegninger, gjeldende regelverk og standarder.

Arctic Offshore Farming AS bestemte seg for å være produsent av merdene selv, i stedet for å sette det ut til byggeverftet eller en hovedleverandør. I samråd med Fiskeridirektoratet ble det avgjort at verftssertifikat som spesifisert i Målkriterie 3.2 ikke var nødvendig. Bekreftelse på at anlegget er bygget og testet i henhold til verifiserte tegninger, gjeldende regelverk og standarder ble sendt Fiskeridirektoratet i flere omganger (10.01.2020, 11.02.2022 og 23.06.2022).



Figur 7: Hydrodynamiske forsøk i modellskala.

3.2 Bygging ved verft, transport og installasjon

Hovedkontrakten for merdene ble satt til norsk verft med prefabrikasjon av halvdelar av merdene ved deres underavdeling i Emden, Tyskland. Halve merder ble så transportert på lekter til Verdal, hvor merdene ble sammenstilt til hele flytekrager og utrustet med oppdrettsutstyr (Figur 8, Figur 9 og Figur 10).

De ferdige merdene ble så flyttet over på lektere og sjøsatt i Trondheimsfjorden (Figur 11) høsten 2021. Merdene ble slept fra Trondheimsfjorden til lokaliteten Fellesholmen utenfor Kvaløya i Tromsø kommune.

I desember 2021 var flåte og merder ferdig installert, fortøyd og sammenkoblet på lokaliteten og anleggssertifikat ble utstedt 10. desember 2021. Dette var 10-12 måneder etter opprinnelig plan, hovedsakelig forårsaket av Covid-19 pandemien. Pandemien inntrådte i februar/mars 2020 og førte til både stans og store forsinkelser blant annet i prefabrikasjon i Tyskland og i sammenstilling i Verdal. Dette vedvarte frem til det ble lettelse i smittevernstiltakene sommeren 2021.



Figur 8: Transport av en halvdel av en merd på lekter fra Emden.



Figur 9: Sammenstilling til hel merd ved verft på Verdal.

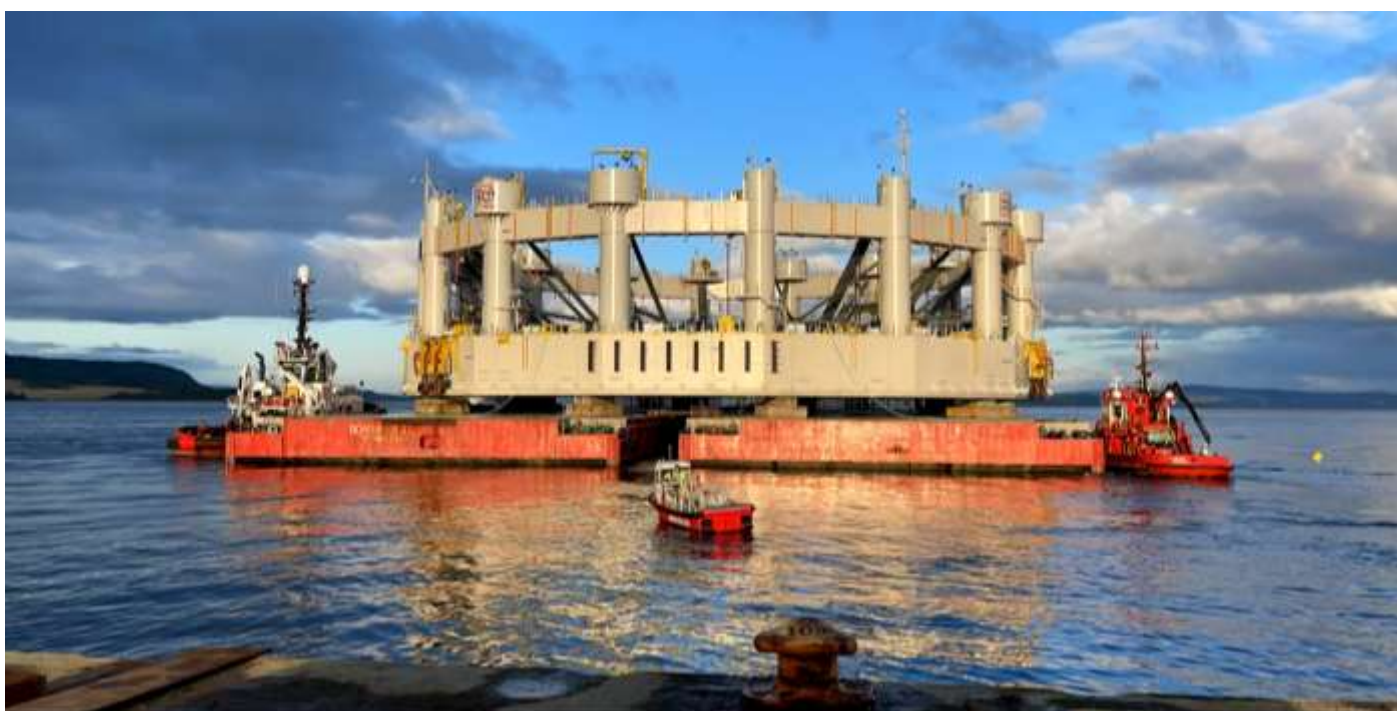
Målkriterie 4 – Installasjon

4.1 Transport til lokalitet: Metode og arrangement for transport fra produsent/sammenstillingssted til lokalitet og installasjon skal godkjennes av kvalifisert tredjepart (f.eks. Marine Warranty Surveyor).

Plan for transport og installasjon ble oversendt Fiskeridirektoratet 30.11.2021 i henhold til Målkriterie 4.1. En kvalifisert Marine Warranty Surveyor fra tredjepart overvåket alle transporter, sjøsettinger, slep og marine operasjoner, inkludert sammenkobling og fortøyninger.



Figur 10: Utrusting av merd ved verft på Verdal.



Figur 11: Merd A ble sjøsatt i Trondheimsfjorden 3. september og merd B den 11. november 2021. Merdene ble lastet ut på sammenkoblet nedsenkbare lektere før disse ble slept ut i Trondheimsfjorden og senket ned, slik at merdene kunne flytes av.

3.3 Funksjonstesting på lokaliteten

AOF er designet for nye og tilpassede driftsoperasjoner sammenlignet med konvensjonelle merder. Både ukjent utstyr, nye kombinasjoner av utstyr og endrede driftsoperasjoner tilsier nøyte risikovurderinger for HMS, utstyr og fisk. Følgende større og kritiske funksjonstester ble gjennomført før fisk ble satt ut:

- Forankring av merder og fôrflåte
- Ballastsystem
- Lensepumpe-, lekkasjedeteksjons-, lufttrykks- og ventilasjonssystem
- Fôringssystem, inkludert undervannsslang
- Vinsjer, system for løfting av bunnring
- Notsystem
- Navigasjonssystem
- Kontrollsystem og strømtilførsel
- Kobling mot brønnbåt

Noen av testene ble gjennomført før installasjon på lokaliteten og andre i etterkant.

3.3.1 Overlevering fra design- og byggefase til driftsfase

Før installasjonen ble prosedyrer for sammenstilling, testing og marine operasjoner utarbeidet og grundig gjennomgått av aktørene involvert i operasjonen for å sikre at gjennomføringen var både sikker og effektiv. Personell med omfattende erfaring fra prosjektets design- og byggefase deltok for å sikre tilstrekkelig ekspertise frem til driftsfasen. Driftspersonell var involvert i sluttfasen av byggeprosessen, slik at de kunne bli godt kjent med prosjektet og produktet mens det fortsatt var på land, før installasjon på lokaliteten og igangsettelse av drift. Dette bidro til å redusere risiko for skader på både mennesker og utstyr, samt faren for rømming av fisk når anlegget senere ble tatt i bruk. Anlegget ble operert som om det inneholdt fisk gjennom 2022, mens

Målkriterie 5 – Funksjonstesting

5.1 Funksjonstesting av merd: Før merd tas i bruk med fisk skal funksjonstesting av anlegget uten fisk være gjennomført i henhold til forhåndsdefinert testplan.

Rapport som beskriver funksjonstesting er levert til Fiskeridirektoratet (06.06.2023) og offentliggjort på Fiskeridirektoratets nettside.

optimaliseringer og forbedringer ble utført frem til første utsett av fisk i 2023.

3.3.2 Modifikasjoner og læringspunkter fra testing uten fisk

Gjennom perioden med uttesting uten fisk ble det utført enkelte forbedringer og tilpasninger. For ytternot ble innfestingssystemet endret, stavtauoppsettet utbedret og deler av not rett under flytekrage skiftet til annen type notmateriale. Strømtilførsel med lysstyring og generatorer ble finjustert, kraner ble montert og overføringssystemer for fisk ble etablert. Ballastsystemet ble endret noe i forhold til ventilering og det ble foretatt oppgraderinger av deler av de elektriske og mekaniske systemene.

I perioden fikk AOF erfare kraftige stormer der det ble satt operasjonelle begrensninger i forhold til av- og påstigning av merder og flåte. Organisasjonen fikk også erfaring med hvordan utstyret fungerte i dårlig vær, samt viktigheten av å planlegge i forkant av dårlige værmeldinger.

Læringspunktene fra installasjon og testperiode for merd A ble loggført fortløpende og gjennomgått systematisk slik at læring kunne iverksettes som forbedring allerede for merd B.

Målkriterie 6 – Anleggssertifikat

6.1 Anleggssertifikat: Før anlegget kan brukes til akvakultur skal det foreligge et anleggssertifikat i henhold til NYTEK-forskriften kapittel 7.

Arctic Offshore Farming AS utstedte produktsertifikater for merdene og fortøyningssystemene, mens flåteleverandøren utstedte produktsertifikater for fôr- og serviceflåten. Notleverandør utstedte produktsertifikat for not. Deler av nota ble sydd på under installasjon, så endelig godkjent produktsertifikat ble utstedt etter at nota ble ferdig installert på lokaliteten. Akkreditert tredjepartsselskap har utstedt anleggssertifikat (første versjon datert 10. desember 2021, sist oppdatert 29. desember 2023) for AOF basert på produktsertifikatene, oppfølging, dokumentasjon og inspeksjon gjennom hele prosjektet, samt sluttinspeksjoner på lokaliteten gjennom test- og igangkjøringsfase med klargjøring for drift og utsett av fisk.

4 Operasjonell drift

4.1 Planlegging av produksjonen

Det ble laget en detaljert plan for oppfølging gjennom første og andre produksjonsfase, ved at det ble utarbeidet et måleprogram for biologi, teknologi, operabilitet, arbeidsmiljø og sikkerhet under drift. Målsetningen var å dokumentere fullskala uttesting av AOF-konseptet for å samle og dele kunnskap og erfaringer fra nedsenket produksjon av laks på eksponerte lokaliteter.

De spesielle miljøforholdene som tilbys laksen gjennom nedsenket drift på eksponerte lokaliteter er nye for næringen, og det var derfor viktig å fremskaffe gode data fra det fysiske levmiljøet til fisken. Det var også sentralt å følge den biologiske utviklingen og veksten til laksen gjennom å samle relevante produksjonsdata, samt å overvåke adferden til fisken for å fange opp tegn på redusert fiskevelferd. I og med at konseptet hadde nyutviklede løsninger for lufttilgang for laks under nedsenket drift var det viktig å dokumentere at fisken opprettholdt normal svømmeblærefunksjon. I tillegg var det avgjørende å samle data for å evaluere om denne typen drift gir mindre utfordringer med lus sammenlignet med tradisjonell merdbasert produksjon av laks.

Produksjonen i konseptet Arctic Offshore Farming involverer mange nye teknologiske løsninger i kombinasjon med mer kjent teknologi. Teknologien skal dekke ulike funksjoner, og disse ble testet og gjennomgått under funksjonstesting som beskrevet over. I tillegg er det sentralt at teknologien fungerer som tiltenkt under ordinær drift med fisk. Særlig var det viktig at systemer knyttet til daglig røkt hadde god funksjonalitet, og at selve merdkonstruksjonen og merdsystemet kunne opereres som planlagt for gjennomføring av ulike typer operasjoner under full produksjon.

Praktisk gjennomføring av daglige driftsrutiner og ulike typer operasjoner er gjerne mer utfordrende på eksponerte lokaliteter. I tillegg gjør nedsenket drift det vanskeligere å få direkte tilgang til fisken. Måleprogrammet ble derfor designet for å hente inn data knyttet til tilkomst til merden under ulike værforhold, behov for heving og senking av merden, og behov for å komme til med eksternt utstyr underveis i produksjonen. I tillegg var det viktig å samle gode data omkring arbeidsmiljø og sikkerhet for ansatte samt for eksterne leverandører som arbeidet på anlegget.

Målkriterie 7 – Driftsplanlegging

7.1 Måleparametere: *Prosjektet skal senest 3 måneder før utsett av fisk i anlegget fremlegge et program for å kunne dokumentere resultater i driftsfasen. Programmet skal beskrive hvilke målinger og parametere som vil inngå og hvordan disse data vil lagres og kunne bearbeides videre.*

Det ble utarbeidet et program for innhenting av data for å dokumentere resultater fra driftsfasen i henhold til Målkriterie 7.1. Programmet ble samlet i et dokument kalt Måleprogram – Arctic Offshore Farming, og beskriver i detalj hvilke målinger og parametere som skal utføres og hvordan data skal lagres og analyseres. Måleprogrammet ble oversendt Fiskeridirektoratet og godkjent 15.05.2020. Måleprogrammet ble senere revidert frem mot utsett av fisk, og den endelige versjonen har dato 18.08.2023. Disposisjon for måleprogrammet er tilgjengelig via nettsiden til Arctic Offshore Farming ([Måleprogram](#)).

Målkriterie 8 – Driftsplanlegging

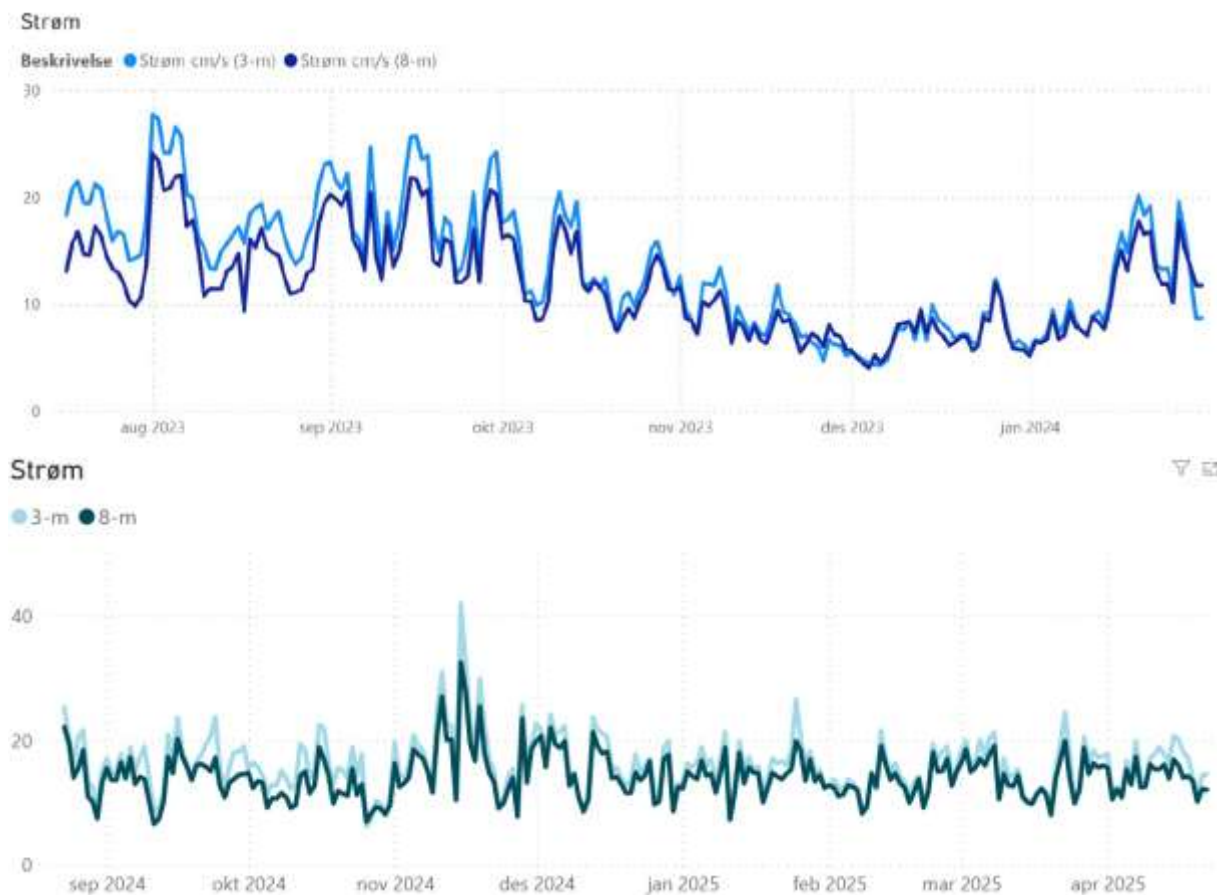
8.1 Produksjonssyklus: *Prosjektet skal dokumentere alle produksjonssykluser i anlegget fra utsett til slakt i prosjektperioden. Produksjonen skal dokumenteres i henhold til avtalt måleprogram (Målkriterie 7.1)*

Utviklingsprosjektet tester ut en ny oppdrettskonstruksjon med tilhørende utstyrsteknologi for å frembringe kunnskap og erfaringer om drift på værharde lokasjoner med nedsenket drift. Kunnskap fra uttesting skal komme hele akvakulturnæringen til gode.

Denne sluttrapporten oppsummerer resultater fra måleprogrammene. Det er utarbeidet og publisert tre sammendrags-rapporter, en for første og to for siste produksjonssyklus. Sammendragsrapportene er innsendt til Fiskeridirektoratet og er tilgjengelig via Fiskeridirektoratets hjemmesider.

4.2 Kort om første produksjonsfase (2023G)

Første generasjon med fisk ble satt ut på lokaliteten Fellesholmen (40217) i Tromsø kommune 17. juli 2023. Det ble satt ut 1,2 millioner laks med en snittvekt på omkring 2 kg. Fisken kom fra en annen sjølokalitet i samme brakkleggingssone (Finnvika, lokalitetsnummer 11433). Produksjonsfasen strakte seg over 6 måneder, ved at første merd (merd B) ble slaktet ut i desember 2023 mens den andre



Figur 12: Gjennomsnittlig strømhastighet per døgn (cm/s) målt ved flåte på 3 og 8 meters dyp gjennom første (øverst) og andre (nederst) produksjonsfase.

merden (merd A) ble slaktet i januar 2024. Samlet sett hadde fisken ved slakting en snittvekt (rund) på 4,4 kg, noe som gav et slaktevolum på 4211 tonn sløyd vekt totalt for denne produksjonen.

4.3 Kort om andre produksjonsfase (2024G)

Andre generasjon med fisk ble satt ut på lokaliteten Fellesholmen (40217) i Tromsø kommune 23. august 2024. Det ble satt ut 784 650 fisk med en snittvekt på omkring 900 gram, all fisk ble satt ut i en merd. Høsten 2024 var det svært krevende luseforhold i regionen grunnet uvanlig høye temperaturer, noe som også påvirket lusepresset på Fellesholmen. I oktober ble en avlusningsoperasjon gjennomført. Den 19.11.24 ble det oppdaget hull i notsystemet som medførte mistanke om rømming og pålegg om opptelling av fisken. Første last med slaktefisk ble derfor levert i januar 2025, ytterligere uttak ble avbrutt grunnet dårlige værforhold. Videre utover sen vinteren ble slaktingen forskjøvet flere ganger før produksjonen ble avsluttet i april 2025. Ved slakting hadde fisken en snittvekt (rund) på 3,83 kg, noe som gav et slaktevolum på 2330 tonn sløyd vekt totalt for andre produksjonsfase.

4.4 Kort om værforhold under produksjonen

Værforholdene på Fellesholmen ble dokumentert ved hjelp av strømmålere montert på tre dyp ved flåte, samt ved hjelp av en bølgebøye ved flåten. Ytterligere værdata ble hentet inn via en værstasjon på flåte, og gjennom spesialvarsel fra StormGeo.

4.4.1 Strøm

Figur 12 viser gjennomsnittlig strømhastighet per døgn målt ved flåte på 3 og 8 meters dyp for første og andre produksjonsfase.

Første produksjonsfase: Strømforholdene var relativt jevne, og gjennomsnittlig strømhastighet per døgn varierte mellom 4 og 28 cm/s i overflatevann løpet av produksjonen. Maksimal strømhastighet for første produksjonssyklus ble målt til 62 cm/s for en kort periode medio september 2023. Lengste periode med strømhastighet >50 cm/s varte i 1 t og 50 min og ble registrert av måleren på 3 meters dyp.

Andre produksjonsfase: Strømforholdene var relativt jevne, og gjennomsnittlig strømhastighet per døgn varierte mellom 2 og 42 cm/s i

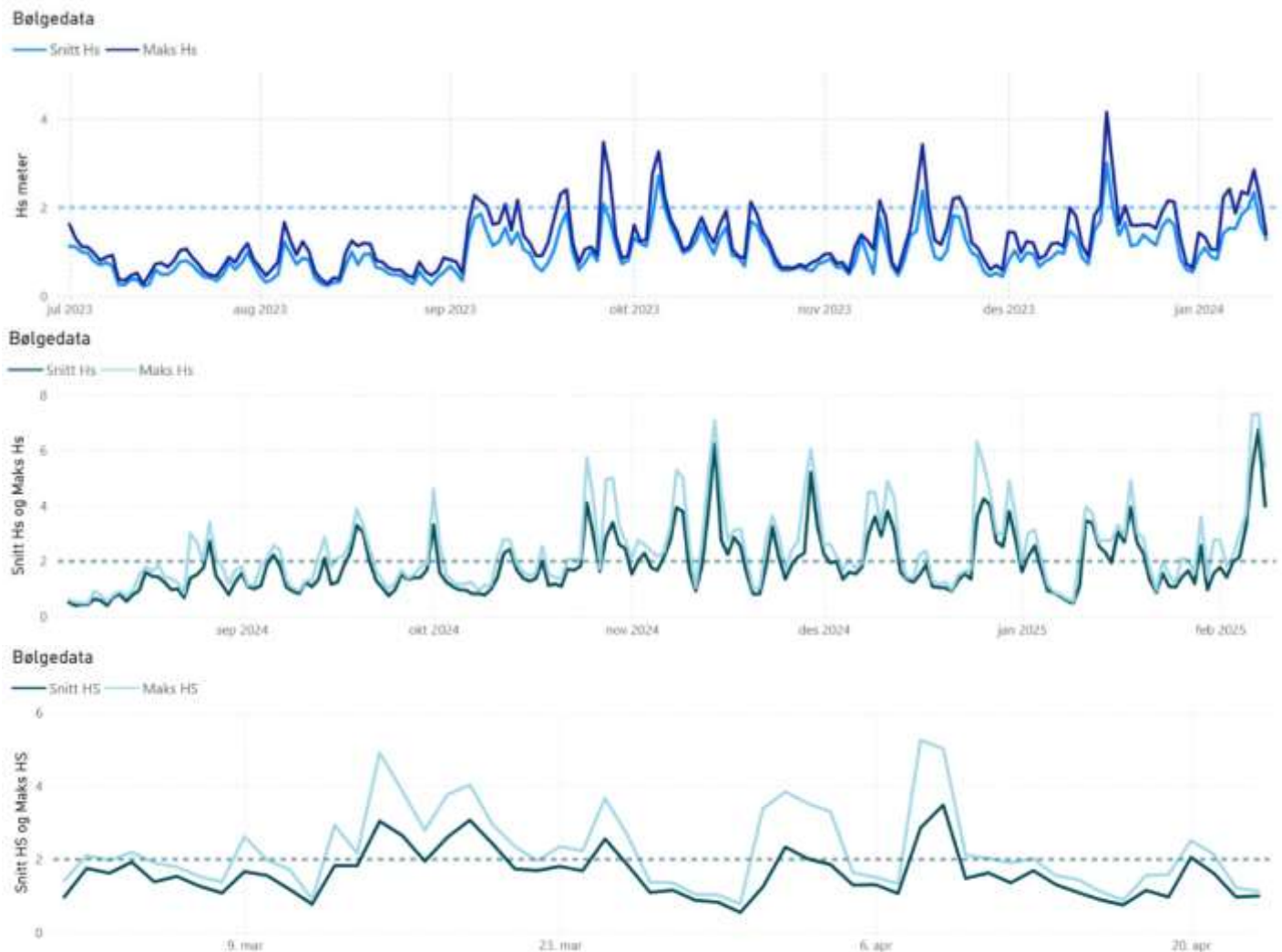
overflatevann (3 og 8 meters dyp) i løpet av produksjonen. Registrert strømhastighet var generelt sett høyere høsten 2024 sammenlignet med høsten 2023. Det var en betydelig strømmetopp i november 2024 hvor strømhastighet oversteg 50 cm/s på 3 meters dyp, med maksimal hastighet på 81,3 cm/s over en kortere periode.

4.4.2 Bølger

Første produksjonsfase: Frem til september var værforholdene relativt stabile, mens det fra høsten og frem til januar 2024 var flere uværsperioder. Bølgebøya hadde nedetid uten dataleveranse i en periode i starten av november 2023. Gjennomsnittlig signifikant bølgehøyde (Hs) for produksjonsperioden var 0,9 m, mens høyeste Hs ble målt til 4,2 m i desember 2023 (Figur 13).

Andre produksjonsfase: Under andre produksjonsfase ble det registrert en del større

bølgehøyde sammenlignet med første produksjonsfase. Det var utfordrende værforhold med flere uværsperioder fra september 2024 til april 2025. I andre produksjonsfase var det også periodevis utfordringer med bølgebøya og deler av bølgedataene baserer seg derfor på data fra StormGeo. StormGeo data er kalibrert opp mot målte bølgedata, og gir et godt bilde av reelle værforhold, men ser ut til å overestimere bølgehøyde noe. Fra begynnelsen av mars har bølgebøya vært operativ igjen. Dominerende bølgeretning var fra nord-nordvest. Største signifikante bølgehøyde målt av bølgebøye i løpet av andre produksjonsfase var 5,3 meter registrert i april 2025, mens varsel fra StormGeo indikerer at signifikant bølgehøyde sannsynligvis har vært større både i november 2024 og i februar 2025. Gjennomsnittlig Hs fra prognosene til StormGeo fra



Figur 13: Signifikant bølgehøyde målt av bølgebøye gjennom første produksjonsfase (øverst). Signifikant bølgehøyde fra prognose av StormGeo gjennom første del av andre produksjonsfase (midten). Signifikant bølgehøyde fra bølgebøye i siste del av andre produksjonsfase (nederst). «Snitt Hs» referer til gjennomsnitt per døgn, mens «Maks Hs» er maksimal Hs per døgn.

august til februar var 1,88 m, mens gjennomsnittlig Hs fra bølgebøynen fra mars til april er 1,68 m.

4.4.3 Operasjonelle begrensninger knyttet til værforhold

Gjennom de to produksjonsperiodene har man erfart operasjonelle utfordringer. Dette gjelder spesielt i andre produksjonsfase, hvor man gjennom siste del av produksjonen hadde hyppige perioder med store bølger gjennom dårlig vær, og havdønninger i påfølgende dager. Det var dårlig vær i forkant av den mistenkte rømningshendelsen november 2024. På grunn av økende bølgehøyder og dårlige værforhold i etterkant av hendelsen ble gjenfangstfiske avsluttet etter ett døgn. Gjennom vinteren 2024/2025 var det over en lengre periode for korte værvinduer til å få gjennomført leveranser av fisk til slakt.

Disse utfordringene og tilhørende lærings- og forbedringspunkter er nærmere beskrevet som faktabokser i de neste kapitlene.

5 Biologi

Hovedmålet med måleprogram biologi har vært å dokumentere fiskehelse, fiskevelferd, adferd og luseutvikling, samt å beskrive tilvekst og slaktekvalitet under fullskala uttesting av Arctic Offshore Farming-konseptet.

Hovedinnhold biologisk måleprogram (ref. Målkriterie 7.1 og 8.1)

Miljødata: Dokumentasjon av bølger, vind, vær, temperatur, oksygen og strøm.

Produksjonsdata: Løpende registreringer om antall fisk og vekt, dødelighetstall og utføring. Kategorisering av dødfisk på individnivå. Dokumentasjon av slaktekvalitet.

Fiskevelferd og fiskehelse: Fiskevelferd under eksponering i tøft miljø: vind, vær og bølger. Dokumentasjon av fylling/justering av svømmeblære i senket posisjon. Dokumentasjon av fiskevelferd relatert til heving og senkning av anlegget

Adferd: Hvordan er adferd generelt til laksen i AOF systemet under ulike strøm og værforhold? Bruker fisken luftlommene til fylling/justering av svømmeblæren? Kan lys brukes til å trekke fisken til luftlommene? Hvordan er fiskens adferd i tilknytning til undervannsføring?

Lakselus: Dokumentasjon av luseutvikling i AOF systemet.

Et godt miljø er essensielt for å få en god biologisk produksjon av laks, og for å ivareta generell fiskehelse og fiskevelferd. Anlegget er utstyrt med en rekke automatiserte løsninger som henter inn miljødata som er relevante for å følge opp produksjonen underveis.

Temperatur og oksygenivå ble hentet inn fra tre ulike dyp, ved hjelp av tre sensorer montert ved flåte og seks sensorer montert ved hver av de to merdene. Det var montert strømmålere på tre dyp ved flåte, samt en bølgemåler ved flåte i en egen forankret bøye. Ytterligere værdata ble hentet inn via en værstasjon på flåte, og gjennom spesialvarsel fra StormGeo.

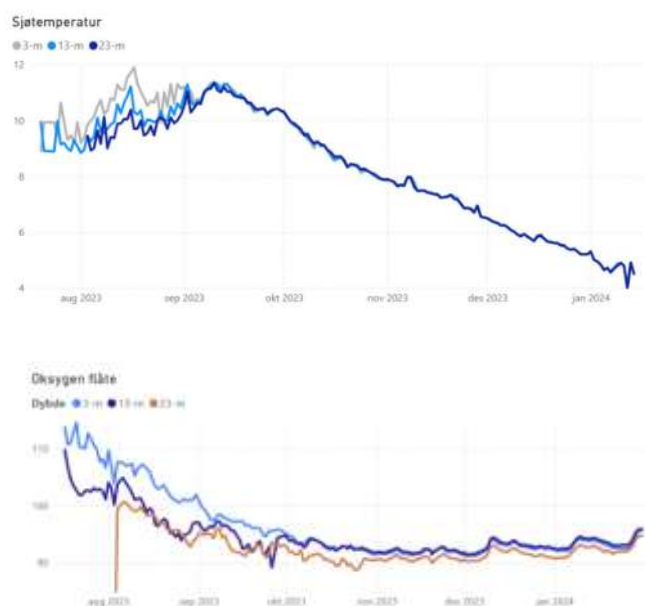
Figur under viser skjematisk oversikt over plassering av ulike sensorer på merdene (Figur 15). Miljødataene ble videre håndtert gjennom et eget styringssystem (ABB800XA). Ulike typer produksjonsdata som utføring, tilvekst og dødelighet ble løpende registrert i produksjonsstyringssystemet Fishtalk.

Fiskehelse ble fulgt opp ved månedlige helsebesøk av eksterne fiskehelsepersonell (Åkerblå) gjennom begge produksjonsfasene. Ved tilsynsbesøkene ble produksjonsdata på lokaliteten gjennomgått, dødfisk ble obdusert og prøvetatt for sykdomsovervåking, og det ble gjennomført lusetelling og velferdsscoreing.

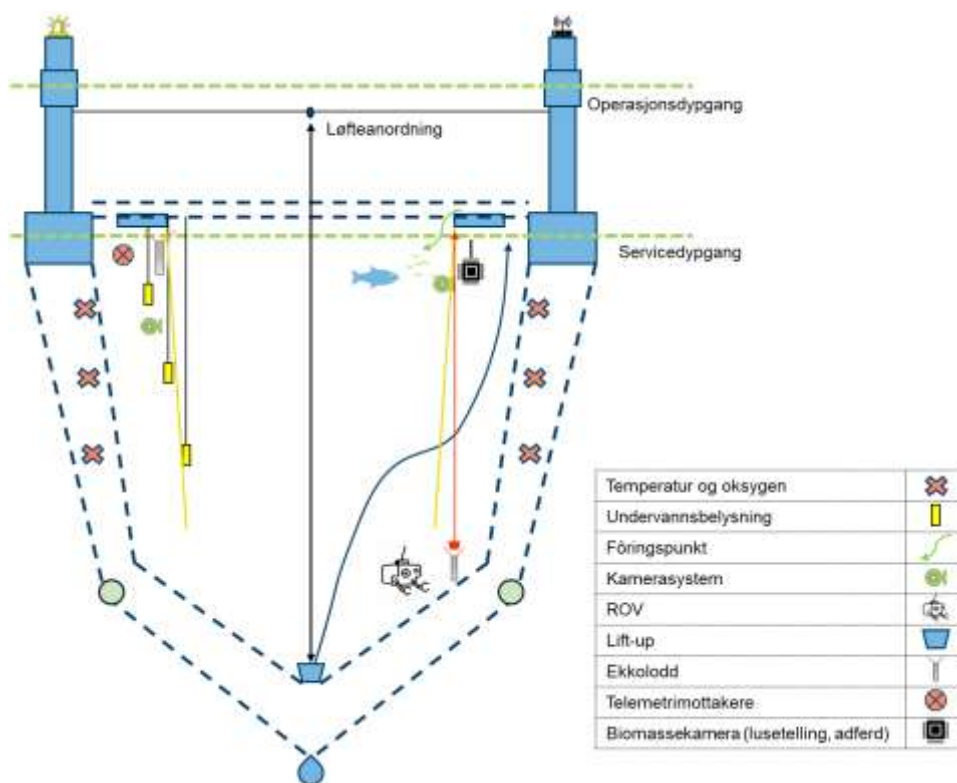
I tillegg til de månedlige besøkene av fiskehelsepersonell ble det gjennom daglig røkting også kontinuerlig registrert antall dødfisk med tilhørende dødelighetsårsak gjennom begge produksjonene. Fiskevelferd ble i tillegg overvåket gjennom dedikert fiskevelferdteknologi.

5.1 Miljø, produksjon og fiskehelse gjennom første produksjonsfase

Temperaturen varierte mellom 4 og 12 grader gjennom første produksjonsfase som gikk fra juli 2023 til januar 2024 (Figur 14). Dette representerer et godt temperaturintervall for produksjon av laks. Oksygenforholdene var også stabile og gode gjennom hele produksjonsperioden, med noen unntak (Figur 14). Det ble registrert avvikende og lave oksygenverdier som skyldtes begroing av sensor i oktober 2023. Den lengste perioden med faktisk oksygendropp i merder med fisk ble registrert 25 september 2023 hvor oksygenmetningen falt til under 70 % i litt over en time. Fordi sjøtemperaturen samtidig var relativt lav (10,3°C) utgjorde ikke dette noen kritisk risiko for fisken.



Figur 14: Sjøtemperatur (øverst) og oksygenivå (nederst) målt på hhv. 3, 13 og 23 meter gjennom produksjonsfase 1. De to periodene med temperaturoppgang i slutten av første produksjonssyklus er perioder hvor merden har vært hevet.



Figur 15: Skjematisk oversikt over plassering av sensorer og utstyr i merden under første produksjonsfase. For tegnforklaring, se tabell.

De målte verdiene for strøm (Figur 12) er godt innenfor svømmekapasiteten til Atlantisk laks (Hvas et al., 2017)¹.

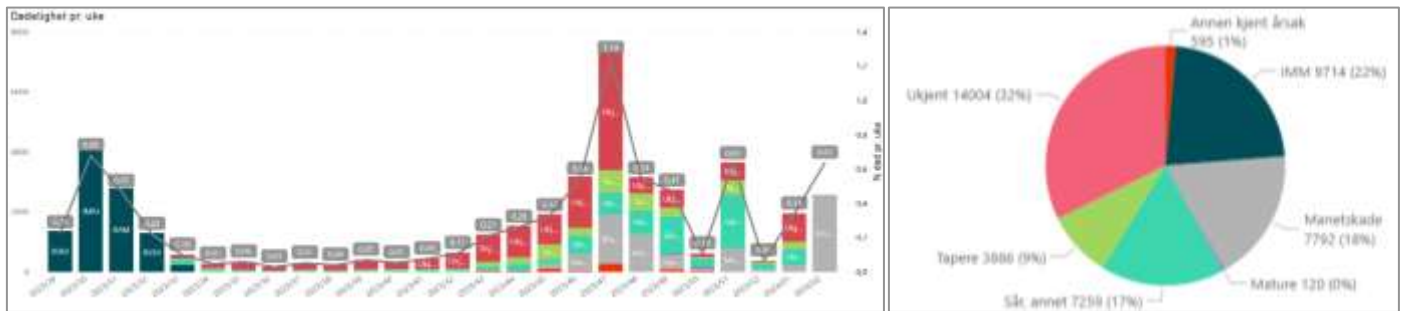
Tilveksten underveis i produksjonen ble sammenlignet med gjennomsnittlig tilvekst oppnådd i SalMar de siste 5 årene, på en skala hvor 100 representerer gjennomsnittet. Tilveksten for begge merder tilsvarte eller lå over gjennomsnittet i SalMar gjennom det meste av produksjonen (Figur 16). For merd A stagnerte tilveksten gjennom de to siste månedene av produksjonen slik at den endte en del under forventning. Hovedårsaken til dette var redusert utfôring som en forberedelse til henting av slaktefisk som stadig ble utsatt. Biologisk fôrfaktor endte på 1,22 totalt sett for hele produksjonen. Maks tetthet/biomasse under første produksjonsfase var på 18 kg/m³ og 2464 tonn i merd A, og 20 kg/m³ og 2779 tonn i merd B.



Figur 16: Utvikling av snittvekt gjennom første produksjonsfase for merd A (øverst) og merd B (nederst).

¹ Hvas, M., Folkedal, O., Solstorm, D., Vågseth, T., Fosse, J. O., Gansel, L. C., Oppedal, F. (2017). Assessing swimming capacity and

schooling behaviour in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* with experimental push-cages, *Aquaculture*, 473, 423-429.



Figur 17: Utvikling i antall døde fisk pr uke gjennom første produksjonsperiode (venstre), og fordeling av kategorier for registrering av dødelighet (høyre).

Dødeligheten endte på 3,6 % akkumulert for hele første produksjonsfase. Selv om produksjonsforløpet i AOF er kortere enn et tradisjonelt utsett, tilsvarer dette likevel lav dødelighet om en sammenligner med konvensjonell produksjon av laks. Merd A hadde noe forøkt dødelighet like etter flytting til lokaliteten knyttet til avlusning ved overflytting av fisk fra påvekstlokalitet til AOF, men i det store og hele var det lav dødelighet fra utsett og helt frem til november. I november ble det observert perlesnormaneter i anlegget. Dette førte til sårutvikling, redusert tilvekst og noe forhøyet dødelighet frem til januar 2024 (Figur 17). Merd B ble slaktet i desember 2023 og endte med en dødelighet på 2,55 %, mens merd A hadde en akkumulert dødelighet på 4,67 % ved slakt i januar 2024. De hyppigst registrerte spesifikke årsaksfaktorene var manetkader, sår og taperfisk (Figur 17). Fiskegruppen hadde med seg diagnosene Parvicapsulose og IPN fra påvekstlokaliteten Finnvik, og begge sykdommene påvirker tilveksten til fisken, slik at det ble spredning i fiskegruppen og et betydelig innslag av tapere når fisken kom til Fellesholmen. Det ble ikke påvist noen meldepliktige infeksjonssykdommer i løpet av den første produksjonen.

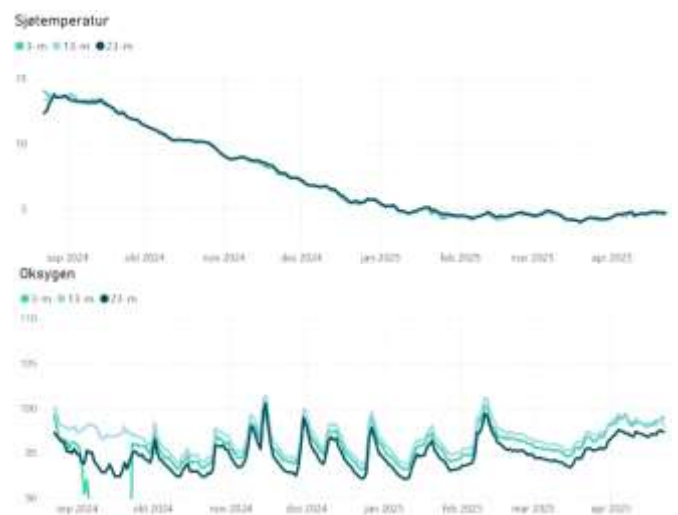
Utfordringene med perlesnormaneter, sårutvikling og lave temperaturer påvirket slaktekvaliteten gjennom en redusert andel laks av superior kvalitet (74 % i merd B, 53 % i merd A, samlet 62 %).

5.1.1 Miljø, produksjon og fiskehelse gjennom andre produksjonsfase

Temperaturen varierte mellom 4 og 14 grader gjennom den andre produksjonsfasen fra august 2024 til april 2025 (Figur 18). Gjennom høsten 2024 var temperatur vesentlig høyere sammenlignet med høsten før under første produksjonsfase, og den holdt seg også høyere lengre utover høsten. Temperaturene var så godt som like på de ulike

måledypene gjennom det meste av produksjonen. Oksygenforholdene var også stabile og gode gjennom hele produksjonsperioden (Figur 18).

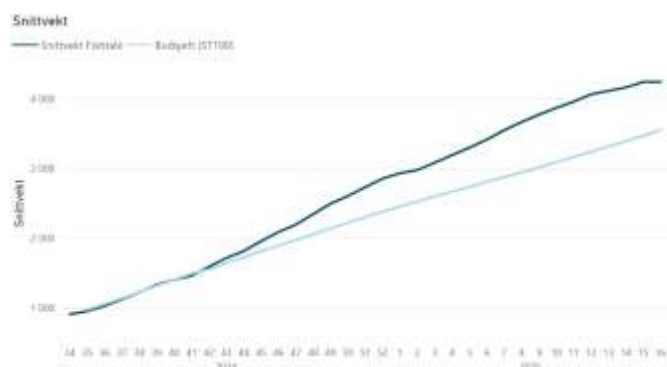
Hensyntatt fiskens størrelse på tidspunktet for maksimal strømhastighet er den (Figur 12) innenfor kritisk svømmekapasitet til laksen (Hvas et al., 2017). Felles for begge produksjonsperioder er at det er registrert svært få tilfeller med vedvarende kritisk lave strømhastigheter.



Figur 18: Sjøtemperatur (øverst) og oksygennivå (nederst) målt på hhv. 3, 13 og 23 meter gjennom produksjonsfase 2.

Som for den første produksjonen ble tilveksten underveis sammenlignet med gjennomsnittlig tilvekst oppnådd i SalMar de siste 5 årene, på en skala (Salmar Tilvekst, ST) hvor 100 representerer gjennomsnittet. Fisken hadde god tilvekst, med akkumulert tilvekst på denne skalaen (ST) endte på 104 (Figur 19). Ved første slakt i uke 2-2025 ble det slaktet 166 971 fisk, med en rundvekt på 2,9 kg, tilsvarende en total biomasse på 475 tonn levende vekt. Ytterligere slakteuttak ble avbrutt på grunn av værforholdene frem neste uttak av slakt i uke 14 og 16 med endelig tømning av merd 17 april 2025. Snittvekten (rund) for hele produksjonen ved slakt var 3,8 kg, tilsvarende et slaktet volum på 2707 tonn levende vekt, 2330 tonn sløyd vekt. Biologisk

førfaktor endte på 1,25 totalt sett for hele produksjonen. Maksimal biomasse/tetthet under andre produksjon var på 17 kg/m³ og 2411 tonn.



Figur 19: Utvikling i fiskens snittvekt under andre produksjonsfase

Dødeligheten endte på 4,31 % akkumulert for hele andre produksjonsfase. Dødelighetsforløpet var relativt likt første produksjonssyklus, med en økning i dødelighet de første ukene etter overflytting til AOF fra påvekstlokalitet, relatert til behandling for lus under transporten (Figur 20). I tillegg var det en periode med forøket dødelighet to måneder senere, i etterkant av en ny lusebehandling. Så fulgte en lengre periode med svært lav dødelighet, før den økte igjen mot slutten av produksjonen. Det ble påvist en del vintersår på fisken gjennom denne perioden, og det vedvarte frem til slakting. Siste uke i sjø var det økning i dødelighet knyttet til håndtering i forbindelse med levering til slakt. De hyppigst registrerte spesifikke årsaksfaktorene var sår/vintersår og taperfisk. Det var et betydelig innslag av småfallen fisk og tapere gjennom andre produksjonssyklus, med og uten sår. Dette kan spores tilbake til parvicapsulose som ble diagnostisert på fiskegruppen mens den sto på lokalitet Finnvik. Parvicapsulose medfører spredning i størrelse i affiserte fiskegrupper, hvorav en andel utvikler seg til tapere. Disse taperfiskene er i tillegg utsatt for å utvikle sår. Det ble ikke påvist

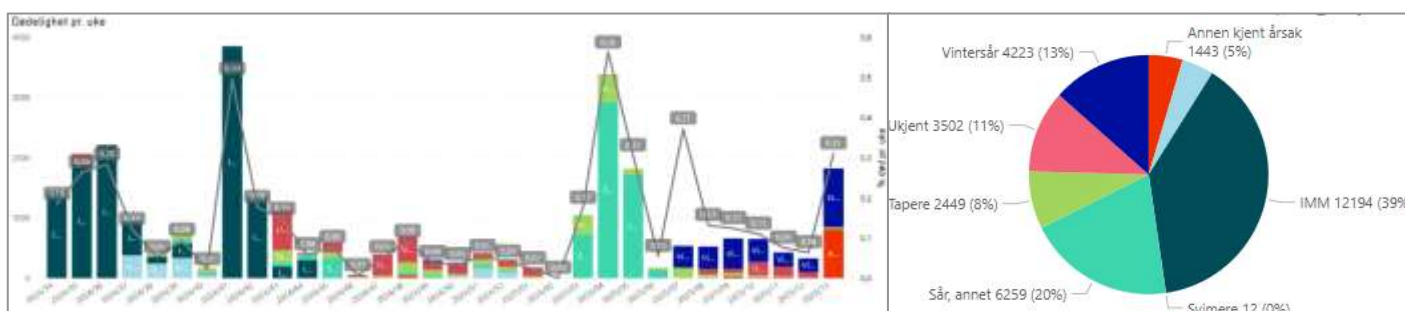
noen meldepliktige infeksjonssykdommer i løpet av den andre produksjonen.

Ved slakt i uke 2 var superiorandel 91 %, viktigste årsak til nedklassing var vintersår. Utfordringene med sår vedvarte gjennom vinteren, og ved slakt i uke 14 og 16 var superiorandelen i fiskegruppen på 77%. Den endelige oppsummeringen av produksjonen viste at totalt 79 % av fisken ble levert med superior kvalitet.

5.2 Adferd og fiskevelferd i AOF

En rekke av målsetningene i måleprogrammet for biologi var knyttet til dokumentasjon av fiskens adferd og velferd i AOF. En ønsket bred informasjonsinnhenting for å kunne vurdere laksens velferd under nedsenket drift på en eksponert lokalitet. Det var også viktig å få en bedre forståelse av laksens adferd ved undervannsføring. Ved prosjektets start var det begrenset erfaring med nedsenket drift i oppdrettsnæringen, og det ble derfor lagt vekt på å få god informasjon om laksens bruk av luftlommer og mulig tiltrekning til lys, samt eventuell unormal adferd knyttet til problemer med å opprettholde likevekt som følge av manglende fylling av svømmeblæren.

Flere ulike teknologiske innretninger ble benyttet for å overvåke fiskens adferd og velferd i anlegget. Fire kamera i hver merd ble benyttet for observasjon av fisk omkring utføringspunkt for undervannsføring, og observasjoner knyttet til føringsadferd ble løpende registrert. Et kamera var plassert ved hver luftlomme for å observere fisk som kom opp for å fylle svømmeblæren med luft, samt for vurdering av vannspeilet og fyllingsgrad i luftlommene. Det ble foretatt systematiske registreringer av fiskens adferd i overflaten i luftlommen, med fokus på overflateaktivitet, samt svømmehastighet og tiltinkel.



Figur 20: Utvikling i antall døde fisk pr uke gjennom andre produksjonsperiode (venstre), og fordeling av kategorier for registrering av dødelighet (høyre).



Figur 21: Eksempelbilde fra Aquabyte velferdskamera, med oversikt over sår i merd A i perioden 9-23. oktober 2023.

I første produksjonsfase ble det også benyttet et ekkoloddssystem med fire ekkolodd plassert i overflaten, og fire ekkolodd plassert i dypet av merden. Ekkoloddssystemet dokumenterte vertikal og horisontal fordeling av fisken på gruppenivå, dataene levert av ekkolodd gjorde det også mulig å vurdere fyllingsgraden av fiskens svømmeblære.

I forkant av andre produksjonssyklus ble ekkoloddene byttet ut med multistrålesonar. Denne teknologien har overlappende funksjonalitet med ekkolodd, men har i tillegg utvidet funksjonalitet ved at den har et større dekningsvolum, og at den estimerer i sanntid antall fisk og fiskens vekt.

Under første produksjonssyklus ble det gjennomført et prosjekt med akustisk biotelemetri. 30 laks i hver merd ble merket med svømmedybde- og aktivitetssendere. Åtte mottakere ble montert på hver av merdene for å fange opp signalene fra de akustiske merkene. Signalene fra de individmerkete laksene ga informasjon om individuell posisjonering i merd, samt bruk av luftlommer. Forsøket ble gjennomført med tillatelse fra Forsøksdyrutvalget (FOTS ID 25538), fra juli til oktober 2023. De akustiske merkene ble operert inn i fisken mens den enda befant seg på påvekstlokaliteten. Det har derfor vært mulig å sammenligne individenes adferd i åpne, konvensjonelle merder, med de samme individenes adferd i et nedsenket system som AOF.

5.2.1 Fiskevelferd i AOF

I henhold til Åkerblå AS' rutiner ble fiskevelferden vurdert etter hvert helsebesøk og det ble satt en statusscore fra 0 til 3 (0 = god, 1 = akseptabel, 2 =

nedsatt og 3 = dårlig). Fiskevelferd ble også overvåket daglig gjennom hele produksjonen ved hjelp av adferdsregistreringer sammenstilt med data fra miljøforholdene ved lokaliteten. Velferdsindikatorer ble i tillegg vurdert med kamerateknologi (Figur 21) fra leverandøren Aquabyte, som scorer en rekke faktorer som skjelltap, sår og skader, deformiteter, og tegn til tidlig kjønnsmodning. Scoringene fra dette systemet er basert på LAKSVEL-protokollen etablert av HI der avvik rangeres fra 0 til 3 etter alvorlighetsgrad.

Fra Åkerblå sine besøk ble fiskevelferden vurdert som 0 (God) gjennom den største delen av første produksjonsfase. Det var noe redusert fiskevelferd (til kategori 1 Akseptabel) helt i starten, samt mot slutten av produksjonen. Reduksjon av velferd mot slutten av produksjon var knyttet til økt dødelighet som skyldtes sår og skader som oppstod i forbindelse med manetangrep i november 2023.

Velferdsstatus ble vurdert som kategori 1 (akseptabel) gjennom andre produksjonsperiode, noe som indikerer at det hele tiden har vært funn, hovedsakelig taperfisk og fisk med sår, men med relativt lavt omfang. Ved et enkeltbesøk mot slutten av andre produksjonsperiode (uke 4 2025) vurderte Åkerblå fiskevelferden til kategori 2 (Nedsatt) som følge av dødelighet i etterkant av deluttak av slakt i uke 2.

Fiskevelferdsutfordringer i produksjonen – sår og vintersår

Hendelse: Det har gjennom begge produksjonsfaser vært utfordringer med sår/vintersår på fisken gjennom vinteren og mot slutten av produksjonen.

Årsak: I første produksjonsfase var sårutviklingen særlig relatert til forekomst av perlesnormaneter. I andre produksjonsfase var det større utfordringer med sykdommen parvicapsulose, som forårsakes av en parasitt som er relativt vanlig forekommende i Nord-Norge. Mot slutten av andre produksjonsfase var det i tillegg påvist trengekader i etterkant av henting av fisk til første slakteuttak.

Konsekvenser: Ved lave vanntemperaturer gjennom vinteren har fisken lav evne til sårheling, slik at skjelltap og mindre hudskader lett gir grobunn for sår bakterier. Større sår kan gi fisken utfordringer med osmoreguleringen. Dette gir redusert fiskevelferd, økt dødelighet og nedklassing ved slakting. Utfordringene med sårskader og nivået av nedklassing ved slakting har imidlertid ikke vært verre enn det som er observert i konvensjonelle merdsystemer ellers i næringen i samme periode.

Forbedringspunkt: En forbedret vaksine mot sår bakterien Moritella har nylig kommet på markedet, denne kan benyttes på senere utsett. Ellers er det sentralt å få til skånsom håndtering i forbindelse med operasjoner som krever at fisken må trenge og håndteres.

5.2.2 Adferd og velferd under heving og senking

For å vurdere og dokumentere eventuell avvikende adferd under ordinær nedsenket produksjon og ved heving og senking av merdene, ble det innført visuell scoring av avvikende adferd basert på kamerabilder fra føringskamera, og fra kamera som overvåker luftlommene. Scoringene ble utført av føringsoperatør på et fast tidspunkt daglig gjennom begge produksjonssyklusene. Skala gikk fra 0 til 3, hvor normal adferd har score 0 og sterkt avvikende adferd har score 3. Det ble gjennomført totalt ni hev/senk operasjoner for hver av de to produksjonsfasene.

De daglige adferdsscoreingene under første produksjonssyklus viste generelt normal adferd gjennom produksjonen. I perioden ca 20. oktober til ca 20. november 2023 var det tendens til avvikende adferd (Figur 22). Perioden sammenfalt med innsig av perlesnormaneter. Det ble gjennomført hev/senk operasjoner i perioden uten at den avvikende adferden så ut til å være relatert til dette.

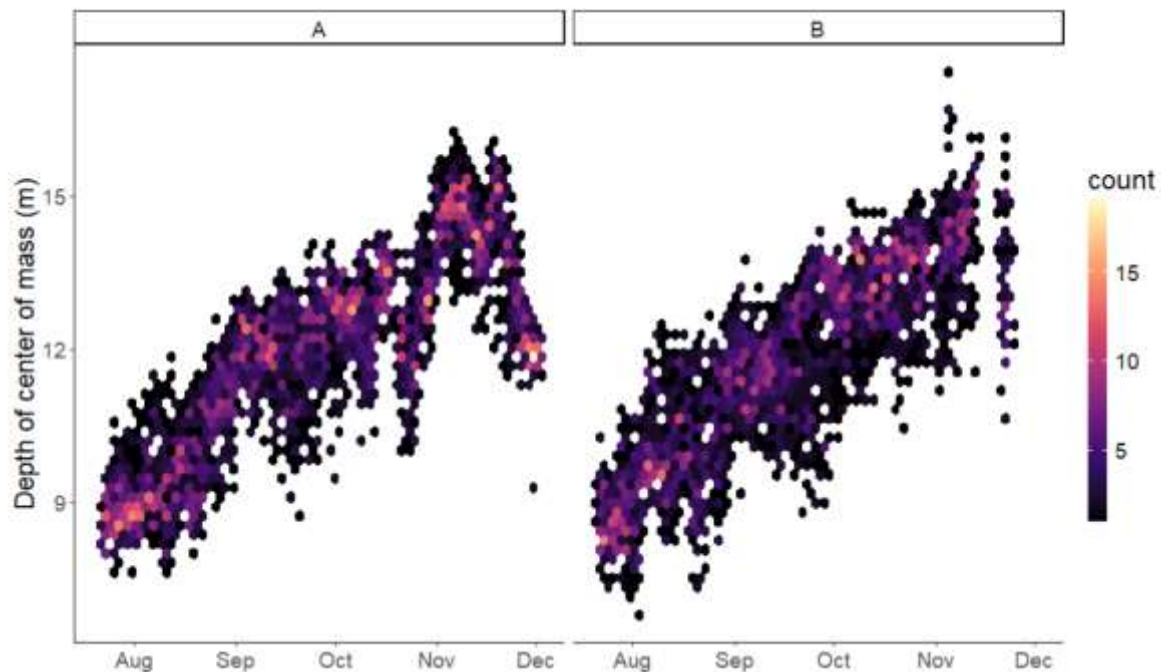
I tillegg til de daglige scoringene ble en av hev/senk-operasjon på 2023G fulgt tettere med fiskehelsepersonell til stede. Her er en oppsummering av Åkerblå sine observasjoner i forbindelse med hev/senk -operasjonen fra 19 oktober 2023:



Figur 22: Eksempel på resultat fra adferdsscoreing. Eksempellet er hentet fra første produksjonssyklus, merd A, og viser perioder med hevet enhet er angitt med lys blå bakgrunn, mens perioder med senket enhet er angitt med mørk blå bakgrunn. Adferdsscoreing er gjort på en skala fra 0-3.

«Hele operasjonen tok ca 2 x 5 timer og ble overvåket av flere kamera slik at man kunne vurdere fiskens adferd og utvikling. Totalt sett var det veldig lite respons på fisken både i forbindelse med heving og senking. Man så mer aktivitet på overflaten ettersom nota ble hevet, og det ble observert mye hopping når vannspeilet ble eksponert (trolig grunnet høye nivåer av skottelus). Der var ingen synlig forskjell mellom Cage A og B (som ikke ble hevet). Ved senking var det ingen åpenbare tegn på at fisken slet med likevekten og fisken svømte normalt.»

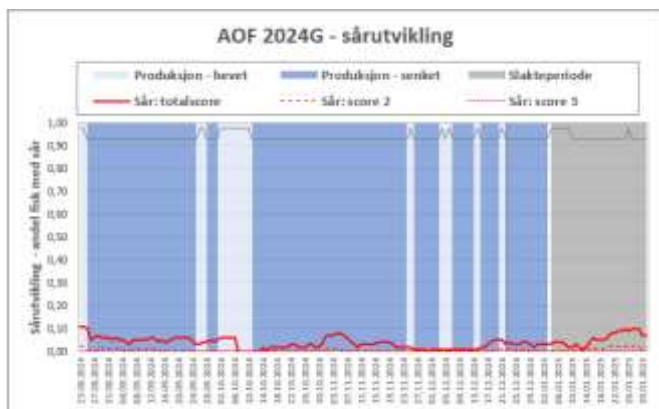
De daglige adferdsscoreingene underveis i andre produksjonssyklus viste også generelt normal adferd, og heller ikke her er dagene med svakt avvikende adferd relatert til hev eller senk. De fleste registreringene av avvikende adferd underveis i



Figur 23: Fordelingen av fisken på ulike dyp i merdene gjennom produksjonen. Merd A til venstre, merd B til høyre. Toppen av merden er nederst på figuren. Kilde: Havforskningsinstituttet ved Oldham og Oppedal.

andre produksjonssyklus viser noe fluktnespons ved et spesifikt punkt i merda, nært til der båtanløp gjennomføres.

Også velferdsparametre ble overvåket og relatert til eventuell påvirkning fra hev/senk operasjoner. Heller ikke her kunne man finne avvikende velferdsscoringer som var relatert til heving og senking av AOF-systemet, verken under første eller andre produksjonsyklus (se eksempel for sår på 24G i Figur 24).



Figur 24; Eksempel på figur fra registrering og scoring av overflateaktivitet i luftlommene.

5.2.3 Adferd under eksponerte værforhold

Beliggenheten til Fellesholmen gjør at lokaliteten er særlig eksponert for stor bølgehøyde, og det har vært sentralt å kunne observere og dokumentere fiskens adferd og respons på et slikt eksponert produksjonsmiljø. Det ble hentet inn data fra

ekkolodd, fra bølgesensor (bølgehøyde og bølgelengde), fra strømsensor, temperatursensor og daglengde for å kunne vurdere fiskens bevegelser og adferd i merden.

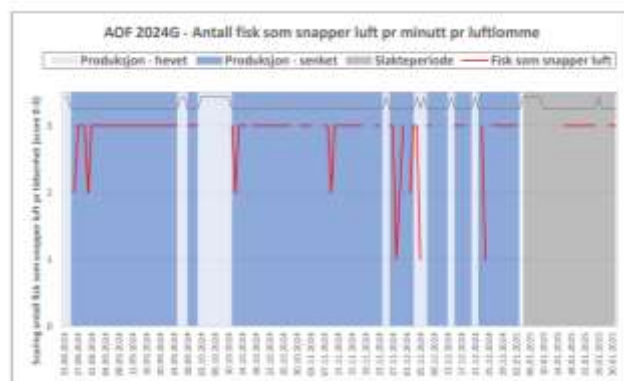
For vurdering av vertikal adferd ble det utviklet en modell som tok utgangspunkt i fiskens vertikale fordeling basert på ekkolodddata, bølgedata, temperaturdata og data på soloppgang og solnedgang. For vurdering av horisontal adferd ble utviklet en modell som benyttet forskjellen i signalstyrke fra de ulike ekkoloddparene i hver enhet, vannstrømsdata, bølgedata, temperaturdata, data på soloppgang/solnedgang, i tillegg til antall dager siden enheten var i overflata.

Ekkolodd-data fra første produksjonssyklus viste at fisken stod relativt grunt i begge enhetene like etter utsett, for så å søke dypere ned utover i produksjonen (Figur 23). Den vertikale fordelingen av fisken i merden ble påvirket av temperatur. Når det var større temperaturforskjeller mellom varmere overflatevann og kaldere vannmasser dypere stod fisken på grunnere vann enn når det var liten forskjell mellom temperatur gjennom vannmassene. Analysene viste også at fisken oppholdt seg dypere i mørket enn i dagslys, og at fisken foretrakk å trekke dypere når bølgehøyden økte. Dette mønsteret ble opprettholdt også når en kontrollerte for temperatur og dag/natt. Fiskens horisontale fordeling viste ingen sammenheng eller respons på strøm, bølgehøyde eller temperatur.

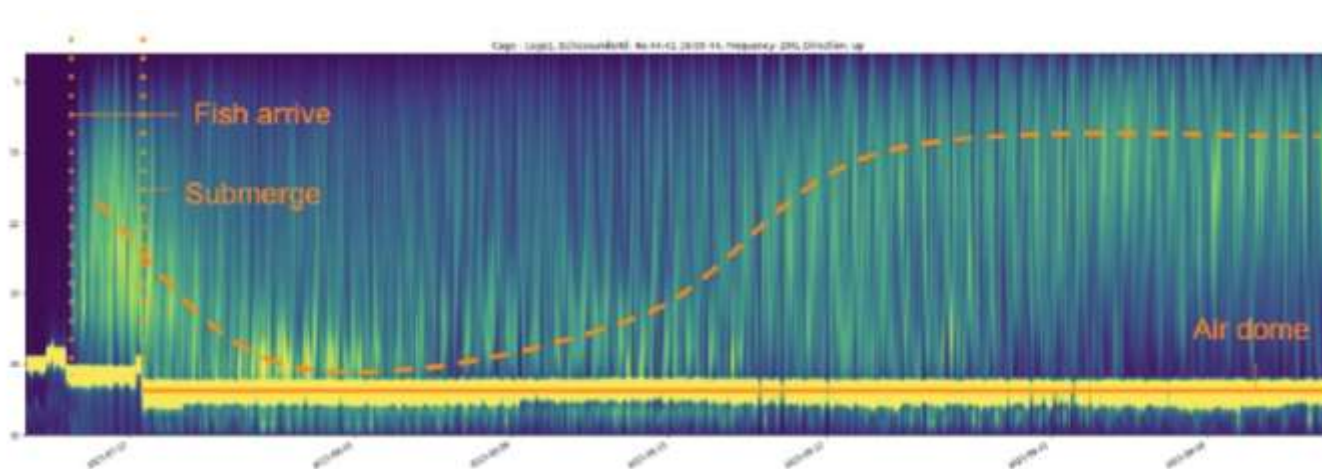
Horisontal fordeling var imidlertid noe mer variabel i dagslys enn den var når det var mørkt.

5.2.4 Fiskens bruk av luftlommer og svømmeblærefylling

Det finnes i dag flere ulike konsepter med oppdrettsenheter som senkes ned på dypet slik at fisken ikke har tilgang til vannoverflata. Ved slik nedsenket drift må det finnes muligheter for tilgang til luft for laksen slik at den kan etterfylle svømmeblæren med luft og opprettholde likevekten i vannmassene. AOF skiller seg fra andre teknologier for nedsenket drift ved at fisken har tilgang til luft gjennom fire store luftlommer i hver merd.



Figur 26: Eksempel på figur fra registrering og scoring av overflateaktivitet i luftlommene fra andre produksjonssyklus i AOF.



Figur 25: Ekkogram fra et ekkolodd som peker oppover i merd A over en periode på 6 uker etter utsett av fisk i juli 2023. Merk at toppen av merden er i bunnen av figuren. Gul farge indikerer luftfylte volum. Den oransje stiplede linjen indikerer fiskens snittposisjon i merden.

For å overvåke overflateaktivitet i luftlommene har det vært benyttet manuelle scoringer basert på kameraovervåkning. Dette er gjennomført ved daglige registreringer av fôroperatører på faste tidspunkt underveis i begge produksjonssyklus. Felles for begge produksjonene var at overflateaktivitet i luftlommene virket å være noe lavere like etter senking av merdene, men at aktiviteten økte igjen etter litt tid i nedsenket posisjon (Figur 26). Det ble ikke registrert noen perioder helt uten overflateaktivitet. Aktiviteten i luftlommene avtok ikke gjennom produksjonen, under første produksjonssyklus var det snarere en tendens mot økt overflateaktivitet i luftlommene utover i produksjonen.

I tillegg til den manuelle overvåkingen av luftlommene ble det benyttet data fra ekkolodd, akustisk telemetri og dedikerte velferdskamera for å dokumentere fiskens evne til å regulere likevekt/etterfylle luft i svømmeblære.

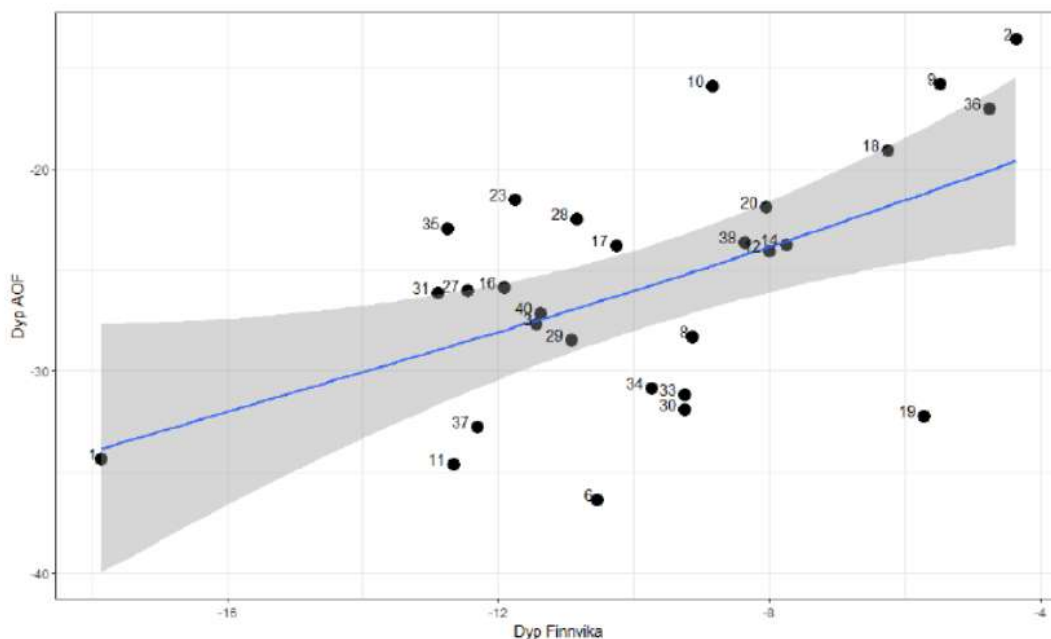
Ekkolodddata ble benyttet i første produksjonssyklus til å estimere svømmeblærevolumet og vurdere hvorvidt det endret seg over tid. Figur 25 viser et ekkogram fra merd A gjennom de første seks ukene av produksjonen. Etter at AOF senkes ned på dypet kan man se at fisken den første perioden samler seg øverst i merda, nært luftlommene (nederst på figuren), noe som indikerer at fisken aktivt søker luftlommene for regulering av svømmeblære. Fisken søker etter hvert dypere og bruker mer av merdvolumet. Dataene fra ekkoloddanalysene viser at fisken var i stand til å opprettholde

svømmeblærevolum og likevekten under produksjonen i AOF.

Telemetridataene fra påvekstlokaliteten viste at det var stor individuell variasjon i dybdebruk blant de merkede fiskene, med et gjennomsnittsdyp for alle individ på 9,9 meter. Etter overføring til AOF økte gjennomsnittsdyp til 24,3 meter, men også her var det betydelig individuell variasjon. Det er interessant å merke seg at det var en signifikant korrelasjon i gjennomsnittlig dybdebruk mellom de to systemene; dette indikerer at individuelle fisk tar med seg sin dybdeadferd når produksjonssystem endres (Figur 27).

Før overflytting til AOF i første produksjonsfase viste de individuelt merkede fiskene en relativ liten variasjon rundt en tiltvinkel. Etter overflytting til AOF ble det registrert en generell økning i tiltverdier, noe som tilsier at fisken oftere endrer den gjennomsnittlige vinkelen relativt til vannrett posisjon. I andre produksjonssyklus ble det benyttet sanntidsdata fra velferdskamera for å registrere tiltvinkel/svømmetilt. Felles for data på tiltvinkel både fra akustiske merker og velferdskamera er at det ser ut til å være noe moderate avvik i svømmetilt utover i begge produksjoner (sent på høsten). Det kan derfor ikke utelukkes at daglengde kan være en medvirkende årsak til det observerte mønsteret (Figur 28).

Svømmehastighet ble registrert i andre produksjonssyklus ved hjelp av velferdskamera, uttrykt som kroppslengde pr sekund. Det generelle bildet er at svømmehastighet avtar noe utover i produksjonen, dette kan ha sammenheng med at fisken blir større.



Figur 27: Gjennomsnittlige dybderegistreringer påvekstlokalitet (Finnvik) versus AOF. Blå linje med grått felt viser en regresjonslinje med 95% konfidensintervall gjennom dataene. Nummererte punkt viser individuelle fisk med nummer på fiske-ID.



Figur 28: Svømmetilt registrert ved hjelp av velferdskamera i AOF under andre produksjonsfase. Det øverste panelet er for perioden fra utsett frem til 31.oktober 2024, mens det nederste panelet er fra perioden 1. november 2024 til 31. januar 2025.

5.3 Lus

Ettersom begge merder ble driftet nedsenket ble registrering av lakselus og skottelus gjennomført ved bruk av kamerateknologi i stedet for ukentlige lusetellinger med uttak av fisk. Tillatelse til bruk av automatisk lusetelling var innvilget fra Mattilsynet. Systemet har levert daglige lusedata, i tillegg til data på velferd, vekst og adferd. Det er også gjennomført manuelle tellinger mens merdene har vært hevet til overflaten for å verifisere dataene som leveres fra de automatiske lusetellerne. Lakselusnivåene ble løpende registrert i Fishtalk i henhold til utviklingsstadiene, bevegelige og voksne hunnslus, samt skottelus.

Lokalitet Fellesholmen har en eksponert beliggenhet og er i utgangspunktet lite påvirket av smitte fra andre lokaliteter (nærmeste lokalitet ligger 9,2 km unna i sjøavstand). Den har vært driftet nedsenket gjennom det meste av produksjonen. Det har likevel vært lusesmitte på lokaliteten gjennom begge produksjonsfasene.

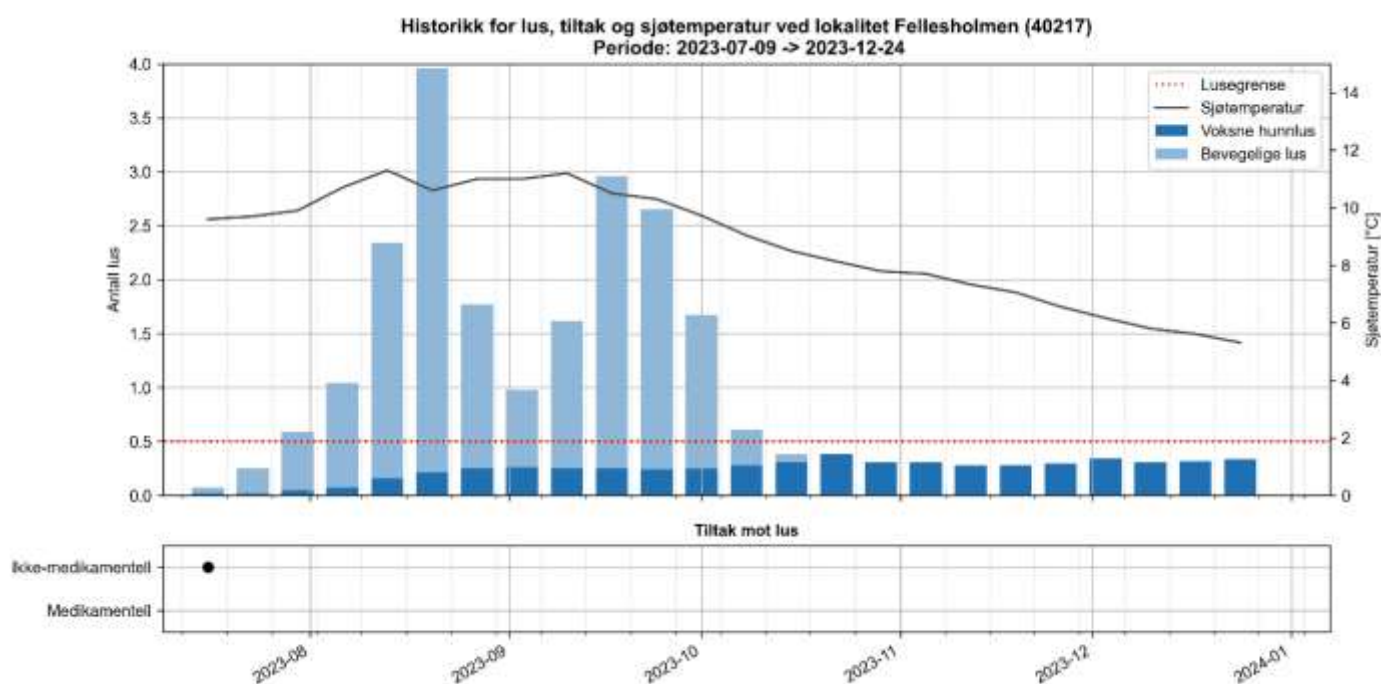
For å få en bedre forståelse av smittedynamikken er det gjennomført analyser for å vurdere opphavet til lusesmitte observert i AOF på Fellesholmen. Disse analysene er basert på en etablert populasjonsmodell for lakselus som beregner forventede forekomster av kjønnsmodne hunnslus og andre mobile lus (kjønnsmodne hanner +

preadulte stadier) som funksjon av eksternt og internt smittepress, temperatur og fiskestørrelse. For internt smittepress er det benyttet data fra lusetellingskamera, mens data for å beregne bidrag fra eksternt smittepress ble hentet fra Barentswatch. Dette gjaldt sjølokaliteter innenfor 100 km avstand fra Fellesholmen.

5.3.1 Lusesmitte i første produksjonssyklus

Fisken var avluset i forbindelse med overføring fra påvekstlokalitet til lokaliteten Fellesholmen. Det ble ikke behov for avlusing i løpet av første produksjonsfase, men fisken hadde med seg noe smitte fra påvekstlokaliteten slik at det ble en gradvis oppbygging av kjønnsmoden lakselus gjennom produksjonen (Figur 29).

For å undersøke opprinnelsen til de raskt økende lusenivåene som ble observert like etter overføring av fisk til AOF i første produksjonsfase ble det foretatt en analyse som beskrevet over. Her ble det modellert forventet luseutvikling basert på lusenivå på fisken ved overføring til AOF, samt eksternt smittepress fra lokaliteter innenfor 100 km avstand til AOF i det samme tidsrommet. Analysene viste at en sannsynlig forklaring på det økende antallet mobile lus per fisk i starten av produksjonsperioden var at fisken hadde vært infisert av høye antall fastsittende lus ved utsett i AOF, og at lusebehandlingen av fisken i forkant av overføring



Figur 29: Utvikling i bevegelige lus og kjønnsmoden hunnslus, fremstilt sammen med samtidig sjøtemperatur på lokaliteten gjennom første produksjonsfase. Gjennomførte tiltak mot lus nederst på figuren.

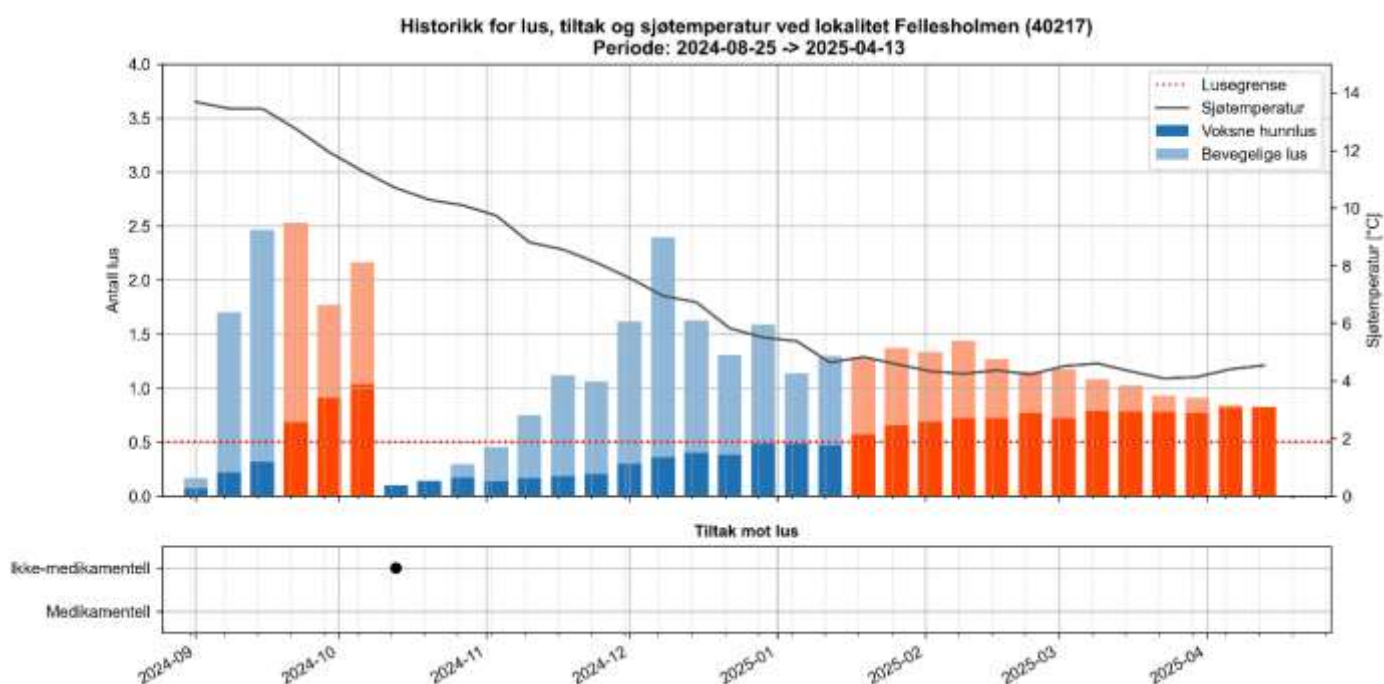
til Felleholmen ikke har fjernet de små, fastsittende stadiene. Dette illustrerer viktigheten av å starte utsettet med fisk fri for lus.

5.3.2 Lusesmitte i andre produksjonssyklus

I andre produksjonssyklus på Felleholmen, AOF ble fisken levert fra påvekstlokalitet i august 2024. Det ble også her avluset før innflytting i AOF. Etter overføring av fisk ble fisken behandlet med medikamentet Slice for å unngå de høye nivåene av skottelus som man observerte under høsten første produksjonssyklus. I perioden umiddelbart etter overføring til AOF fikk en imidlertid den samme raske veksten i lusenivå som i første produksjonssyklus (se faktaboks, Figur 30 og Figur 29). I motsetning til første produksjonssyklus ble det behov for avlusing av fisken etter relativt kort tid. Fisken ble behandlet i brønnbåt med metoden Optiflush i perioden 7.-10.oktober 2024. Etter

vekst i lus på lokaliteten (Figur 30). Lusenivåene kom over de forskriftfestede lusegrensene i januar 2025 (uke 3). På det tidspunktet var det allerede planlagt å slakte ut fisken så snart det lot seg gjøre. Værforholdene gjorde det utfordrende å avslutte produksjonen som planlagt, med den konsekvens at anlegget hadde for høye lusenivå fra uke 3 til utslakt i uke 16.

På samme måte som for første produksjonssyklus ble det foretatt en analyse av smittedynamikk for å undersøke styrke og opphav til observerte lusesmitte og lusenivå på fisken. En sammenligning mellom miljøforhold og smittepress gjennom sommer og høst 2023 og 2024 viste at sjøtemperaturen var 2 – 3 grader høyere i 2024 enn i 2023, og at smittepresset i form av luselarveproduksjon var mangedoblet fra uke 35 og utover i 2024.



Figur 30: Utvikling i bevegelige lus og kjønnsmoden hunnlus, fremstilt sammen med samtidig sjøtemperatur på lokaliteten gjennom andre produksjonsfase. Gjennomførte tiltak mot lus nederst på figuren.

denne behandling observerte man en mer langsom

Utfordringer i produksjonen – lakselus

Hendelse: Det var en felles erfaring fra både første og andre produksjonssyklus at det ble en umiddelbar vekst i lusenivå etter overføring av fisk fra påvekstlokalitet til AOF. Dette til tross for at fisken ble behandlet for lakselus ved overføring til Felleholmen i begge tilfellene. Dette skjedde til tross for liten annen lakseproduksjon i området omkring lokaliteten.

Årsak: Videre analyser av intern smitte og eksternt smittepotensiale viste at smitekilden med overveiende sannsynlighet stammet fra manglende effekt av behandlingen på fastsittende stadier av lusa, og at det dreide seg om lus som satt på fisken allerede ved overføring til AOF Felleholmen.

Konsekvens: Første produksjonsfase kunne gjennomføres uten lusebehandlinger, mens det i andre produksjonsfase ble nødvendig med en avlusning i oktober 2024. Videre var det gjennomgående for høye lusenivå fra nyttår 2025 og frem mot utslakting i april 2025. Værforhold gjorde det utfordrende å avslutte produksjonen som planlagt.

Forbedringspunkt: Det er helt sentralt at produksjonen starter med fisk uten lus om en skal fullt ut lykkes med lusekontroll underveis i produksjonen i AOF. Analysene av smittedynamikken på lokaliteten viste at nedsenket drift i kombinasjon med beliggenheten til lokaliteten gir lav til moderat lusesmitte under produksjonen, også i perioder med svært høy luselarveproduksjon på lokaliteter innenfor 100 km avstand fra Felleholmen. Dette vil gi gode forutsetninger for god lusekontroll i fremtidige produksjoner, dersom en lykkes med å overføre fisk uten allerede etablerte lusepåslag.

6 Teknologi

Det tekniske måleprogrammet har hatt som målsetning å dokumentere hvordan systemer og konstruksjon fungerer i drift under ulike værforhold. Videre brukes registreringer kontinuerlig for å følge opp systemer under drift. Ved uventede hendelser eller registreringer vil alarmsystemer gi beskjed for å sikre både konstruksjon, fisk og arbeidsmiljø. Lagring av informasjon fra de ulike styringssystemene skjer ved bruk av ABB800XA. Flåtens integrerte styringssystem (AKVA connect) kontrollerer funksjoner som føring, ensilasje, kraftforsyning og fôrlager. Alle funksjoner i styringssystemene for merder og flåte kan fjernopereres fra landbasen.

Tabell 1 og Tabell 2 oppsummerer hvordan merd og ulike systemer overvåkes under drift, hvor hyppig ulike data registreres og hvor dataene dokumenteres. Figur 31 viser eksempel på overvåkningssystemer.

Tabell 1: Overvåkingsmetodikk for global oppførsel av merder.

Hensikt	Metode	Hyppighet	Dokumentasjon
Overvåke dypgang og trim	Hver av merdene er utstyrt med fire dypgangsmålere (trykksensorer) plassert med 90 graders avstand langs merdens omkrets. Dypgangsmålerne er plassert nært skrogets kjøplate og er neddykket i alle dypganger. Ved lite avvik i dypgang og trim varsles operatør i kontrollrom. Ved stort avvik utløses alarm.	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA. Eget skjema for ballastering i kvalitetssystemet EQS.
Overvåke nivå i ballasttanker	Hver merd har åtte ballasttanker utstyrt med nivåmålere (trykksensorer) som beregner tankenes fyllenhøyde og fylling. Hver ballasttank er utstyrt med en trykksensor og en overflowswitch. Hver tank er videre utstyrt med peilerør for å utføre manuelle peilinger i tank som sekundært system.	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA
Detektere vanninntrengning i skroget	Alle tanker i merden er utstyrt med nivåmålere. Alle tørre tomme rom under vannlinjen i operasjonsdypgang er utstyrt med lekkasjedetektorer. Ved endring av tanknivå eller deteksjon av vann, utløses alarm i kontrollrom.	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA
Kontrollere stabilitet	Merdens stabilitet beregnes ut fra dypgangsmålinger, nivåmålinger i tanker, nivåmåling i luftlomme og strekk i forankringsline. "Ghostvekt" som i hovedsak skyldes marin begroing eller snø og is beregnes daglig basert på avvik mellom teoretisk dypgang og målt dypgang basert på nivå i tanker og luftlommer samt vertikallast i forankringslinjer	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA
Overvåke merdens posisjon og bevegelser	Merdens posisjon måles med GPS. Merdenes dynamiske akselerasjoner og bevegelser i alle 6 frihetsgrader måles med MRU (Motion Reference Unit).	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA
Registrere overskylling	Videostøm og stillbilder fra overvåkningskameraer benyttes til å registrere hendelser med overskylling og estimere utstrekning og høyde.	Ved hendelser	Registreres som årsak til utilgjengelighet i daglig kontrollskjema.
Registrere strekk i forankringslinjer	Strekk i forankringslinjer måles i innfesting til skrog.	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA
Detektere brudd i forankringsline	Strekkmålinger brukes til å oppdage brudd i forankringslinjer.	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA
Overvåke tilstand av forankringslinjer	Tilstandsovervåking gjennom visuell inspeksjon ved bruk av ROV.	Fastlagte intervaller	Rapporter fra inspeksjon

Funksjonstestperioden med fastlagt program ble gjennomført fra september 21 til utsett av fisk juli 23 og er beskrevet tidligere i rapporten og i en egen rapport. Denne inneholder utfyllende informasjon om de tekniske systemene og testing før første utsett av fisk.

Hovedinnhold teknisk måleprogram (ref. Målkriterie 7.1 og 8.1)

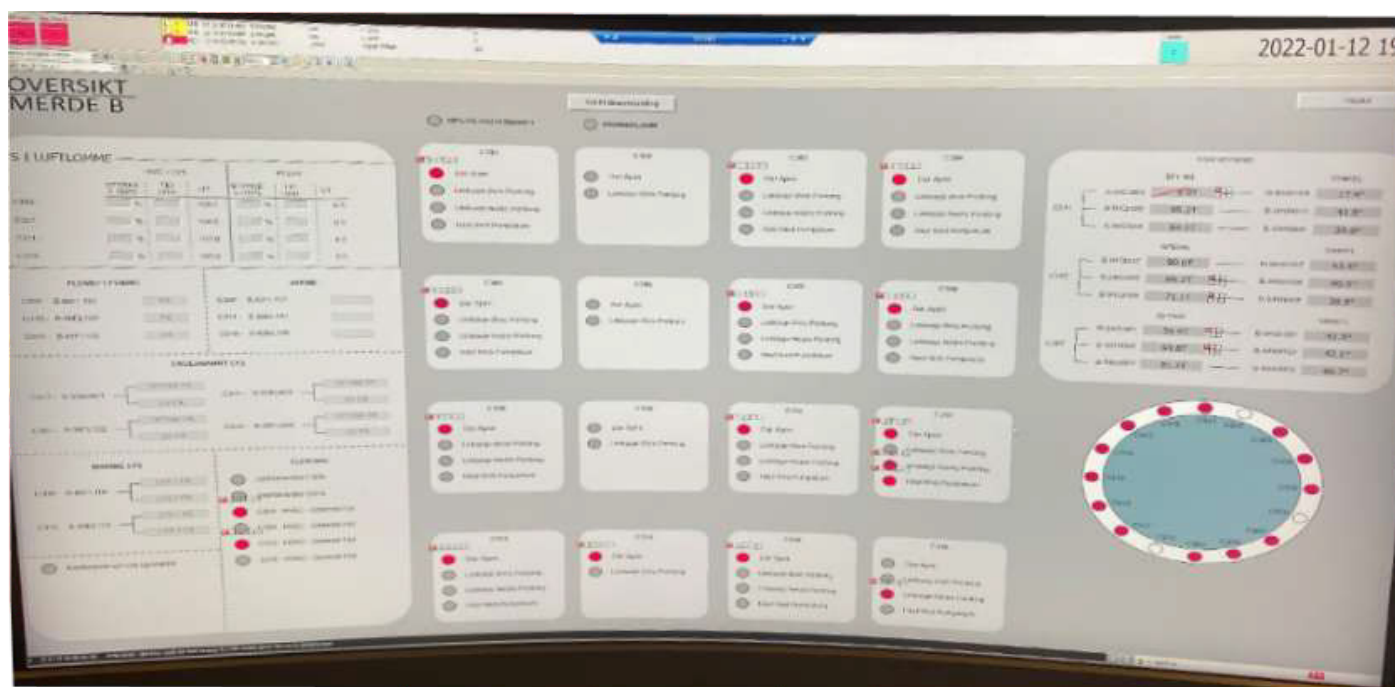
Det tekniske måleprogrammet har som målsetning å dokumentere hvordan systemer og konstruksjon fungerer i drift. For merdssystemer innebærer dette dypgang og trim (ballastsystemer), stabilitet, luftlommer, forankring og bevegelser, og notsystem.

For flåtesystem innebærer dette undervannsføring og dødfisksystem.

Testing av vinsjer, kobling mot brønnbåt og nothandtering har også inngått.

Tabell 2: Overvåkingsmetodikk for not, luftlommer, føringsystem og dødfisksystem.

Hensikt	Metode	Hyppighet	Dokumentasjon
Overvåke innfestinger av not	Overvåkes gjennom visuell inspeksjon ved bruk av ROV.	Månedlig og etter behov ved uvær eller drifts-operasjoner	Rapporter fra inspeksjon
Overvåke bevegelser i not	Overvåkes gjennom visuell inspeksjon ved bruk av ROV.	Månedlig og etter behov ved uvær eller drifts-operasjoner	Rapporter fra inspeksjon
Overvåke notintegritet	Overvåkes gjennom visuell inspeksjon ved bruk av ROV.	Månedlig og etter behov ved uvær eller drifts-operasjoner	Rapporter fra inspeksjon
Overvåke luftnivå i luftlomme	Hver luftlomme er utstyrt med trykksensor. Målinger fra denne trykksensoren kombineres med trykkmåling fra dypgangsmålere. Differansetrykket korrigeres for vertikal avstand mellom sensorene og høyde på luft i luftlommen kan beregnes. Målingen midles over tid for å unngå dynamiske forstyrrelser. Ved feil nivå av luft i luftlomme varsles operatør i kontrollrom. Luftnivå i luftlommer justeres en gang per dag ved behov, etter nedsenking av merden eller ved varsel om lavt luftnivå	Kontinuerlig	Data fra ABB800XA. Logges også daglig i kvalitetssystemet EQS.
Overvåke dynamikk i luftlomme	Hver luftlomme er utstyrt med kamera og lyskilde (vanlig lys og IR). Referansemerker er malt på innsiden av luftlommen slik at dynamiske bevegelser kan estimeres. Videostrøm fra kamera lagres i noe tid, slik at dynamikk i luftlomme kan sammenlignes med miljøforhold og merdens bevegelser.	Daglig	Data fra ABB800XA. Logges også daglig i kvalitetssystemet EQS.
Overvåke undervannsføring	Registeringer i AKVA Connect av tonn per dag og kilo/min/utføringspunkt. Spredning/fordeling av før i merden observeres ved hjelp av kamera.	Kontinuerlig	AKVA Connect
Overvåke dødfisksystem	Funksjonalitet registreres ved bruk.	Ved pumping	Eventuelle avvik registreres i kvalitetssystemet EQS.



Figur 31: Bilde av skjerm som viser oversikt over sensorikk.

6.1 Tekniske driftserfaringer merder og flåte

6.1.1 Notsystem

Det har aldri tidligere blitt utviklet og testet notsystemer for så krevende miljøforhold som på AOF. Notsystemet på AOF er dobbelt med innernot (produktsertifisert) og ytternot (ekstrauststyr). Ytternot er satt inn som en ekstra barriere for å sikre mot rømming ved eventuell svikt i innernot. Under drift er det avdekket at det opprinnelige designet av innfesting av ytternot var sårbart for slitasje, og det ble allerede i 2023 utarbeidet en plan for utskifting av ytternot. Basert på hendelsen 19. november 2024 (se faktaboks), ble utskiftingsplanen oppdatert. Notsystemet gjennomgår nå endringer for å forbedre robustheten og sikre trygge forhold for fisken.

Et annet viktig aspekt ved konseptet og notsystemet er evnen til å opprettholde notvolum i dårlig vær. I driftsfasen har det vist seg at notvolumet opprettholdes på over 80 % selv under ekstreme forhold. Dette inkluderer erfaringer med 2-3 svært kraftige stormer i perioden, med vær- og sjøforhold rundt Hs 5,5 - 6 meter.

6.1.2 Luftlommer

Hensikten med luftlommene er å gi tilgang til et luftvolum under vann slik at fisken kan justere

svømmeblæren. I drift viste det seg at bortfall av luft eller endring av dynamikk i luftlomme ikke var et problem. Fylling av luft er lagt inn som rutinemessig oppgave. Se også avsnitt 5.2.4 om fiskens bruk av luftlommer og svømmeblærefylling.

6.1.3 Fôringssystem

Da merdene var ankret opp og det ble satt i gang test av fôrsystemet, ble det oppdaget at spredningen på fôret i merdene var lav. Før mottak av fisk ble det derfor implementert en løsning med to utfôringspunkter pluss et perforert rør som strakk seg diagonalt gjennom merden mellom to fôringspunkter. Kameraer ble plassert ved begge enkeltpunkt, og et kamera ble montert i en kamerabane som dekket diagonalstrekket. Hensikten var at diagonalstrekket skulle gi økt spredning på fôret og mulighet til å også kunne føre inn mot senter av merden.

Utfordringene med undervannsfôring ble relativt raskt synlige under drift, da ett av fôrrørene i merden tettet seg under fôring. Disse erfaringene førte til økt fokus på rensing av fôringssystemet før og etter fôring, samt god overvåking av utfôringspunktene. Man erfarte også at deler av anlegget på flåtesiden har en utforming som gjør vask, vedlikehold og tilsyn krevende.

Tekniske utfordringer under drift – Notsystem

Hendelse: Den 19. november 2024 ble det oppdaget hull i både indre og ytre not som medførte melding om mistanke om rømming. Beredskapstiltak ble iverksatt i tråd med gjeldende prosedyrer. Enheten ble hevet umiddelbart og skader på nøtene ble utbedret i samarbeid med notleverandør. Fire gjenfangstgarn ble satt, men kun ett fungerte som tiltenkt. På grunn av utfordrende værforhold ble gjenfangstfiske avsluttet etter ett døgn.

I etterkant av hendelsen ble det gitt to avvik fra Fiskeridirektoratet, med påfølgende pålegg om å rette forholdene. Det første avviket omhandlet utilstrekkelig beredskap til å håndtere rømmingshendelser på lokaliteten, mens det andre omhandlet mangelfull inspeksjon av notsystem.

Årsak: Notsystemet på AOF er et dobbelt notsystem med innernot (produktsertifisert) og ytternot (ekstrauststyr). Ytternot er satt inn som en ekstra barriere for å sikre mot rømming ved eventuell svikt i innernot. Glidelås i innernot hadde hatt en skade tidligere som hadde blitt utbedret. Den utbedrede skaden hadde ikke samme styrke som et fabrikknytt system, noe som etter hvert førte til at «tennene» i glidelåsen jobbet seg fra hverandre og til slutt åpnet seg. Skader i ytternot skyldes uforutsett kontakt mellom not og stålkonstruksjon. Stålkonstruksjonen var i tillegg begrodd med rur, noe som bidro til slitasjeskader og hull i ytternot.

Konsekvens: For å få klarhet i omfanget av den potensielle rømmingen, ble det satt krav om opptelling av fisken. Det ble derfor besluttet å slakte fisken og få en sikker opptelling av antall fisk i noten.

Forbedringspunkt: Det ble i 2023 etablert en plan for utskifting av ytternot, og basert på erfaringene fra de to første produksjonssyklusene og spesielt hendelsen 19. november 2024, skal notsystemet skiftes til et modifisert og forbedret design før neste produksjonssyklus. Neste utsett er derfor utsatt fra høsten 2025 til våren 2026. Videre vil det etableres bedre kamerabasert overvåking av notsystem for å kunne fange opp mulige kontaktpunkt mellom not og struktur. Arctic Offshore Farming vil forbedre beredskapen på lokaliteten ved å vurdere og evaluere alternative metoder for utsett av beredskapsgarn, gjenfangstfiske på eksponerte lokaliteter, samt å øve på gjenfangst under ulike værforhold.

Selv med ett mindre f ringspunkt har f ringssystemet i stor grad vært operativt. I løpet av første driftsperiode ble det registrert fem avvik knyttet til tapt eller redusert f ring. Det er også erfart flere tekniske stanser i f ringen som har vært mulig   rette opp med en gang. Gjeng ende tekniske problemer nevnes i Tabell 3. De fleste tekniske problem har krevd at man fysisk må være på fl ten for feilretting.

Flere av de tekniske utfordringene som har oppstått under drift er blitt l st i samarbeid med leverandører. Det var fortsatt noen tilbakevendende problemer som måtte håndteres fortløpende. Det gjaldt særlig kommunikasjon mellom komponenter og systemer i f ringssystemet, i tillegg til

utformingen av f ringssystemet i merden, som ikke gav tilstrekkelig spredning av f ret.

En intern arbeidsgruppe ble etablert med formål om   utvikle et nytt konsept for f rspredning. Arbeidet til denne gruppen førte til implementeringen av en større spredder plassert sentralt i merden, tilsvarende mer tradisjonelle systemer der f ret spres fra midten. To av f ringslinjene ble koblet til denne sentrale spredderen, slik at halve kapasiteten på f ringsanlegget ble fokusert her. I tillegg ble det utviklet to mindre spreddere plassert ved de tidligere utl pspunktene. Det nye konseptet med tre distribusjonspunkter fordeler f ret mer effektivt og gjør matfatet større og lettere tilgjengelig for fisken og har vist seg   fungere godt.

Tabell 3: Tekniske erfaringer med f ringsanlegg og tilhørende tiltak.

Hendelse	Beskrivelse	årsak og tiltak
Returvannstank tømmer seg ikke (tank for overflødig vann fra vannf�ringssystemet).	Når tanken er full slås f�rsystemet ut og f�ringen kan ikke startes f�r tanken tømmes.	Kommunikasjonsfeil mellom systemer. Sjekk at tank ikke er full før oppstart av f�ring.
Diverter stopper (fordelingsmekanisme for f�ret som transporteres til dagsilotank).	Fysiske begrensninger (designfeil), og f�rfett som samles opp.	Fjernet fysiske begrensninger og tilsyn/vask av diverter ved behov.
For høy motstand i doserer ved oppstart (transporthjul som flytter f�r fra hovedsilo til transportsystem).	Fører til at sikring slår ut. Hvis doserer står lenge uten � bli brukt, kiler doserer seg.	Funksjonstest av doserer i forkant av uværsperioder.
Nødstopp på f�rsystem slår inn.	All f�ring stoppes.	Nødstopp slår inn på grunn av lensepumpealarm som slår inn.
F�r ikke startet f�rprogrammet.	Hoved-pc på fl�ten må restartes.	Ukjent �rsak.
F�rskrue (skrue som transporterer f�r fra dagsilo og ned i vannf�ringssystemet) fortsetter � gå selv om vannsluse (sluse som mikser inn f�ret med vann) slutter � gå.	Fører til at f�ret hopper seg opp og faller ut fra f�rsystemet.	Årsak er mangel på kommunikasjon mellom skruen og slusa.

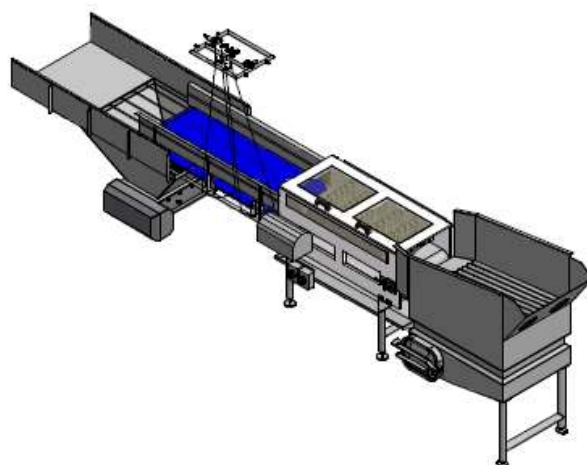
6.1.4 D dfisk-system

Hensikten med dødfisk oppsamlings- og h ndteringssystem er   samle opp og transportere dødfisk fra merden(e) til d dfisksystemet og ensilasjesystemet om bord i forfl ten.

De funksjonelle kravene for systemet fokuserte på; permanent dødfisk-oppsamlingssystem i bunnen av den indre noten, egnethet ved trenging og noth ndteringsoperasjoner, systemet skal drives av vakuum, redundant trykklufttilf rsel, samt dødfisk overføres fra merd til flåte via slange/umbilical for ensilering på fl ten.

Basert på utilgjengelighet av fl te på første utsett, så vi behov for   kunne fjernstyre opptak av dødfisk. Det ble derfor investert i en ny d dfisklinje som inkluderte transportbånd, kamera for telling av fisk og stunner (Figur 32). Kommunikasjonen mellom linjen og kontrollsystemet har vært noe

utfordrende, noe som har medført at håndtering av dødfisk har blitt utført med personell på flåte også for andre utsett.



Figur 32: D dfisksystem.

6.1.5 Dypgang, trim, stabilitet og ballastsystem

Hovedformålet med systemet er å kontrollere dypgang (draft) på merdene og helningsvinkel (inklinasjon) i driftsfasen. I driftsfasen kan merden operere ved to ulike draft; operasjon draft (16.750m) og service draft (3.750m). Det er 8 ballast tanker på hver merd lokalisert på nedre pongtong. Inne i 4 søyler er det store rør som gir mulighet til å heve opp pumpene for vedlikehold, samt pumpe sjøvann inn og ut av ballast tankene. Hver merd har 8 ballast pumper og 8 de-ballast pumper.

Draft og inklinasjon kontrolleres enten ved å fylle sjøvann (ballastvann) i ballasttankene eller ved å reversere ballastoperasjonen ved å pumpe ballastvannet fra ballasttankene til sjøen.

Ballastsystem ble grundig funksjonstestet i forkant av driftsfase med fisk (se funksjonstestrapport). I driftsfasen har ballastsystemet fungert som tiltenkt. Det viser seg overtid at renhold av inntaksrister er viktig for utnyttelse av kapasitet på ballastpumper, ved begroing tar ballastering noe lengre tid uten at det har hatt betydning for fisken.

6.1.6 Forankringssystem

Det ble gjennomførte geotekniske undersøkelser av bunnforholdene på Felleholmen. Disse undersøkelsene viste at det var for lite sediment på de fleste plasser hvor opprinnelig plan var å fortøye merdene med anker. Det ble dermed besluttet å installere fjell-bolter. Se funksjonsrapport for mer utførlig beskrivelse av forankringsoppsett og grunnundersøkelser.

Under installasjon av fjellbolter ble noen avvik funnet mellom seismikk data og faktiske grunnforhold, det oppsto også noen avvik mtp vinkel og oppstikk på fjellboltene. Avvikene ble fulgt opp og lukket ved gjennomføring av oppdaterte analyser på kapasitet, utvidet inspeksjon av liner og kontinuerlig måling av strekket i hver enkelt fortøyningslinje basert enten på lastcelle eller måling av vinkel på kjettingstopperne.

Under hook-up av forankringslinene til merd A og merd B høsten 2021 så var det i henhold til prosedyrer søkelys på forstramming og tvist i liner. Forstrammingen skulle være i overkant av 70 tonn, mens tvist skulle være under 3 grader pr. lenke. Forstrammingen ble gjennomført i henhold til prosedyrer og analyser, mens tvist ble vurdert av ROV.

Oppdaterte levetidsberegninger ble gjort etter installasjon. Dette viste at levetiden på forankringssystemet har minimum levetid på 144 år, mens deler av forankringssystemet har en levetid på godt over 1000 år.

Inspeksjoner av forankringsliner i etterkant av installasjon har ikke påvist noen avvik. På systemet for strekk/vinkel-målinger har det vært bortfall av signal på enkelte målere, bortsatt fra det har det ikke vært større avvik.

6.1.7 Materialhåndtering

AOF anlegget var i utgangspunktet ment å ha hovedsakelig materialhåndtering med kran fra fartøy som leverer til anlegget, samt kran-arme og vinsjer for materialhåndtering på selve merdene, inkludert håndtering av notsystemet.

Det viste seg at dette medførte en noe krevende materialhåndtering, blant annet med at det oppstår relative bevegelser mellom leverende fartøy og merdene, noe som er uheldig når utstyr skal leveres/hentes. Håndtering av notsystemet viste seg også krevende. I tillegg har det vært behov for relativt hyppig håndtering av utstyr. Det ble høst/vinter 2021 og våren 2022 gjennomført flere materialhåndterings-forsøk under drift uten fisk. Konklusjonen ble at merdene skulle utstyres med egne kraner for å løfte gods og utstyr fra servicebåter, utstyr i forbindelse med operasjoner som involverer brønnbåter, samt for å lette håndteringen av notsystemene og tilhørende operasjoner. Det ble derfor besluttet å gå til innkjøp av 2 stk. kraner som ble levert i 2022, samt at forberedelsene for å installere kranene om bord på merdene ble gjennomført sommeren 2022. Kranene ble installert ombord på merdene i mai/juni 2023 (Figur 33).

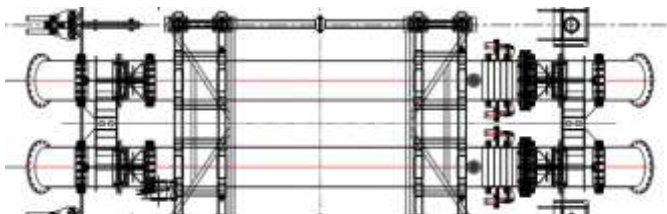


Figur 33; Kran for materialhåndtering.

6.1.8 Kobling mot brønnbåt

Formålet med Fiske Overførings Systemet (FOS) er å håndtere overføring av fisk mellom merd og brønnbåt på en kvalitetsmessig og fiskevelferdsmessig tilfredsstillende måte. Samtidig må løsningen være robust i forhold til sjø- og værforhold, operativt godt håndterlig og ha HMS fokusert design.

Det opprinnelige systemet ble testet uten fisk i forkant av driftsfasen (se funksjonstestrapport). Testing viste behov for å utvikle utstyr som tålte høyere bølgehøyde og medførte bygging et nytt FOS (Figur 34). Dette består av rør med tilkobling for slanger på innside og utside av pongtongen. Disse koblingene har også hurtig-sikkerhetskobling som er radiostyrt og der en kan koble fra slangene raskt hvis en uforutsett situasjon oppstår. Spjeld vil lukke seg automatisk slik at fisk ikke havner i sjøen.



Figur 34: Skisse FOS montert på nedre pontong.

Det har i driftsfasen blitt synliggjort et behov for å gjøre endringer og optimalisering av frakt og sammenkobling da deler av systemet vist seg utfordrende å handtere på en forsvarlig måte ved krevende vær.

Dette var et viktig argument for at det ble installert kran på hver merd med tilstrekkelig kapasitet og rekkevidde for å håndtere utstyr relatert til oppkoblingsoperasjoner.

FOS slik det framstår i dag har operasjonsbegrensninger som er beskrevet mer utførlig i hendelsesboks side 40.

7 Operabilitet, arbeidsmiljø og sikkerhet

Drift og bemanning av AOF ved Fellesholmen har vært preget av behov for fleksibilitet, god planlegging og høyt fokus på helse, miljø og sikkerhet (HMS). Det er gjort systematiske erfaringer og justeringer i bemanningsordninger for å møte kravene ved både ordinær drift og mer ressurskrevende operasjoner. I denne delen beskrives HMS-tiltak, samt hvordan tilkomst, værbegrensninger og behov for eksternt utstyr har påvirket operasjonell tilgjengelighet. Mer detaljert statistikk og tallmateriale finnes i sammendragsrapportene fra de to produksjonssyklusene.

Hovedinnhold måleprogram operabilitet, arbeidsmiljø og sikkerhet (ref. Målkriterie 7.1 og 8.1)

Dokumentasjon av operabilitet, arbeidsmiljø og sikkerhet ved anlegget omfatter registrering av tilkomstbehov, bruk av eksternt utstyr, og forhold som begrenser eller hindrer operasjoner, særlig knyttet til vær og bølgeførhold. Hver operasjon loggføres med formål, varighet, personell og eventuelle avbrudd. Tilkost til utstyr og utfordringer med arbeidsstillinger registreres for å forbedre planlegging og utforming av anlegget. Alle avvik dokumenteres i kvalitetssystemet EQS. Denne dokumentasjonen danner grunnlag for risikovurdering og optimalisering av drift.

7.1 HMS

Det er arbeidet systematisk for å sikre gode forhold for ansatte og besøkende under planlegging, testing og drift av AOF konseptet. HMS er sentralt i alt arbeid som gjøres på lokaliteten, og skal ivaretas både i forkant, underveis og etter utført arbeid. Det er løpende hentet inn data for å dokumentere helse, miljø og sikkerhet på arbeidsplassen, gjennom daglige registreringer, avviksføring, og utarbeidelse av erfaringsrapporter fra drift og operasjoner. Vi vil gjennomgå noen hovedelementer i dette arbeidet i avsnittene under:

Sikker jobbanalyse (SJA): Sikker jobbanalyse er gjennomført i forkant av hver arbeidsdag. Her gjennomgås utfordringer, risiko og konsekvens tilknyttet dagens arbeidsoppgaver, og det gjøres en vurdering opp imot ytre forhold som værforhold. Som en forberedelse til større operasjoner

gjennomgås operasjonsplan og SJA med alle involverte i operasjonen.

Risikovurderinger, prosedyrer og kvalitets-sikring: Det har vært arbeidet kontinuerlig med risikovurdering, etablering av gode rutiner og forbedringer av eksisterende prosedyrer for å gjøre arbeidet mer sikkert og effektivt. Blant annet er det innført klare operasjonskriterier for entring av anlegget med de ulike innretningene, se Tabell 4.

Tabell 4: Operasjonskriterier for entring av anlegget.

Hs ≤ 1.6	Hs 1.7 – 2.2	Hs 2.3 – 2.7	Hs ≥ 2.8
Full tilgang	Ferdsl med krav om risikovurdering	Kun ved kritiske oppgaver	Ingen ferdsl
Været påvirker ikke sikkerhet/risiko i betydelig grad	Været påvirker sikkerhet/risiko for arbeid på anlegget	Kun kritiske oppgaver på anlegget	Risiko for personskader ifm. entring er høy

HMS-avvik: Under drift har det blitt registrert enkelte fall- og klemskader. Noen av fallskadene (inkluderer fall uten skade) har skjedd i forbindelse med entring (se avsnitt om entring). Det er i tillegg registrert fallskade ved arbeid på ring under krevende værforhold. Det er registrert to avvik med fall i sjø. Begge hendelsene har skjedd i sammenheng med montering av not. Majoriteten av klemskadene har vært hånd/finger i klem under arbeid med bevegelige komponenter. Det er registrert en ulykke underveis i driftsperioden som har ført til lengre tids fravær.

7.2 Behov for tilkomst under drift

Helt fra oppstartsfasen og videre inn i rigging og drift er det gjort vurderinger knyttet til tilkomst og operabilitet ved AOF. Daglige arbeidsoppgaver og større operasjoner skal gjennomføres på et anlegg med annet design og mange nye løsninger sammenlignet med konvensjonelle oppdrettsanlegg. En viktig forutsetning for at nye løsninger skal fungere i praksis er at utstyr og anlegg har tilstrekkelige tilkomstmuligheter. Dette er dokumentert gjennom prosjektet på ulike måter.

7.2.1 Behov for besøk på merdene

Det har vært sentralt å dokumentere og vurdere behovet for besøk på merden for å kunne estimere operabilitet og tilgjengelighet under ulike driftscenarier, gjennomføre risikovurderinger og for videre planlegging av driften. Hvert besøk på merden har vært loggført med mål for besøket (daglig tilsyn, periodevis inspeksjon av utstyr,

planlagt vedlikehold, , feilretting, alarm etc.), varighet og antall personer. Nødvendige, planlagte og ønskede besøk som ikke kunne gjennomføres grunnet dårlig vær er også loggført. Behovet for entring har vært høyest under perioder med notarbeid, ved mottak av fisk og ved levering til slakt.

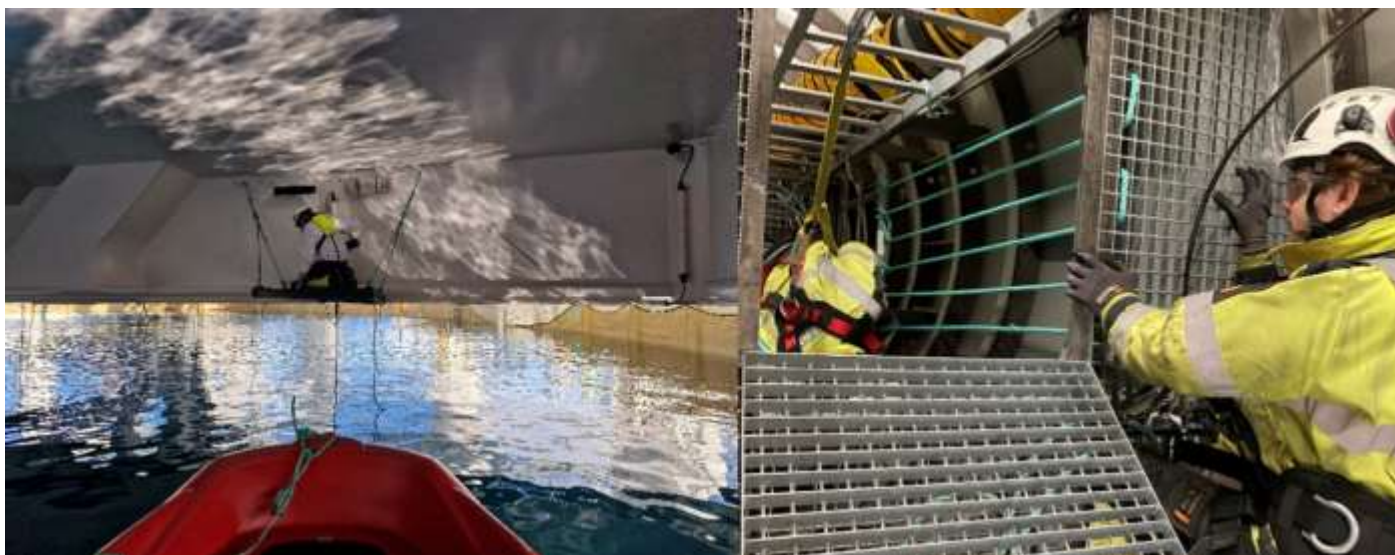
7.2.2 Behov for tilkomst under daglig drift

Røkting og vedlikehold av et eksponert og nedsenket stålanlegg innebærer mange av de samme oppgavene som i tradisjonelle anlegg, men utførelsen er forskjellig. Den største forskjellen er begrenset tilkomst til fisk og utstyr, som krever nye teknologiske løsninger, som for eksempel undervannsføring. Sentrale installasjoner som luftlommekameraer, miljøsensorer og lys er ikke tilgjengelige under vanlig drift, noe som understreker behovet for funksjonstesting før mottak av fisk og nedsenkning av anlegget.

Den største tilkomstutfordringen under produksjonen har vært entringsmulighetene til flåte og merd. Se Figur 35 for bilder av entringspunktene til anlegget. Flåten har entrings- og fortøyningsmuligheter på begge langsider, på både øvre og nedre pongtong. Entering i nedsenket posisjon er imidlertid mer utfordrende på grunn av mindre fendring og kortere avstand mellom søylene. Fortøyning og entring fra personalbåter



Figur 35: Bildene viser de ulike entringspunktene på anlegget. Fra venstre: Hangar på flåte, båtlanding flåte, båtlanding øvre pongtong, båtlanding nedre pongtong.



Figur 36: Eksempler på arbeid med utfordrende tilkomst.

innebærer risiko, spesielt under dårlige værforhold og ansatte har opplevd at dette begrenser muligheten til å utføre daglige driftsoppgaver. Innførte tiltak for å redusere risiko inkluderer entringstrapp og operasjonskriterier basert på værforhold (se også avsnittet om HMS over).

For å redusere risiko knyttet til fortøyning har AOF en spesialtilpasset båtgarasje (hangar) for tryggere entring for personell. Tekniske feil og værforhold har begrenset bruken, og hele prosessen med tilgang til hangaren er tidkrevende og påvirkes av bølgeforhold, noe som også har redusert bruken og effektiviteten.

Begrenset tilkomst til lys og kamera i luftlommene har vært utfordrende for feilsøking og reparasjon. Arbeid i luftlommene fordrer godt vær og bruk av lettboat samt arbeidsplattform (se Figur 36). Tilkomst til kabler i øvre pongtong innebærer arbeid i lukkede rom, noe som medfører særegne krav til utstyr og kompetanse. Gjennomførte tiltak inkluderer kursing og innkjøp av relevant arbeids- og redningsutstyr.

7.2.3 Tilkomst under større operasjoner

Operasjoner som levering av fisk eller notutsett krever mye utstyr, samt arbeid på områder der man normalt sett ikke oppholder seg, se Figur 37. Gjennom de første driftsårene har det vært flere utfordringer med not som har resultert i større operasjoner, hvor en del av arbeidet krever at man arbeider utenfor pongtongens rekkverk. Dette har skapt utfordringer både med praktisk gjennomføring og samtidig ivaretagelse av sikkerhet for involvert personell. Tilkomstutfordringene har i mange tilfeller vært

knyttet til merdens design, og erfaringene viser at det er et større behov for å tilrettelegge for tilkomst og sikkerhet allerede i designfasen.

Det har særlig vist seg å være utfordrende med tilkomst for montering av utstyr ved arbeid på bunnring, ytternot og innernot. Montering av ytternot er et omfattende arbeid med stort og tungt utstyr (kjettingjekker, notvisnjer, nokker etc.) som skal fraktes, løftes og monteres på ringen. Dette arbeidet fordrer gode værforhold. Operasjoner som dette er sårbare for plutselige værendringer, som kan redusere sikkerheten for personell. Montering av utstyr til å løfte bunnring og not involverer tungt utstyr i høyden. Disse operasjonene utføres sjeldent, og det kan være en årsak til at tilkomst under montering ikke ble tilstrekkelig prioritert i designfasen.

7.2.4 Behov for eksternt utstyr

I oppstarts- og driftsfasen har lokaliteten hatt behov for ekstern arbeidskraft og utstyr, særlig i forbindelse med kranoperasjoner, fiskehåndtering og transport. Behovet, inkludert årsak og type, er loggført daglig og omfatter bruk av servicebåter, dykkerbåter, elektrikere og brønnbåter. Registreringene viser et økt behov ved opprigging og nedrigging i forbindelse med fiskemottak og -levering. Totalt sett er lokaliteten avhengig av ekstern bistand ved større operasjoner, som kran-/løfteoperasjoner, transport og reparasjonsarbeid.

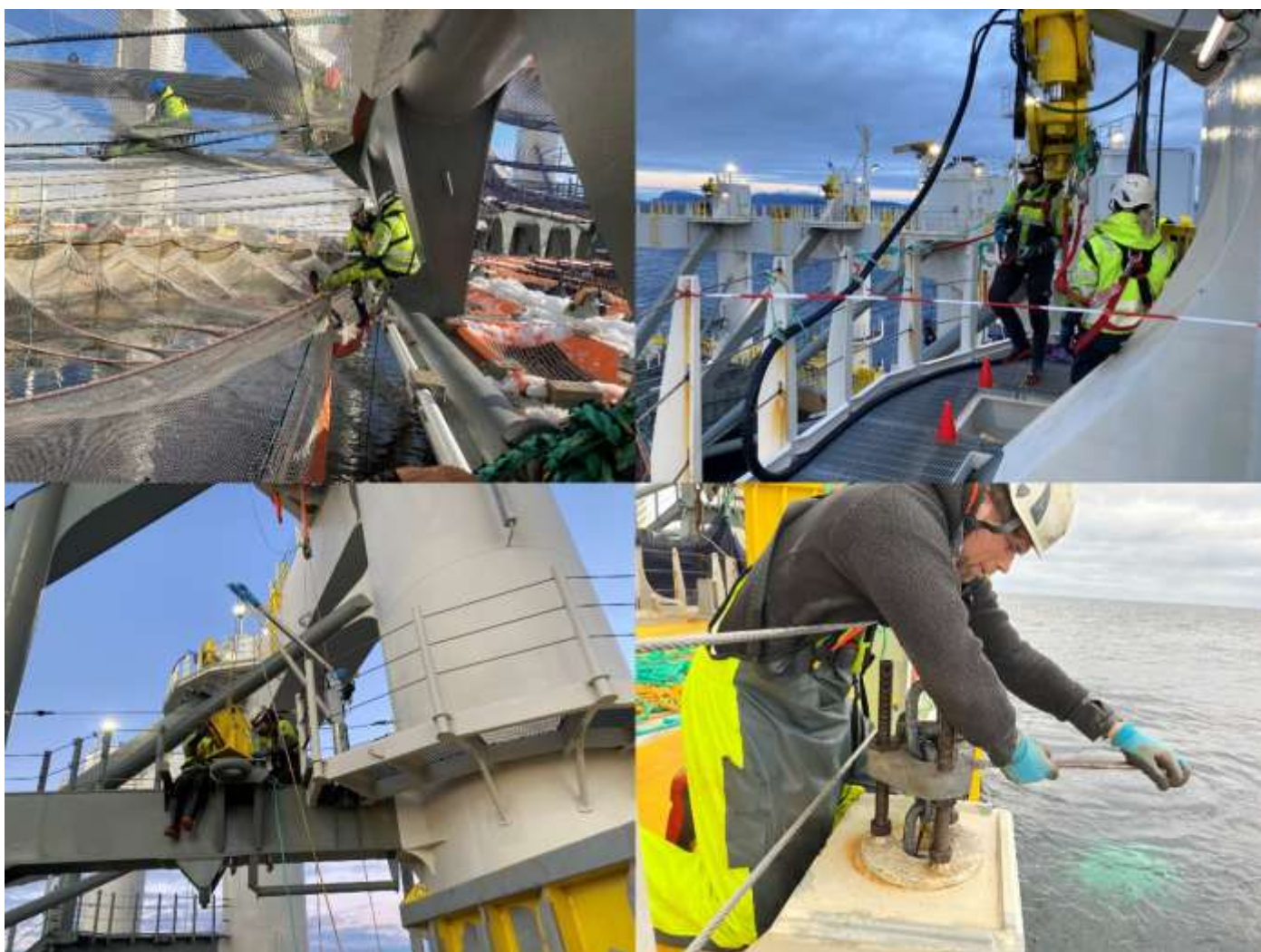
7.3 Behov for endring av dypgang

Underveis er det også samlet informasjon om behov for ballastering og deballastering av merdene mellom service- og operasjonsdypgang. Under produksjon ønsker man å holde anlegget i

nedsenket posisjon i så stor grad som mulig for å hensynta fiskevelferd og unngå lusepåslag. Utsett av fisk, lusetelling, feilretting ved driftsutfordringer, samt senking ved signifikant bølgehøyde (H_s) over 3 m er eksempler på operasjoner som fører til behov for endring av dypgang. Figur 38 viser bilder av merd i hevet og nedsenket posisjon.

Observasjoner fra første produksjonsfase illustrerer behovet for endring i dypgang (Figur 39): Merd B ble hevet fem ganger med fisk i merd, og har sammenlagt stått i hevet posisjon i totalt ti dager i

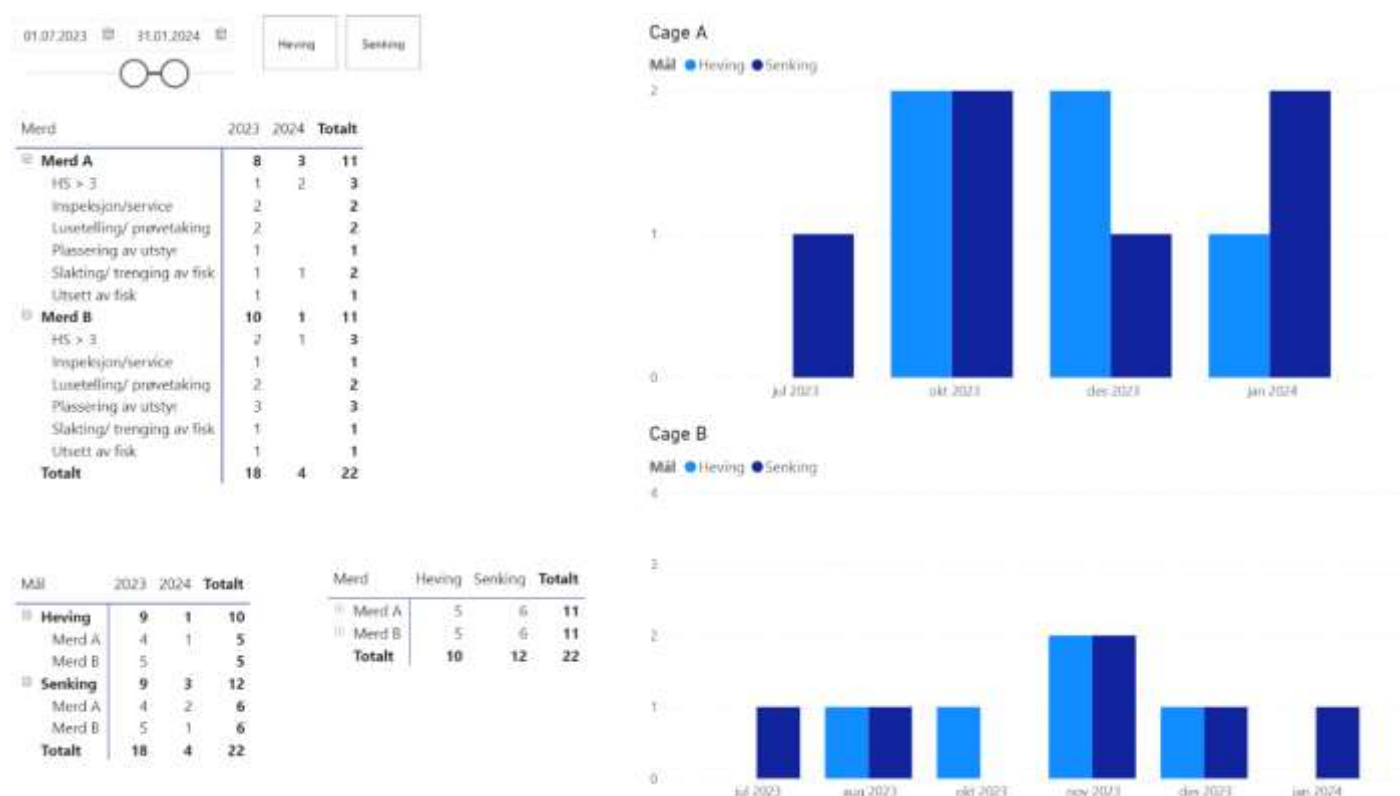
løpet av produksjonsperioden, noe som utgjør 7 % av antall dager i drift. Syv av de ti dagene var i forbindelse med levering av slaktefisk i slutfasen av produksjon. Merd A ble hevet seks ganger, og var hevet 14,3 % av produksjonsperioden. Majoriteten av antall endringer i dypgang forekommer mot slutten av produksjonsperioden og skyldes ugunstige værforhold under forberedelse til slakteoperasjoner. Ved flere anledninger ble det påbegynt klargjøring til slakt, men ustabile værforhold førte til at arbeidet måtte avbrytes og reverseres.



Figur 37: Eksempler på arbeidsoperasjoner hvor tilkomsten har ført til økt tidsforbruk og ugunstige arbeidsposisjoner. Fra venstre: montering av takpanel, montering av kjettingjeker, montering av kjettinghjul og montering av tripods til ytternot.



Figur 38: Merd i hevet og nedsenket posisjon.



Figur 39: Endring av dypgang under produksjon av første generasjon (2023G).

7.3.1 Utilgjengelighet og værbegrensninger

AOF er designet for å tåle miljøkreftene på Fellesholmen, men operasjoner med fartøy og mennesker begrenses likevel av værforholdene (se Figur 40). Dette har ført til perioder hvor anlegget har vært utilgjengelig. Utilgjengelighet betegnes som perioder hvor det ikke har vært mulig eller forsvarlig for personell å oppholde seg på eller rundt anlegget.

I første og andre driftsfase ble det registrert henholdsvis 19 og 66 utilgjengelighetsdager for

flåten og 23 og 68 utilgjengelighetsdager for merdene. I noen av tilfellene var det mulig å entre merdene, men ikke mulig å fortøye. Utilgjengelighet skyldes hovedsakelig høye bølger, spesielt i vintermånedene. Dette har påvirket mulighet til å få inspisert notsystem og levere fisk til slakt (se egen faktaboks).

Anlegget er tilpasset fjerndrift og flere av de daglige oppgavene som føring og velferdsovervåking er likevel mulige å gjennomføre under utilgjengelighet. Noen oppgaver knyttet til dødfiskhåndtering og

oppfølging av føringssystemet krever fysisk tilstedeværelse. Erfaringene viser at anlegget i stor grad kan fjerndriftes, og med tekniske tilpasninger av flåtesystemene kan fjerndriften forbedres ytterligere.

Levering av fôr har periodevis vært utfordrende på grunn av værforhold, da det forutsetter rolig sjø, slik at det er lite bevegelse på fôrflåten samt at fôrbåten ikke får for mye pendel i slangen som leverer fôr til siloene på flåten. God fôrkapasitet på flåten har hindret tomme siloer. Forebyggende tiltak inkluderer overvåking av værprognoser og dialog med fôrbåt for planlegging av leveringstidspunkt.

Strømnettet til landbasen i Tromvik er ustabilt i uvær, noe som periodevis har gitt utfordringer med fjerndriften. Eksempelvis ble det registrert 4 strømbrydd i løpet av 2023, noe som viser sårbarheten ved fjerndrift under slike forhold.

Anleggets plassering har skapt utfordringer med internett-, telefon- og VHF-dekning og dermed kommunikasjonen internt og ut fra AOF. Internettdekningen er utbedret, og WiFi-samtaler har forbedret kommunikasjonen. VHF-kommunikasjon har vært hindret av stålvegger, noe som potensielt påvirker sikkerheten. En ny VHF-løsning over 4G og WiFi har forbedret kommunikasjonen.

Operasjonelle utfordringer under drift – Værvindu for brønnbåtoperasjon

Hendelse: Levering av fisk fra merd B til slakting for første utsett ble påbegynt 29.11.23 og ble gjennomført med Hs opp til 0,9 meter. For Hs større enn 0,9 meter måtte levering avbrytes eller utsettes. Været forlenget leveringsperioden på merd B med ca 2 døgn. Etter at merd B var ferdig levert, gjorde vær med Hs over 1 meter at levering fra merd A måtte utsettes. Etter hvert måtte også alt av utstyr som var i bruk under leveringen rigges ned på grunn av vinterstorm. Levering fra merd A ble påstartet 03.01.24 og gjennomført med samme Hs-begrensning som merd B. Både bølge-høyde, -lengde og -retning er av betydning for mulig gjennomføring av operasjoner.

Levering av fisk fra merd A til slakting for andre utsett ble påbegynt 08.01.25. Da hadde brønnbåten vært 2 dager på lokalitet i påvente av bølgeforhold for å koble på brønnbåtslanger til merdslanger. Det ble kun levert en last til slakt da værvinduet (for høy Hs over en lengre tidsperiode) ble for lite til å levere flere laster. Etter en last ble alt av utstyr som var i bruk under leveringen rigget ned og notsystem måtte lukkes og sikres. En lengre periode med dårlig vær gjorde at slakt av andre utsett ble ferdig i april 2025.

Årsak: Langvarig værsystem med høy Hs og vinterstormer skapte vedvarende ugunstige forhold. Været begrenset om brønnbåten kunne ligge fortøyd til merd, og hadde stor påvirkning på om det var mulig å koble på brønnbåtslanger til merdslanger på forsvarlig vis. Kranbruk og oppkobling av brønnbåtslangene var av de større risikoelementene under operasjonen på grunn av økt klemfare. Transport av nødvendig utstyr til enheten før slakt og av enheten etter slakt krever også værforhold som tillater lasting og lossing av utstyr, denne tiden er en del av nødvendig operasjonsvindu.

Konsekvens: For begge utsettene førte dette til utsettelse av levering av fisk til slakt. For andre utsett skapte utsettelsene ytterligere utfordringer. Det var besluttet å slakte fisken for å få klarhet i den potensielle rømmingshendelsen. Samtidig oversteg lusetellinger tillatte lusegrenser. Været var for dårlig til å gjennomføre avlusningsoperasjoner og Arctic Offshore Farming ble ilagt dagbøter.

Forbedringspunkt: Flere tiltak for å forbedre operabiliteten ved brønnbåtoperasjonen er identifisert og vil vurderes iverksatt før neste utsett. Dette inkluderer utbedring av tilkobling av overføringsslange, vurdering av lengde på overføringsslange og bruk av dynamisk posisjonering (DP) på brønnbåt.



Figur 40: Bildene er fra en storm i januar 2024 og viser hvilke krefter anlegget utsettes for.

8 Overordnet vurdering av AOF-prosjektet og videre planer

Arctic Offshore Farming er et unikt konsept og prosjekt som har levert ny teknologi, nye løsninger og en rekke viktige erfaringer og læringsmomenter tilbake til den norske havbruksnæringen.

Prosjektet bidrar til å svare ut sentrale problemstillinger knyttet til den videre utvikling av lakseproduksjonen i Norge. Det er behov for å ta i bruk nye og mer eksponerte arealer langs kysten. Samtidig er lakselus den viktigste utfordringen i lakseproduksjonen, og det er behov for løsninger som i større grad skjermer laksen fra lusen.

Målkriterie 9 – Sluttrapport

9.1 Sluttrapport: Prosjektet skal utarbeide en sluttrapport før eventuell søknad om konvertering. Rapporten skal inneholde en evaluering av prosjektet med basis i resultatene fra måleprogrammet samt interne suksesskriterier og anleggets virkemåte med tanke på kommersialisering av konseptet. Erfaringer fra drift som vil føre til endrede prosedyrer eller vesentlige designendringer/modifikasjoner før anlegget kan testes videre på en mer værhard lokalitet skal inkluderes i sluttrapporten.

Denne sluttrapporten oppsummerer og evaluerer prosjektet med basis i interne målsetninger, målkriterier, måleprogram, og viktige erfaringer fra drift som har ført til endringer underveis og som kan påvirke videre kommersialisering av konseptet. Den peker også på en del utfordringer knyttet til operabilitet som begrenser muligheten for videre testing på en enda mer eksponert lokalitet.

Prosjektet har tatt i bruk kunnskap om offshore teknologi fra andre havnæring og bygd en robust konstruksjon for lakseproduksjon på eksponerte lokaliteter. AOF har vært en av pionérene innen nedsenket lakseproduksjon for å holde laksen under lusebeltet, og har vært et foregangsprosjekt med hensyn på å overvåke og sikre fiskevelferd under nedsenket drift på eksponerte lokaliteter. AOF har lyktes med å skaffe kunnskap og erfaring fra drift under krevende værforhold.

De viktigste resultatene fra prosjektet er at den biologiske produksjonen av laks har gått fint. Fisken har vokst godt og den har lært å bruke luftlommene for å fylle svømmeblæren. Operasjonene knyttet til heving og senking av merden har ikke påvirket laksen negativt, og den ser også ut til å tolerere

perioder med dårlig vær på den eksponerte lokaliteten.

Prosjektet har gitt nyttig erfaring med nye teknologiske løsninger for produksjon på eksponerte lokaliteter. Prosjektet har engasjert en rekke leverandørselskap i utvikling og tilpasning av teknologi. Mange av de valgte løsningene har fungert godt og i henhold til plan. Samtidig har man høstet erfaringer som har medført at det sammen med leverandører er gjort tilpasninger for bedre ytelse, eksempelvis endring av innfestingssystem for not før utsett av fisk og endring i valgt teknologi for registrering av fiskens atferd fra ekkolodd i første produksjonsfase til multistrålesonar i andre produksjonsfase.

Produksjonen på den eksponerte lokaliteten Fellesholmen har også identifisert flere utfordringer knyttet til daglig drift og gjennomføring av operasjoner. Dårlig vær har gitt begrensninger mtp tilkomst for inspeksjoner, montering av utstyr og henting av slaktefisk med brønnbåt. Selv med god dimensjonering med hensyn på bølgehøyde og strømstyrke var effekten av havdønninger på operabiliteten større enn det en hadde sett for seg i planleggingen av produksjonen. Endrede løsninger for å øke tilkomstgrad, samt løsninger for å redusere antall dager for å rigge opp og ned i forbindelse med større operasjoner som transport av fisk til slakt, vil være sentralt i en eventuell videre utvikling av AOF. Dette er også et sentralt element for det kommersielle potensialet av drift av slike enheter: avbrudd og re-oppstart av slakteoperasjoner har mange effekter, som for eksempel økt omfang av sultedager og tapt tilvekst.

Selv om fisken i stor grad har vært skjermet for ekstern lusesmitte i nedsenket drift, har inntransport av fisk tidligere eksponert for lus ført til utfordringer med lus også i AOF. Utgangspunktet med hensyn på lusesmitte ville vært et annet om fisken kom direkte fra land, mens det på andre måter kan ha vært en fordel at fisken ble tilvent miljøet på en sjølokalitet før den ble flyttet helt ut mot havet. Konseptet har, selv om fisken ved inntransport allerede var eksponert for lus, lyktes med å redusere omfang av ny lusesmitte ved hjelp av nedsenket drift. Det nyutviklede systemet for luftlommer har vært sentralt for at dette har vært vellykket.

Prosjektet har også vist at det er hensiktsmessig å teste nye prosjekter gjennom flere produksjonsfaser før en konkluderer omkring

egnet av ulike løsninger. I dette tilfellet forløp første produksjonsfase uten større hendelser, mens det i andre produksjonsfase ble utfordringer knyttet til mistanke om rømming og for høye lusenivå. Disse utfordringene lot seg ikke håndtere som planlagt på grunn av operasjonelle begrensninger ved utfordrende værforhold.

Et annet forhold som har vært vanskelig å estimere i et pionerprosjekt som dette er kostnader. En faktor her er selvsagt tidsaspektet, da det har gått nesten ti år fra utviklingskonsesjonene åpnet for nye søknader, og oppsummeringen av prosjektet gjennom denne sluttrapporten. I den opprinnelige søknaden fra 2016 ble total investeringskostnad beregnet til 900 millioner kroner, og var da basert på en plan for fire enheter og tilhørende søknad om 15 utviklingstillatelser. Oppdaterte estimer fra 2017 oppgav investeringskostnadene for utvikling av én merd til 377 millioner kroner. Bygging og modifikasjoner, samt tilhørende utstyr mv., viste seg vesentlig mer kostbart enn forutsetningene som lå til grunn for beløpene foran: Det endelige prosjektet hadde en samlet anskaffelseskost, inkludert driftsmidler finansiert ved leasing, på cirka 1,9 milliarder kroner².

Utfordringene med operabilitet på lokaliteten Fellesholmen gjør at en vurderer muligheter for forbedringer på de operasjonelle systemene og beredskap, samtidig som annen plassering av AOF for fremtidig drift vurderes. Flytting av AOF, inkludert identifikasjon, godkjenning og klargjøring av annen lokalitet er beregnet til å medføre vesentlige kostnader. Identifisering av lokaliteter som med sikkerhet er egnet for konseptet i et livsløpsperspektiv vil være sentralt for om AOF kan videreføres som et kommersialiserbart konsept.

Videre vurderinger omkring matchen mellom teknologiske konsepter og tilgjengelige lokaliteter vil være helt sentralt for veien videre. Prosjektet har vist at når havbruksnæringen skal ta i bruk eksponerte lokaliteter holder det ikke at fisken trives og at installasjonene er bygd for røffe forhold. En er også avhengig av å gjennomføre røkting, føre tilsyn med fisk og utstyr, og ikke minst utføre rutinemessige operasjoner som levering av fôr, nødvendig vedlikehold og levering av slaktefisk. Selv om en har kommet et godt stykke på vei med

å utvikle automatiserte løsninger slik at en kan fjernstyre driften, er en ennå ikke helt i mål.

Prosjektet har gjennom suksesser og utfordringer høstet erfaringer fra og bidratt til mer kunnskap om produksjon av laks under nedsenket drift på eksponerte lokaliteter. Prosjektet peker samtidig på viktige videre utviklingsområder for slik produksjon – erfaringer, kunnskap og utviklingspotensial som vil være verdifulle for videre utvikling og som kommer hele næringen til gode.

² Arctic Offshore Farming AS, årsregnskap for 2023, note 4

9 Vedlegg

9.1 Leverandørliste

Leverandør	Fagområde/Utstyr/Tjeneste
Aanderaa	Leverandør av bølgebøye og oksygenmålere
ABB	Kraft- og automasjonspakke
Aker Solutions	Struktur- og basisdesign, verft for sammenstilling og utrustning
AKVA group	Forflåtedesign og -konstruksjon, ensilasje, personal-/arbeidsbåt
American Bureau of Shipping (ABS)	Tredjepartsverifikasjon fabrikasjon
Aquastructures	Tredjepartsverifikasjon og anleggssertifisering
Aquabyte	Kameraløsninger for produksjonsovervåking (biomasse, lus, fiskevelferd)
ARSafety	Redningsutstyr
Arntzen de Besche	Juridisk og kontrakt
BOA Offshore	Transport fra Tyskland til Norge, float-off og sjøsetting fra Verdal
Buksér og Berging	Transport/slep fra Verdal til Fellesholmen, utlegg av fortøying og hook-up Fellesholmen
CageEye	Overvåking - ekkolodd
DOF	Hook-up
DNV	Tredjepartsverifikasjon av basic design og detailed design, samt fabrikasjonsoppfølging, m.m.
Elpro Installasjon	Elektro - bistand til ferdigstilling
Fearnleys	Skipsmegler verft, fartøy, etc.
Fosen Yards	Verft (Hovedverft) struktur og prefabrikasjon
Frøy	Servicefartøyer, utlegg av subseakabler og anker for flåte
Gard	Forsikring
GeoMap	Seismikk og forankringsundersøkelser
Gjensidige	Forsikring
Gullfesken	Servicefartøyer
Havforskningsinstituttet	Rådgivning og laboratorietjenester, faglige råd for dokumentasjonsprogram for biologisk prestasjon
INAQ/Aqualife R&D	Telemetristudier, analyser av lusenivå
iSurvey	Geoteknisk og Bunnforhold
JM Robotics	Inspeksjons-ROV
Jotun	Maling
Kaeser	Kompressorer/trykkluftsystem
KSB	Ballast- og lensepumper, brannsystem og ventiler
Libra	Vannrette dører
LiftUp	Dødfiskanlegg/dødfiskopptak
MIL Shipping	Skipsmegler verft, fartøy, etc.
Multiconsult	Designbidrag innenfor flere felt
Mørenot Aquaculture	Design og konstruksjon av notsystem
Navigare Projects Ltd.	Engineering- og site-team
Oceanide	Modelltesting
OceanTec	Koordinering og assistanse i forb. med fortøyningslinjer/kjettinger og kabler/hook-up, etc.
Premaster	Styringssystem for vedlikehold
Proactima	Kvalitetsrådgivning
Qualitec	Mekanisk - bistand til ferdigstillelse
Reach Subsea	Hook-up
SafeTec	Lokalitetsrapport
Seasystems	Fortøying - kjettingstoppere
Senja Dykkerservice m.fl.	Dykkertjenester
Siem	Hook-up
Solstad	Hook-up
StoGda Ship Design & Engineering	Detailed design
Techano	Dekkskraner, notvinsjer, chain jacks og båtslipp i førflåte
TESS	Subseakabler
Turoteknikk	Pumper og bistand til ferdigstilling
Universitet i Tromsø	Faglige råd for dokumentasjonsprogram for biologisk prestasjon
Vicinay Marine	Ankerkjetting, løftekjetting, fjellbolter og subseakoblinger for ankerkjettinger
Viking Norsafe	Redningsutstyr
ÅF Consult	Kostnadskontroll
Åkerblå	Lokalitetsrapporter, miljøtjenester og fiskehelsetjenester