

# SLUTTRAPPORT 2021

## Innhold

1	Sammendrag.....	2
2	Innledning.....	8
2.1	Målkriterier og rapportering.....	9
2.2	Målsettinger for prosjektet.....	9
2.3	Beskrivelse av det teknologiske konseptet.....	11
2.4	Utsett og lokaliteter.....	13
2.5	Biologisk kunnskap om å oppdrette laks i dypet.....	14
3	Design- og byggefase.....	16
3.1	Designkriterier.....	17
3.2	Sertifiseringer.....	18
3.3	Byggefase.....	19
3.4	Funksjonstesting.....	19
4	Operasjonelle biologiske og teknologiske resultater.....	21
4.1	Operasjonelle biologiske resultater.....	22
4.1.1	Miljø.....	22
4.1.2	Fiskevelferd.....	22
4.1.3	Fiskeadferd.....	24
4.1.4	Lakselus.....	25
4.1.5	Produksjonseffektivitet.....	25
4.2	Operasjonelle teknologiske resultater.....	26
4.2.1	Luftkuppel.....	26
4.2.2	Flytekrage med tilhørende kablings- og styringssystem.....	27
4.2.3	Fortøyningssystem inkludert regulerbare bøyer.....	31
4.2.4	Krefter i konstruksjonen.....	32
4.2.5	Vannføringssystem.....	32
4.2.6	Dødfisksystem.....	33
4.3	Hovedkonklusjoner og anbefalinger fra produksjonsperiodene.....	34
5	Erfaringer og læring.....	35
5.1	Plattform for nye ideer.....	35
5.2	Praktisk drift.....	35
5.3	Kunnskap om lokaliteten.....	37
5.4	Vesentlige modifikasjoner eller endrede rutiner etter prosjektperioden.....	40
6	Evalueringsprosedyre av prosjektet som helhet.....	41
7	Suksesskriterier med tanke på kommersialisering og videre planer.....	42

### Vedlegg

Vedlegg 1 Målkriterier og oppfyllelse av disse

Vedlegg 2 Oversikt foredrag, artikler og annen kunnskapsspredning

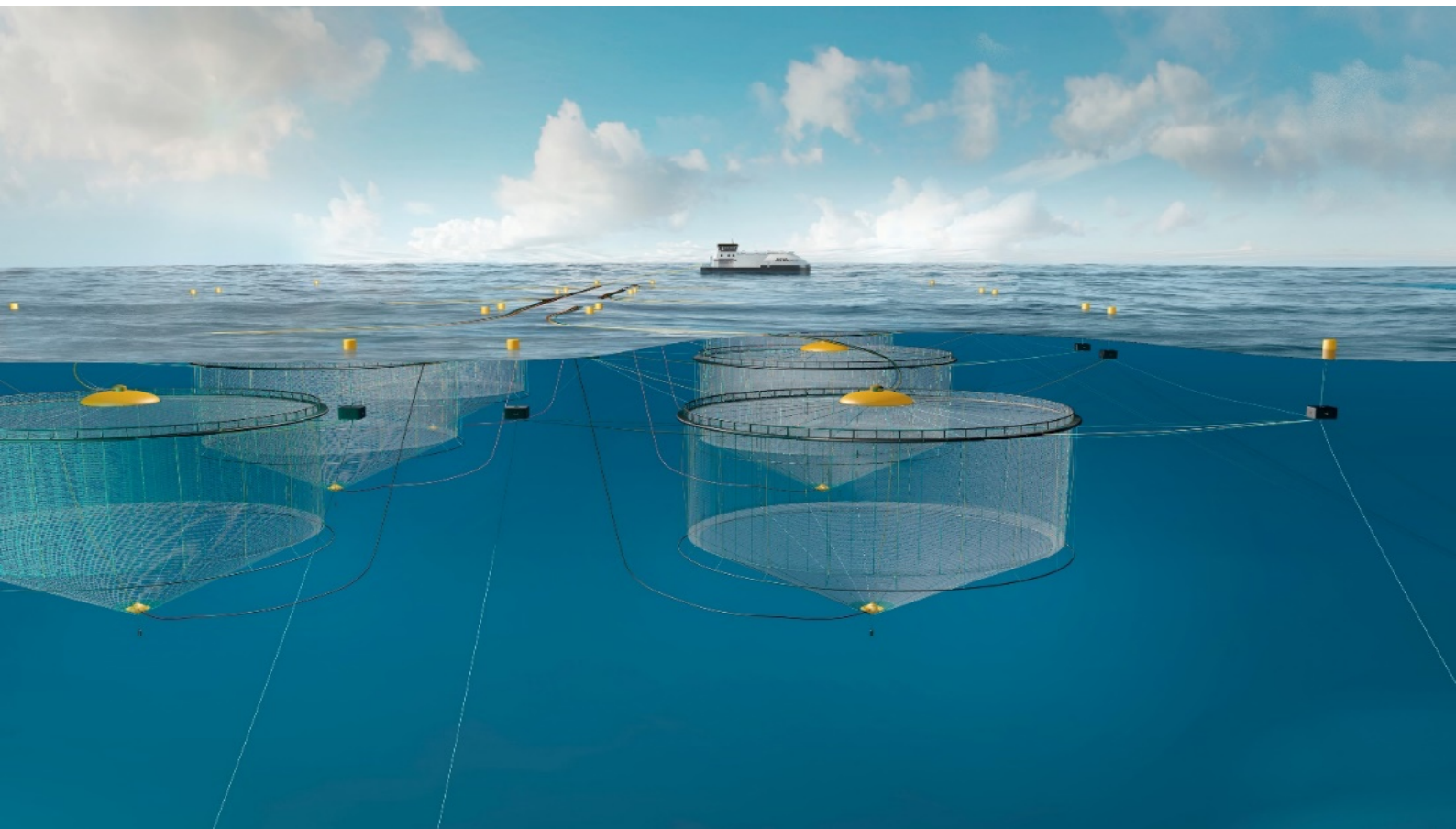
## 1 Sammendrag

Atlantis Subsea Farming AS ble i februar 2018 tildelt en utviklingstillatelse for å utvikle og teste nedsenkbare oppdrettsanlegg for laks. Utviklingstillatelsene er en ordning der særtillatelser kan tildeles teknologiprojekter med betydelig innovasjonshøyde og høye investeringer. Formålet er å utvikle teknologi som kan løse næringens miljø- og arealutfordringer.

Prosjektet Atlantis er nå gjennomført og i følge prosjektets målkriterier er det krav om å utarbeide en sluttrapport før det søkes om å konvertere utviklingstillatelsen til en ordinær tillatelse. Denne sluttrapporten inneholder en evaluering av prosjektet med basis i resultater fra måleprogrammene, deling av erfaringer, samt en vurdering av eventuelle designendringer/modifikasjoner og interne suksesskriterier med tanke på kommersialisering.

AKVA group ASA, SinkabergHansen AS og Egersund Net AS startet i 2014 arbeidet med å utvikle nedsenkbare oppdrettsanlegg for lakseoppdrett. De tre selskapene etablerte Atlantis Subsea Farming AS (Atlantis) med mål om å flytte produksjonen dypere ned i vannsøylen. Hensikten var å unngå utfordringer med lakselus, ivareta rømmingssikkerhet og ta i bruk mer eksponerte lokaliteter enn det som er vanlig i næringen i dag. Prosjektet var godt i gang da politiske myndigheter mot slutten av 2015 lanserte et nytt konsept med utviklingstillatelser. Ordningen samsvarte godt med målsettingen i Atlantis og prosjektet søkte om seks tillatelser i slutten av januar 2016, og fikk til slutt tildelt en tillatelse.

Atlantis Subsea Farming har gjennom hele prosjektperioden vært opptatt av å formidle resultater fra prosjektet i form av offentlig tilgjengelige rapporter som er publisert på prosjektet hjemmeside [atlantisfarming.no](http://atlantisfarming.no) og gjennom en rekke presentasjoner og artikler nasjonalt og internasjonalt.





Vi mener at vi har dokumentert prosjektet på en metodisk forsvarlig måte som gjør at kunnskapen opparbeidet i dette prosjektet kommer hele næringen til gode. I tillegg har Havforskningsinstituttet publisert vitenskapelige artikler i tilgrensende prosjekt om det vi betegner som «dyp drift».

Ved tildeling av utviklingstillatelsen ble det utviklet målkriterier for prosjektet og målkriteriene setter tydelige krav til dokumentering av prosjektet som sådan gjennom egen hjemmeside og fakta-ark om prosjektet, designverifikasjon, konstruksjon, funksjonstesting, anlegg sertifikat, måleparameterer i form av måleprogram, resultater fra produksjonssyklus og sluttrapport. Det aller meste av disse rapportene er publisert i sin helhet på prosjektets hjemmeside atlantisfarming.no.

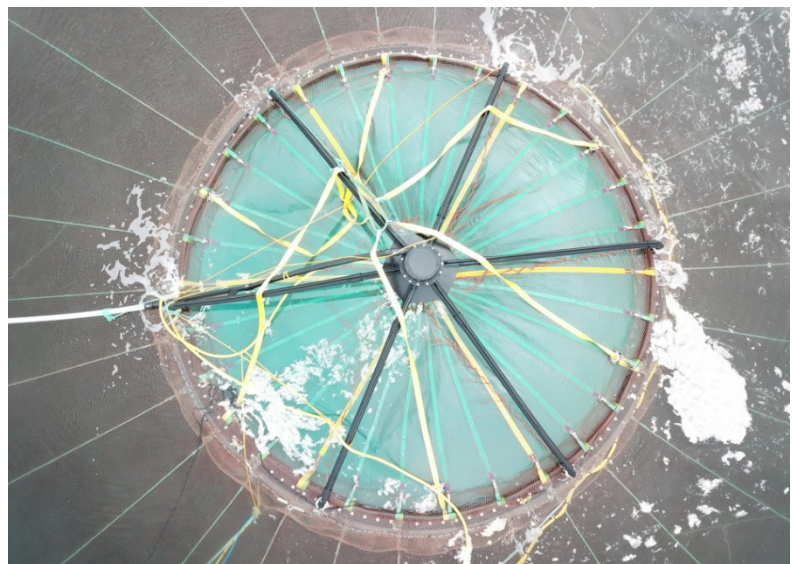
Atlantis Subsea Farming har samarbeidet med en rekke leverandører i gjennomføringen av prosjektet og det har vært særlig viktig å samarbeide med leverandører lokalt i Nærøysund-området der SinkabergHansen har sin aktivitet. AKVA group, med tilhørende datterselskaper, har vært sentrale leverandører i prosjektet og SinkabergHansen har hatt ansvaret for drift av fisk og anlegg under de tre utsettene. Det er gjennomført tre utsett i Atlantis på tre ulike lokaliteter nord i Trøndelag og sør i Nordland – Gjerdinga (2019), Skrubbholmen (2020) og Ottervik (2021). For hvert utsett er det utviklet et eget Måleprogram der de biologiske og teknologiske resultatene fra måleprogrammet blir presentert her.

Atlantis tar utgangspunkt i kjente komponenter i et oppdrettsanlegg og det var viktig at Atlantis i grove trekk kan plasseres inn i en vanlig rammeform – med noen modifikasjoner. Det har også vært viktig å bruke allerede eksisterende løsninger der hvor disse egner seg. Hensikten med en slik tilnærming var å holde kostnadene nede, gjøre konseptet salgbart etter at prosjektperioden er over og ikke minst gjøre brukerterskelen for de som jobber på anlegget så lav som mulig.

### **Teknologiske resultater**

Hovedelementene som rent teknologisk har blitt utviklet er:

- Flytekrage med reguleringssystem for heving / senking, tilhørende bunnring
- Luftkuppel med utføringsenhet og oppheng for kamera, lys og annen sensorikk
- Fortøyningsystem med regulerbare bøyer
- Nottak og notpose med dødfisksystem
- Vannføringsystem



Det er fortsatt rom for forbedringer og tilpasninger, men det siste utsettet med fire nedsenkable merder viser at de tekniske løsningene fungerer godt på en lokalitet med en bølgehøyde på rett i underkant av designkriteriet på Hs 5,0 og med en strøm (Vs) opp mot 1,0 m/s. Anlegget er sertifisert av Aquastructures og DNV i henhold til NS 9415 (2009) med tilhørende produktsertifikater og det er utviklet kriterier for dimensjonerende miljølaste i nedsenket posisjon, overflateposisjoner,



heving/senking og båtanløp. Målinger, beregninger og modellsimuleringer bekrefter at anlegget fungerer etter hensikten.

Laksen har et naturlig behov for å fylle svømmeblæren ca en gang i døgnet og i en åpen merd går den opp til overflaten og «snapper» litt luft. Dette er ikke mulig i en nedsenket merd og laksen må derfor tilbys tilgang på en luftlomme i dypet. Luftkuppelen som skaper luftlommen i dypet har også rent teknisk vært en stor utfordring da den skal fungere i et slags likevektsystem uten å tilføre for mye eller for lite oppdrift i systemet. Prosjektet har derfor brukt mye tid og ressurser på å utvikle luftkuppelen, og den siste versjonen av luftkuppelen fungerer godt.

Det er utviklet regulerbare bøyer som kan erstatte koblingspunktet i en rammefortøyning, men rett før utsett fikk vi et brudd i et innfestingsøre på den ene bøyen. Årsaken til bruddet er sannsynligvis sammensatt av følgende uheldige kombinasjoner; høye rykk-krefter, skjev belastning og størst belastning om svak akse av innfestningsøret. De regulerbare bøyene ble erstattet av vanlig koblingsplate.

De to første utsettene ble av kortere karakter og med færre fisk enn planlagt, noe som i stor grad skyldes nødvendige, tekniske endringer før utsett, eksempelvis på luftkuppel, og krevende værmessige forhold på lokaliteten under rigging og funksjonstesting.

### **Biologiske resultater**

Hovedkonklusjonen er at fiskens adferd og velferd var god, og at fisken lærte seg å bruke luftkuppelen for å fylle svømmeblæren. Produksjonsdata som tilvekst, dødelighet og slakteresultat viser normale verdier sammenlignet med en ordinær produksjon, gitt at det justeres for lavere temperatur i dypet.

Atlantis merdene har mye mindre utfordringer med lakselus enn merder i overflaten. I siste utsett ble Atlantis merdene avluset en gang mot at overflatemerdene i anlegget ble avluset tre ganger. Den ene avlusingen er antatt å ha sin årsak i at avlusing av overflatemerdene gir påslag av lus i de nedsenkede merdene. Erfaringene tilsier at det er fullt mulig å unngå lusepåslag. For å lykkes med å holde fisken fri for lus er det ekstremt viktig å etterstrebe å sette ut mest mulig lusefri fisk på hele anlegget, heve merden minst mulig til overflaten, noe som fordrer bruk av automatisk lusetelling og overvåking av fisk og tekniske løsninger i dypet, samt ha dyp drift på alle merdene på lokaliteten.

### **Erfaringer og læring**

Noen av erfaringene underveis i prosjektperioden materialiserte seg i form av 12 oppgraderings- og forbedringsprosjekter av mer teknisk karakter, mens andre erfaringer er mer prosessorientert og

## Hoveddimensjoner/hovedelementer

- Flyter: Polarcirkel 500 mm 160 meter i omkrets, 60 klammer per merd, HDPE
- Bunnring rør: HDPE 100 400 mm, SDR 11
- Not: Standard nylon not med 15 meter vegg til bunnring, deretter 15 meter til spiss. 50 mm lysåpning med bruddstyrke 172 kg
- Tak: Dyneema tak med 30 krysstau, festes inn i kuppel i midten, flapp med glidelås inn mot flyter
- Luftkuppel: Diameter 8 meter, ring i PE med plastduk (gjeldende for 3. utsett)
- Lift Up for fjerning av dødfisk
- Vanlig rammefortøyning med unntak av bøyesystem
- Bøyesystem med standard bøyer i overflaten (oppdrift 3,3-6,3 tonn, lys, GPS) og en regulerbar bøye med variabel oppdrift i koblingspunkt under vann (gjeldende for 3. utsett)
- Ventilbøye for fordeling av luftslanger til hver enkelt merd (gjeldende for 3. utsett)
- Kontrollsyndler på flyter for styring av kamera, lys, Aquabyte system og annen sensorikk (gjeldende for 3. utsett)
- Container med styringssystem på flåte



handler om erfaringer og forbedringer knyttet til praktisk drift som risikovurderinger ved gjennomføring av operasjoner, samhandling mellom aktører involvert, opplæring med mer.

Noe av det aller viktigste som er erfart er at Atlantis som prosjekt blir en kunnskapsarena for nye idéer og innovasjoner. En del av idéene og innovasjonene handler om forbedringer i Atlantis som prosjekt, men det kommer også opp innovasjoner som kan brukes i andre sammenhenger og i andre prosjekter. For eierselskapene i Atlantis er en slik arena for innovasjon av uvurderlig betydning – og det gir også grunnlag for et tett samarbeid mellom partene etter at prosjektet er over.



Kunnskap om miljøparametere på lokaliteten er avgjørende og det bør etableres et godt måleprogram for registrering av temperatur, saltholdighet, strøm, vind, oksygen, med mer. Målingene må gjøres i hele vannsøylen og både før og under utsett.

#### ***Vesentlige modifikasjoner eller endrede rutiner etter prosjektperioden***

Før siste utsett på Otervika ble det gjennomført en rekke forbedringer i Atlantis. Likevel vil det alltid være behov for forbedringer og endringer av et teknologisk konsept som tross alt er i tidlig fase. Følgende vil det bli jobbet videre med; Kabler og slanger, kabelføring internt på merd, dødfisk flåten som plattform/infrastruktur for annen type utstyr, klammer som erstatter stroppløsning på merd, nedsenkbarbøyene opp mot krav i NS 9415, værvindu opp mot operasjoner og drift og videre optimalisering av luftkuppel.

#### ***Evaluering av prosjektet som helhet***

Oppdrett av laks på under 25-30 meter dyp har aldri vært gjort før i den skala vi her snakker om. Vi er av den oppfatning at det å flytte selve oppdrettsvolumet ned i vannsøylen har høy innovasjonshøyde, samtidig som det løser en av de største utfordringene som næringen har i dag knyttet til lakselus. Anlegget kan plasseres på en lokalitet som er mer eksponert enn dagens lokaliteter.

Prosjektet har vist at det er biologisk mulig og forsvarlig å holde laksen i dypet, men vi vil understreke at det fortsatt er et behov for å utforske hvordan laksen påvirkes av å være i dypet over tid. Det kan

oppstå biologiske utfordringer som vi ikke har oversikt over i dag. På den annen side vil det også kunne være biologiske fordeler med å holde laksen i dypet som vi enda ikke har avdekket.

Hovedkonklusjonen fra dette prosjektet er likevel klar; Vi har nå utviklet teknologi for å kunne oppdrette laks i nedsenkbare merder i kommersiell skala, og vi har vist at det er mulig å produsere en fisk med god velferd og adferd, lite luseutfordringer og god produksjonseffektivitet.

Teknologien er sertifisert i henhold til NS9415 og det er utviklet brukermanualer, risikovurderinger og driftsrutiner som tilfredsstillende dagens akvakulturregelverk. Alle industrielle leveranser er fra norske leverandører.

Vi mener at prosjektet har oppfylt kravene som er uttrykt gjennom prosjektets målkriterier på en god måte og oppfylt målsettingene med prosjektet uttrykt i den opprinnelige prosjektsøknaden, samt kommunikasjon med Fiskeridirektoratet i løpet av prosjektperioden.

### ***Suksesskriterier med tanke på kommersialisering***

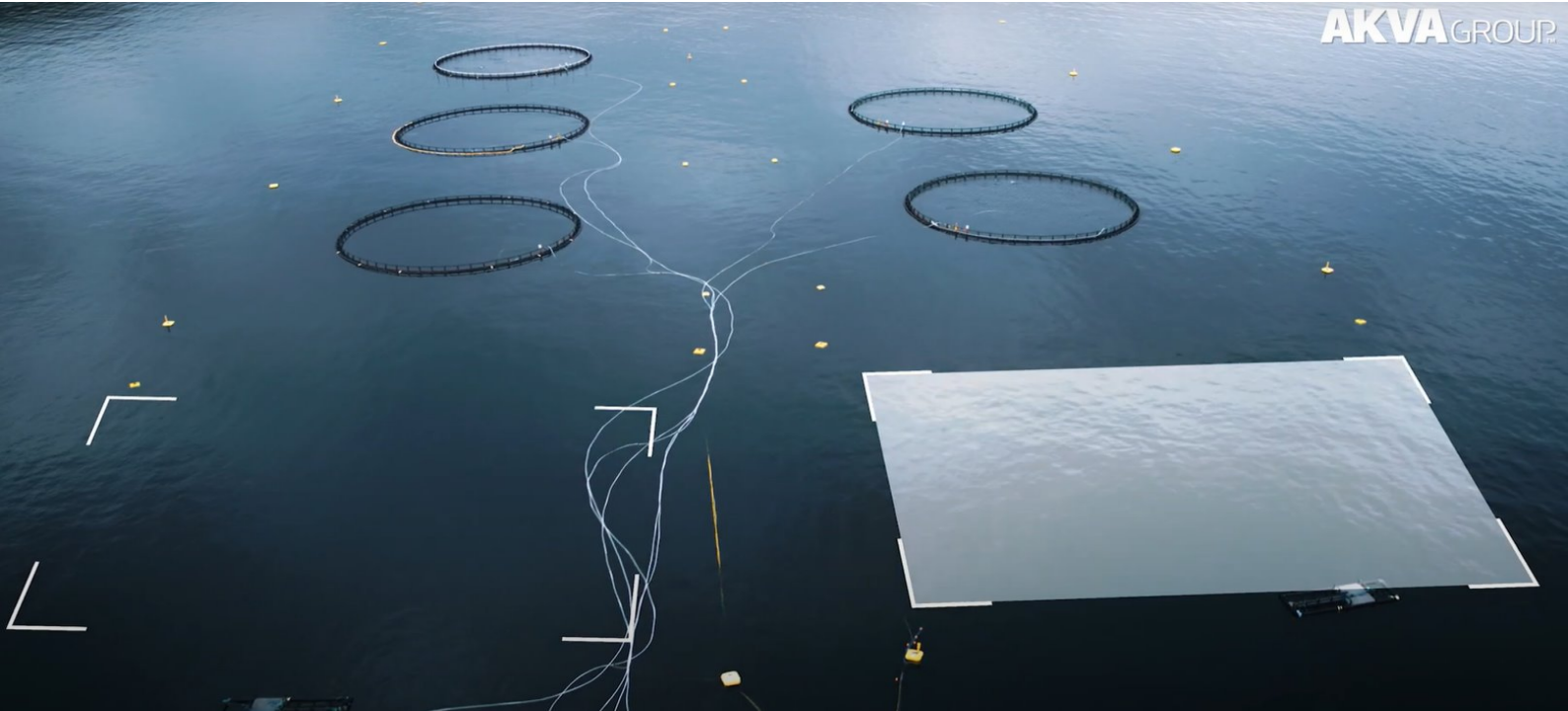
Generelt har det tette samarbeidet mellom SinkabergHansen som oppdretter og AKVA group som hovedleverandør gjort at alle de tekniske løsningene som er utviklet hele tiden ble diskutert gjennom når det gjelder praktisk funksjonalitet, god fiskevelferd, teknologisk og biologisk ytelse, vedlikeholdskostnader og anskaffelsespris. Dette er helt vesentlige suksesskriterier hvis man skal lykkes med å tilby et såpass nytt og revolusjonerende konsept for oppdrett av laks. Vårt mål har hele tiden vært å utvikle en kommersiell teknologi som er interessant for oppdrettsselskaper nasjonalt og internasjonalt etter at prosjektet Atlantis er avsluttet.

Rent konkret vil SinkabergHansen fortsette med Atlantis anlegget i et neste utsett fra 2022. Det vil bli gjort enkelte justeringer av teknologien, men hovedprinsippet er det samme.

Et av de viktige suksesskriteriene for Atlantis videre vil være at AKVA group med rettighetene til teknologiene allerede er posisjonert med et markedsføringsapparat og servicesystem i alle lakseproduserende land. Nedsenkbare anlegg er også aktuelle for andre arter enn laks.







## 2 Innledning

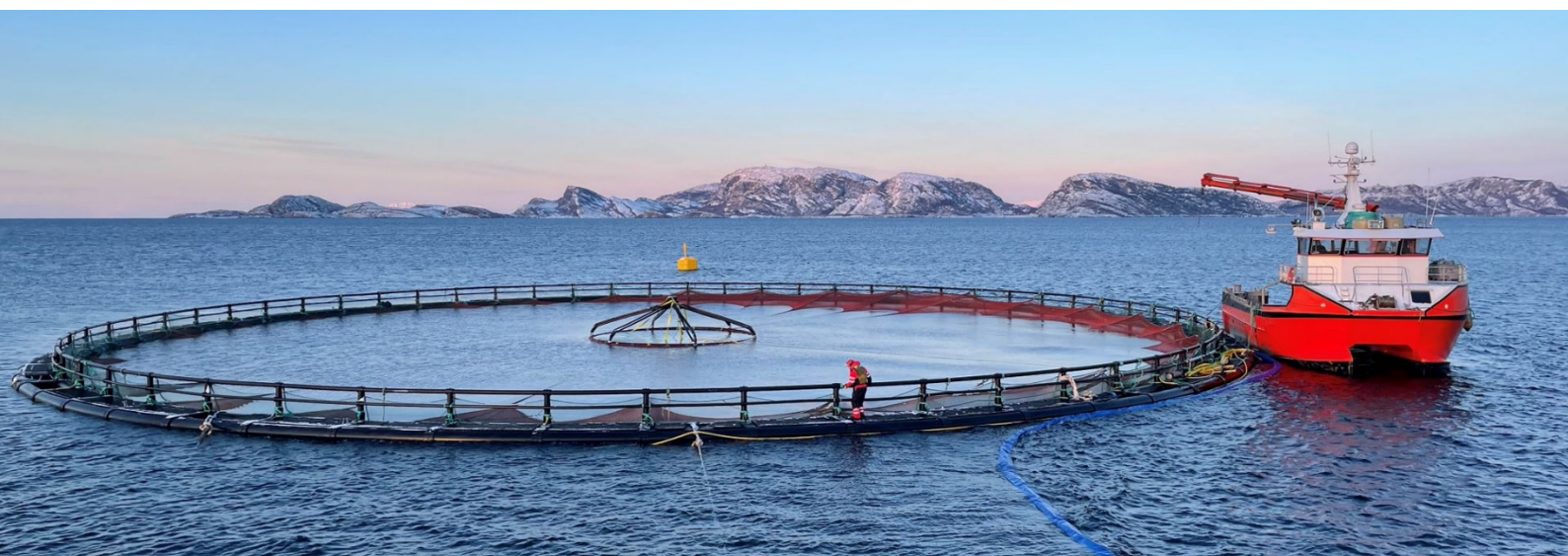
Atlantis Subsea Farming AS ble i tilsagnsbrev fra Fiskeridirektoratet datert 23.02.2018 tildelt en utviklingstillatelse i størrelsesorden 780 tonn Maksimal Tillatt Biomasse (MTB) etter en to år lang søknadsprosess. De første lokalitetene ble klarert i brev fra Trøndelag Fylkeskommune 31.05.2018 og tillatelsen ble gitt med en varighet på 4 år, det vil si til 31.05.2022.

I forbindelse med tildelingen er det nedfelt en rekke Målkriterier for prosjektet (Vedlegg 1) og i henhold til Målkriterie 7.1 skal *prosjektet utarbeide en sluttrapport før eventuell søknad om konvertering. Rapporten skal inneholde en evaluering av prosjektet med basis i resultatene fra måleprogrammet samt interne suksesskriterier med tanke på kommersialisering av Atlantis. Erfaringer fra drift som vil føre til endrede prosedyrer eller vesentlige designendringer/modifikasjoner etter den definerte prosjektperioden skal inkluderes i sluttrapporten. Sammendraget av sluttrapporten skal publiseres.*

Atlantis Subsea Farming har gjennom hele prosjektperioden vært opptatt av å formidle resultater fra prosjektet i form av offentlig tilgjengelige rapporter som er publisert på prosjektet hjemmeside atlantisfarming.no og ikke minst en rekke presentasjoner av prosjektet i ulike sammenhenger (Vedlegg 2). Vi håper at sluttrapporten gir en god oppsummering og evaluering av prosjektet.

Gjennom tidligere rapporter og denne sluttrapporten mener vi at vi har dokumentert prosjektet på en metodisk forsvarlig måte som gjør at kunnskapen opparbeidet i dette prosjektet kommer hele næringen til gode<sup>1</sup>. I tillegg har Havforskningsinstituttet publisert vitenskapelige artikler basert på to tilgrensende prosjekt, FôrDom<sup>2</sup> og DypDom<sup>3</sup>, finansiert av Norges forskningsråd. I begge prosjektene er det publisert vitenskapelig kunnskap, samt en rekke populærvitenskapelige publikasjoner og foredrag rundt det vi betegner som dyp drift.

Selve søknaden om utviklingstillatelser ble sendt inn i slutten av januar 2016 og da ble også selskapet Atlantis Subsea Farming AS stiftet. Stifterne og nåværende eiere av selskapet er AKVA group ASA, SinkabergHansen AS og Egersund Net AS. Atlantis Subsea Farming har samarbeidet med en rekke leverandører i gjennomføringen av prosjektet og det har vært særlig viktig å samarbeide med leverandører lokalt i Vikna-området der SinkabergHansen har sin aktivitet.



<sup>1</sup> Jmfr Laksetiltingsforskriften §23B fjerde ledd.

<sup>2</sup> FÔRDOM: Luftkuppel, not-tak og undervannsfôring for oppdrett av laks unna overflatevannet - Prosjektbanken (forskningsradet.no)

<sup>3</sup> DypDom: Nedsenket merd med luftkuppel for lakseoppdrett - Prosjektbanken (forskningsradet.no)



## 2.1 Målkriterier og rapportering

Figur 1 gir en oversikt over prosjektets målkriterier og åpne rapporter publisert på atlantisfarming.no. Vedlegg 1 gir en fullstendig oversikt over prosjektets målkriterier med linker til aktuelle rapporter.

Målkriterie 1 Prosjektinformasjon	Målkriterie 2 Designverifikasjon	Målkriterie 4 Funksjonstesting	Målkriterie 5 Måleprogram	Målkriterie 6 Produksjonssyklus	Målkriterie 7
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hjemmeside</li> <li>Faktaark 1</li> <li>Faktaark 2</li> <li>Faktaark 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grunnlag for designendringer etter utsett 1</li> <li>Grunnlag for designendringer etter utsett 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Funksjonstesting av merd før utsett 1</li> <li>Funksjonstesting av merd før utsett 2</li> <li>Funksjonstesting av merd før utsett 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Måleprogram før utsett 1</li> <li>Måleprogram før utsett 2</li> <li>Måleprogram før utsett 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapport fra utsett 1</li> <li>Rapport fra utsett 2</li> <li>Rapport fra utsett 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sluttrapport</li> </ul>

Figur 1 Målkriterier og rapportering (Kilde: [www.atlantisfarming.no](http://www.atlantisfarming.no))

Prosjektet har etter beste evne søkt å oppfylle prosjektets målkriterier, og det er levert og publisert et omfattende materiale som gir god innsikt i prosjektets gjennomføring og resultater.

## 2.2 Målsettinger for prosjektet

Hovedmålet for prosjektet ble i forbindelse med selve søknaden om utviklingstillatelser av 29.01.2016 formulert slik:

*Norske farvann har klare fysiske konkurransefortrinn når det gjelder matproduksjon i sjø. Prosjektet vil styrke verdien av, og øke tilgjengelige arealer for oppdrett langs kysten, sikre en bærekraftig produksjon på naturens premisser og vil være den økonomisk foretrukne produksjonsmetoden. Utviklingstillatelsene vil være viktig for å realisere potensialet i ATLANTIS.*

*Prosjektet vil møte dagens miljøutfordringer som lakselus, rømming og uønskede utslipp på en god måte.*

Delmålene i prosjektet er gjengitt i Tabell 1 med en vurdering av hvor vi står ved prosjektets avslutning med hensyn til å nå delmålene eller ikke.

Det er viktig å påpeke at målsettingene og den totale prosjektsøknaden ble skrevet med det for øye å få tildelt seks tillatelser, mens Atlantis Subsea Farming som selskap til slutt ble tildelt en tillatelse.

Tabell 1 Beskrivelse av delmål og resultater

Nr	Beskrivelse delmål	Resultater
<b>Delmål 1:</b>	Utvikle og dokumentere en robust storskala nedsenkbar konstruksjon (merd, forankring, not) som kan anvendes til industriell oppdrettsvirksomhet. <ul style="list-style-type: none"> <li>Automatisert heving og senking og utvikling av tilhørende styringssystemer</li> <li>Infrastruktur for komprimert luft</li> <li>Utvikling av operasjonsgrensensnitt og modellverktøy</li> <li>Videreutvikle forankring, merd og not i forhold til manuelle nedsenkbare merder.</li> </ul>	Vi har utviklet løsninger for det som er beskrevet i delmål 1 – og det er testet ut i form av fire merder i siste utsett. Merden kan heves og senkes fjernstyrt, nødvendig infrastruktur er på plass. Regulerbare bøyer er utviklet, og dette vil bli fulgt opp videre i neste generasjoners nedsenkbare anlegg.
<b>Delmål 2:</b>	Utvikle effektiv og fjernstyrt undervannsføring i nedsenkbare merder. <ul style="list-style-type: none"> <li>Føringsenhet i sjø og rigg på flåte</li> <li>Effektiv distribusjon og spredning</li> <li>Høy grad av stabilitet og robusthet</li> </ul>	Vi har utviklet et system for effektiv og fjernstyrt vannføring i dypet som er stabilt og fungerer godt. Vannføringsløsningen om bord i flåten er spesialdesignet for nettopp dette. Det er lagd et system for utføring knyttet til luftkuppel.



Nr	Beskrivelse delmål	Resultater
<b>Delmål 3:</b>	<p>Utvikle en luftkuppel som gir laksen tilgang på luft i nedsenket tilstand og innfrir kravene til laksens fiskehelse og dyrevelferd.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftkuppelens areal og utforming må bestemmes slik at laksens adferdsmessige behov møtes.</li> <li>• Materiale og innfestingssystem må utvikles.</li> <li>• Tilførselssystem for luft må utvikles</li> <li>• Luftkuppelens påvirkning på konstruksjonen må verifiseres og dokumenteres</li> <li>• Utvikling av løsninger for vedlikehold og drift.</li> </ul>	<p>Alle punktene er oppfylt med den siste versjonen av luftkuppel vi nå har i anlegget.</p> <p>Dette har vært den teknisk største utfordringen i prosjektet, og der hvor innovasjonen virkelig har vært betydelig</p>
<b>Delmål 4:</b>	<p>Utvikle system for fjernstyring og kontroll av operasjoner.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utvikling av fjernstyring for heving og senking av merdene, daglige operasjoner som føring, overvåking av fiskevelferd, dødfiskhåndtering og andre operasjoner.</li> <li>• Utvikling av fjernstyrte inspeksjons- og reparasjonssystemer, eksempelvis av overvåking, vasking og reparasjon av not.</li> <li>• Avdekke behovet for type sensorikk som må til for å kunne overvåke anleggets totaltilstand og videreutvikle dagens sensorikk systemer.</li> <li>• Utvikle robuste kamerasytemer som er tilpasset nedsenkede anlegg.</li> <li>• Fastsettelse av objektive kriterier for når operasjoner kan gjennomføres – operasjonelle grensetilstander</li> </ul>	<p>Fjernstyring fra hvor som helst er utviklet mht heving, senking, føring og adferd.</p> <p>Fjernstyrte inspeksjons- og reparasjonssystemer: I dypet trengs det mye mindre vasking enn når merden ligger i overflaten. Bruk av ROV og dykkere gir god oversikt over systemet.</p> <p>Objektive kriterier for når operasjoner kan gjennomføres er utviklet.</p> <p>Det er valgt en enkel og robust løsning for kamera, som nok må utforskes mer for å gi den nødvendige fleksibilitet for de som fører.</p> <p>Det er utviklet sensorikk for å overvåke posisjonene til anlegget i dypet.</p>
<b>Delmål 5:</b>	<p>Utvikle teknologi og metoder for gjennomføring av nødvendige operasjoner der det i dag ikke finnes tilfredsstillende løsninger.</p> <p>I overflate: Mottak av fisk, sortering/flytting, avlusing og annen behandling, levering av fisk, prøvetaking, setting/opptak av not</p> <p>I nedsenket posisjon: Føring, dødfiskhåndtering, daglig tilsyn kamera, sensorikk, vasking av not, inspeksjoner</p>	<p>Uttak av fisk, mottak av fisk, levering av fisk, setting/opptak av not, føring, dødfiskhåndtering, daglig tilsyn, vasking og inspeksjoner er løst. Dødfiskhåndteringsløsningen er ikke optimal og den må det jobbes videre med.</p>
<b>Delmål 6:</b>	<p>Dokumentere ivaretagelse av fiskevelferd og HMS gjennom testing i stor skala</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utvikling av gode indikatorer for hva som er god fiskevelferd i et nedsenket anlegg.</li> <li>• Utvikling av løsninger for kontinuerlig overvåking av fiskens velferd.</li> <li>• Analyse og vurderinger av de viktigste og mest kritiske HMS operasjoner knyttet til et nedsenket anlegg.</li> <li>• Utvikling av nye teknologiske løsninger for ivaretagelse av HMS.</li> </ul>	<p>Det er utviklet gode indikatorer (eksempelvis svømmehastighet) for hva som er god fiskevelferd i et nedsenket anlegg.</p> <p>Det er tatt i bruk løsninger for kontinuerlig overvåking av fiskens velferd.</p> <p>Det er gjennomført gode risikovurderinger med hensyn til HMS og gjennomføring av kritiske operasjoner.</p>
<b>Delmål 7:</b>	<p>Dokumentere driftskonseptets økonomi og konkurransekraft</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentasjonen må være troverdig og det må foreligge tall og beregninger fra minimum 3 utsett der fisken produseres fram til slakteferdig størrelse og selges i verdensmarkedet.</li> </ul>	<p>Rapporten fra første, andre og tredje utsett inngår her og dokumenterer driftskonseptets konkurransekraft.</p>
<b>Delmål 8:</b>	<p>Publisere resultater fra prosjektet i bransjemagasiner og på næringslivsarenaer – både sjømatindustriens egne arenaer og næringsarenaer for øvrig.</p>	<p>Prosjektet har brukt mye tid og ressurser på å utarbeide rapporter der de aller fleste er offentliggjort. Man har også formidlet resultater fra prosjektet i form av foredrag, artikler og publikasjoner</p>



## 2.3 Beskrivelse av det teknologiske konseptet

Atlantis tar utgangspunkt i kjente komponenter i et oppdrettsanlegg og det var viktig at Atlantis i grove trekk kan plasseres inn i en vanlig rammefortøyning – med noen modifikasjoner. Det har også vært viktig å bruke allerede eksisterende løsninger der hvor disse egner seg. Hensikten med en slik tilnærming er:

1. Atlantis skal kunne benyttes inn i et vanlig anlegg.
2. Gjøre terskelen for å ta systemet i bruk så lav som mulig.
3. En investering i et "Atlantis" konsept må ikke være høyere enn at produksjonskostnaden for oppdretter holdes på et akseptabelt nivå.

Hovedelementene som rent teknologisk har blitt utviklet er:

- Flytekrage med reguleringssystem for heving / senking, tilhørende bunnring
- Luftkuppel med utføringsenhet og oppheng for kamera, lys og annen sensorikk
- Fortøyningssystem med regulerbare bøyer
- Nottak og notpose med dødfisksystem
- Vannføringssystem

Prinsippet for heving og senking er enkelt; Flytekragen fylles med vann når den senkes og den fylles med luft for å heves. Nødvendig infrastruktur er luftslanger og ulike type kabling for overføring av signaler fra dybdesensorer, annen type sensorikk, kamera, lys etc. Luftkuppelen er den sentrale enheten som tilbyr en luftlomme i dypet – det er laksen helt avhengig av (se neste kapittel). Den fungerer også som en infrastruktur for utføringsenhet, oppheng av lys, kamera og lusetellingsenhet, samt annen sensorikk. Selve luftkuppelen er bygd av plast og den er relativt lett å sette ut og fjerne ved gjennomføring av operasjoner. Nottaket er også konstruert slik at det skal være enkelt å operere med en glidelås rundt hele inn mot flytekragen slik at det er lett å montere og fjerne.

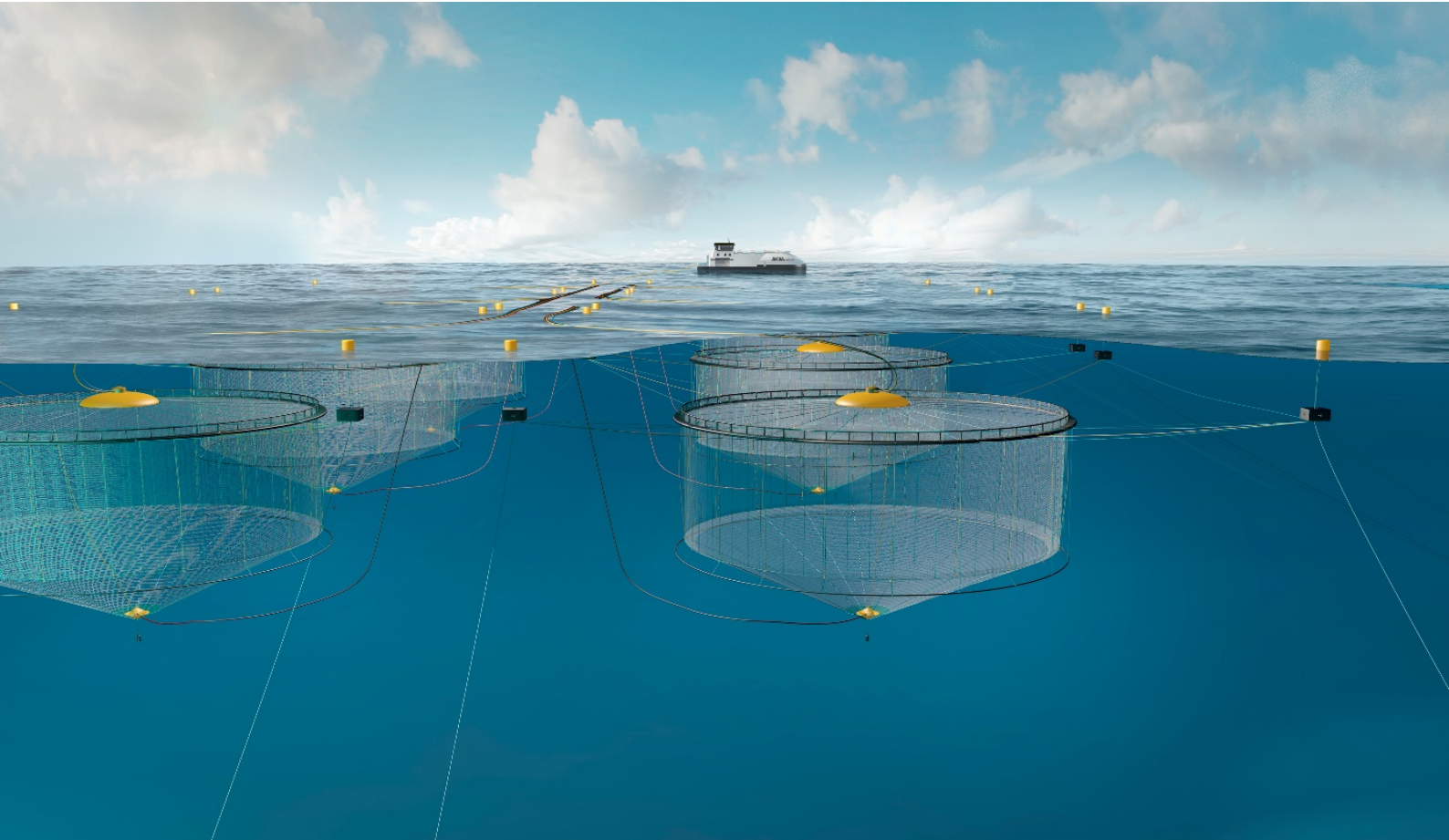
### Hoveddimensjoner/hovedelementer

- Flyter: Polarcirkel 500 mm 160 meter i omkrets, 60 klammer per merd, HDPE
- Bunnring rør: HDPE 100 400 mm, SDR 11
- Not: Standard nylon not med 15 meter vegg til bunnring, deretter 15 meter til spiss. 50 mm lysåpning med bruddstyrke 172 kg
- Tak: Dyneema tak med 30 krysstau, festes inn i kuppel i midten, flapp med glidelås inn mot flyter
- Luftkuppel: Diameter 8 meter, ring i PE med plastduk (gjeldende for 3. utsett)
- Lift Up for fjerning av dødfisk
- Vanlig rammefortøyning med unntak av bøyesystem
- Bøyesystem med standard bøyer i overflaten (oppdrift 3,3-6,3 tonn, lys, GPS) og en regulerbar bøye med variabel oppdrift i koblingspunkt under vann (gjeldende for 3. utsett)
- Ventilbøye for fordeling av luftslanger til hver enkelt merd (gjeldende for 3. utsett)
- Kontrollsynder på flyter for styring av kamera, lys, Aquabyte system og annen sensorikk (gjeldende for 3. utsett)
- Container med styringssystem på flåte

Selve fortøyningssystemet er en vanlig fortøyningsramme der det tilføres økt oppdrift i bøylene. I de to første utsettene ble det benyttet overflatebøyer med økt oppdrift sammenlignet med et vanlig anlegg. Før tredje utsett ble det utviklet regulerbare bøyer som også fungerte som koblingspunkt i rammefortøyningen med det for øye å redusere behovet for store bøyer i overflaten.

I prosjektet er det utviklet en enkel variant av et vannføringssystem som ble benyttet under det første utsett og deretter ble prinsippet implementert i en hel flåte som deretter ble benyttet på de to siste utsettene. Gjennom hele prosjektperioden har det vært stort fokus på forbedringer av det rent operasjonelle.

Figur 2 under viser konseptet med flere merder slik det ble beskrevet like før tillatelsen ble tildelt i 2018<sup>4</sup>. I praksis ser det som nå er utviklet meget likt ut som denne skissen da vi i siste utsett hadde fire nedsenkbare merder.



Figur 2 Atlantis konseptet med flåte

---

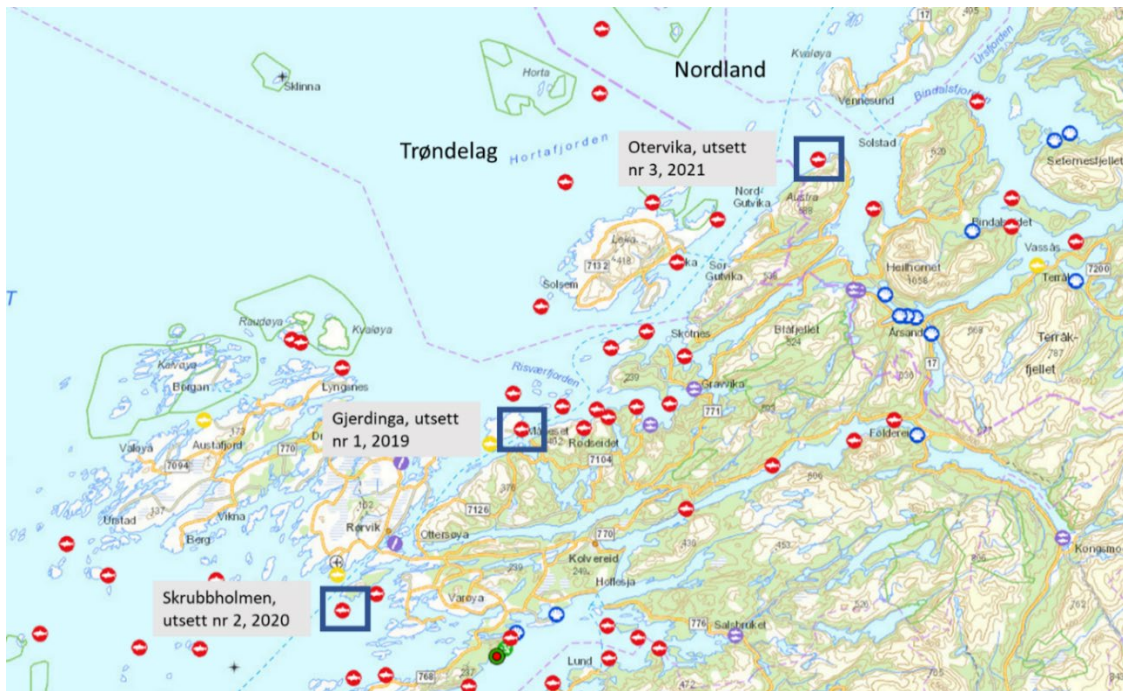
<sup>4</sup> Beskrivelse av konseptet, designkriterier og sertifiseringsprosess 01.02.2018. Rapport levert Fiskeridirektoratet – unntatt offentlighet



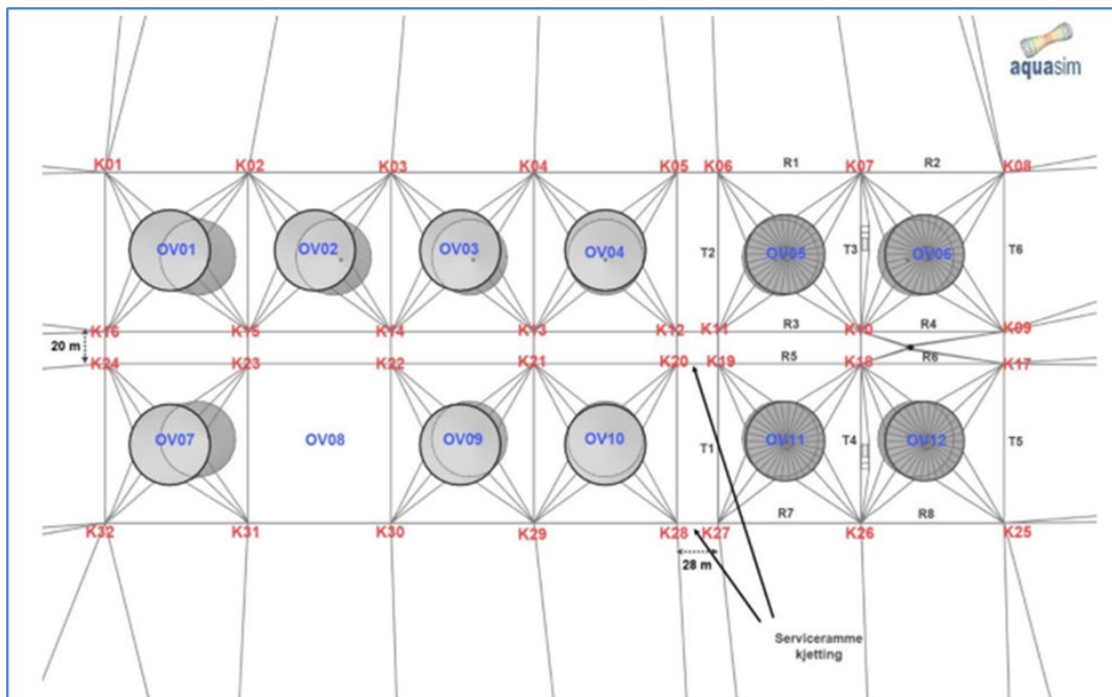


## 2.4 Utsett og lokaliteter

Prosjektet har gjennomført tre utsett på tre ulike lokaliteter (Figur 3) hvorav alle er en del av SinkabergHansen sine ordinære lokaliteter der Atlantis Subsea Farming har fått tillatelse til å sette ut fisk av de regionale myndighetene i henholdsvis Trøndelag og Nordland. Figur 4 viser fortøyningsoppsettet på siste utsett på lokaliteten Otervika.



Figur 3 Lokaliteter og utsett i Atlantis

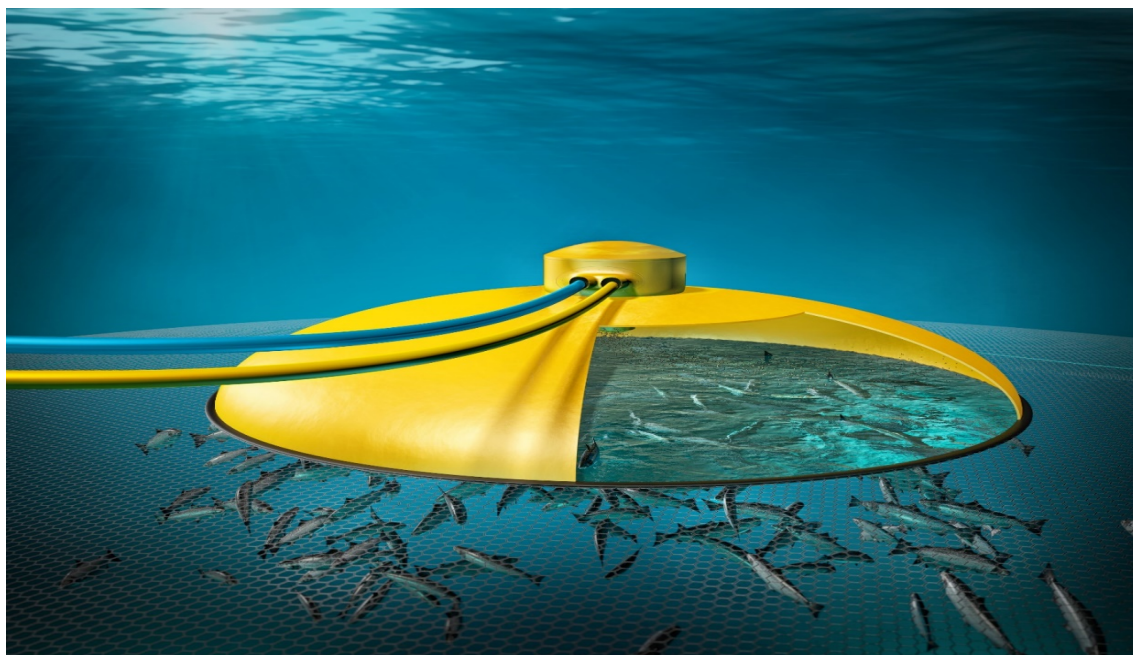


Figur 4 Fortøyningssystemet på Otervika

## 2.5 Biologisk kunnskap om å oppdrette laks i dypet

Nedsenkbare oppdrettsanlegg er ikke en ny oppfinnelse – det finnes en rekke anlegg for ulike arter. Men det har aldri vært utviklet for laks i den skala vi her har jobbet med. Årsakene er at laks har en åpen svømmeblære med en kanal mellom svømmeblæren og munnhulen. Laksen har et naturlig behov for å fylle svømmeblæren ca. en gang i døgnet og i en åpen merd går den opp til overflaten og «snapper» litt luft. Dette er ikke mulig i en nedsenket merd og laksen må derfor tilbys tilgang på en luftlomme i dypet (Figur 5). Kunnskapen om dette ble først utviklet i CREATE – et Senter for Forskningsdrevet Innovasjon der AKVA group og Egersund Net deltok aktivt i tett samarbeid med blant annet Havforskningsinstituttet og SINTEF Fiskeri og havbruk.

Det var derfor naturlig for Atlantis Subsea Farming AS og tilhørende eierselskaper å tidlig etablere et samarbeid med Frode Oppedal og hans gruppe på Havforskningsinstituttet som er et ledende miljø innen forskning på velferd og adferd på laks i nedsenkede merder. I NFR prosjektene FôrDom og DypDom har Havforskningsinstituttet bidratt med verdifull kunnskap inn mot hvordan teknologien i Atlantis må være for å møte laksens behov. Eksempelvis har de kommet fram til anbefalinger om hvor stor luftlomme laksen må få tilbud om for at den skal bruke luftlommen. Dette er selvsagt avgjørende da vi ikke ønsker en stor luftlomme som gir masse unødig oppdrift i systemet. Havforskningsinstituttet har også etablert metodikk for hvordan du skal følge med på om fisken fyller svømmeblæren eller ikke – det måles blant annet gjennom måling av fiskens svømmehastighet – noe røkteren gjør enkelt ved bruk av kamera og stoppeklokke.



Figur 5 Prinsippet for fylling av svømmeblære i luftkuppel

Det er helt avgjørende for det teknologiske konseptet Atlantis at man er i stand til å bevise at fisken har en god fiskehelse og velferd, at adferden er normal og at fisken har en god produksjonseffektivitet. Hvis de tre første er ivaretatt kommer som regel det siste punktet av seg selv. De tre utsettene har gitt oss mulighetene til å dokumentere at også laks kan produseres i nedsenkbare merder og teknologiens videre suksess vil være uløselig knyttet til disse resultatene.





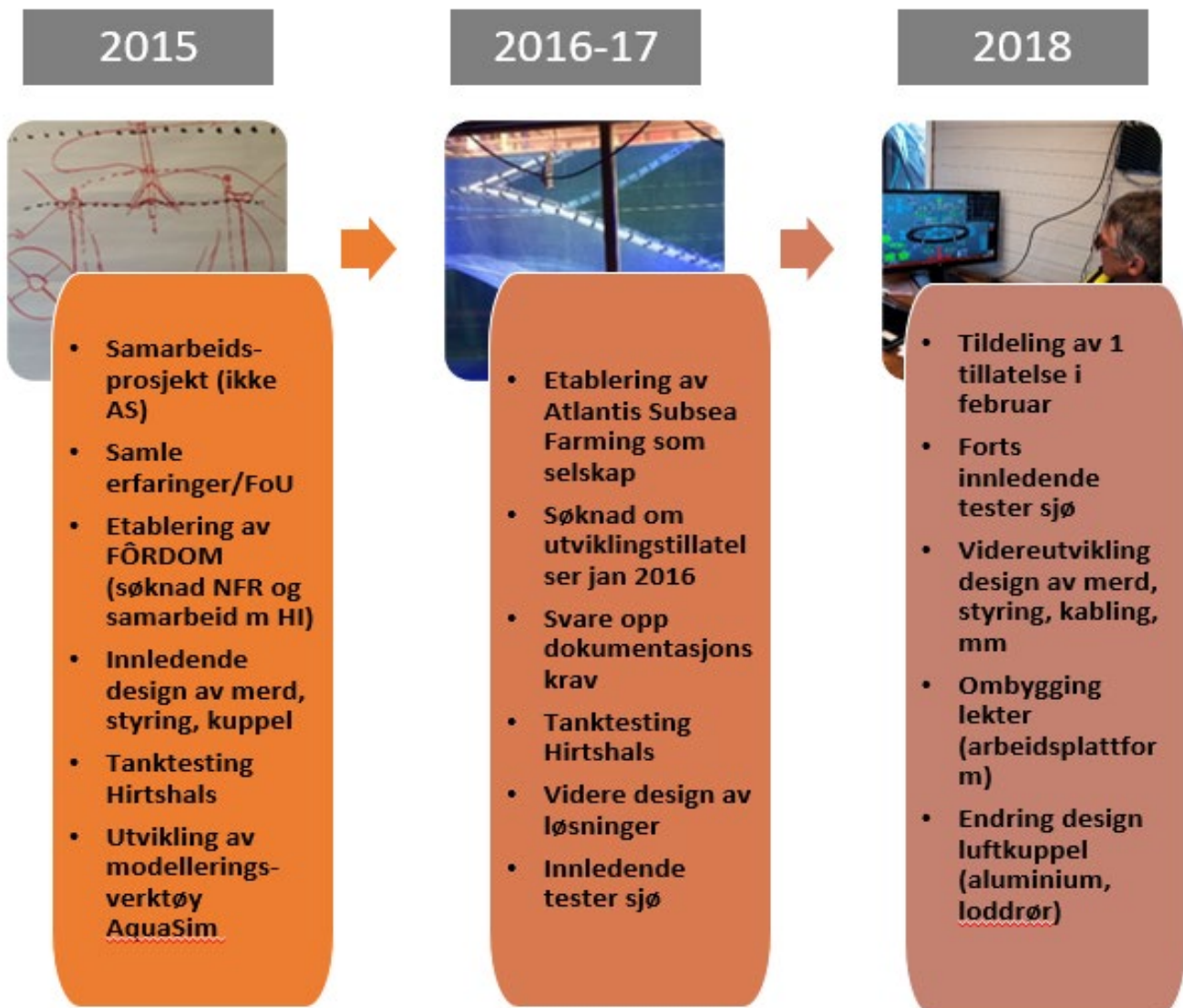
*Luftlomme filmet ROV*





### 3 Design- og byggefase

Prosjektets designfase var godt i gang da søknaden om utviklingstillatelse ble sendt i 2016 og designet ble utviklet videre i de to årene før tillatelsen ble tildelt i februar 2018 (Figur 6). Konseptet, designkriterier og sertifiseringsordninger var på plass før tildeling<sup>5</sup>. I løpet av utsettene ble det gjort designendringer basert på erfaringer fra hvert enkelt utsett og det ble gjennomført oppgraderingsprosjekter (Figur 7).

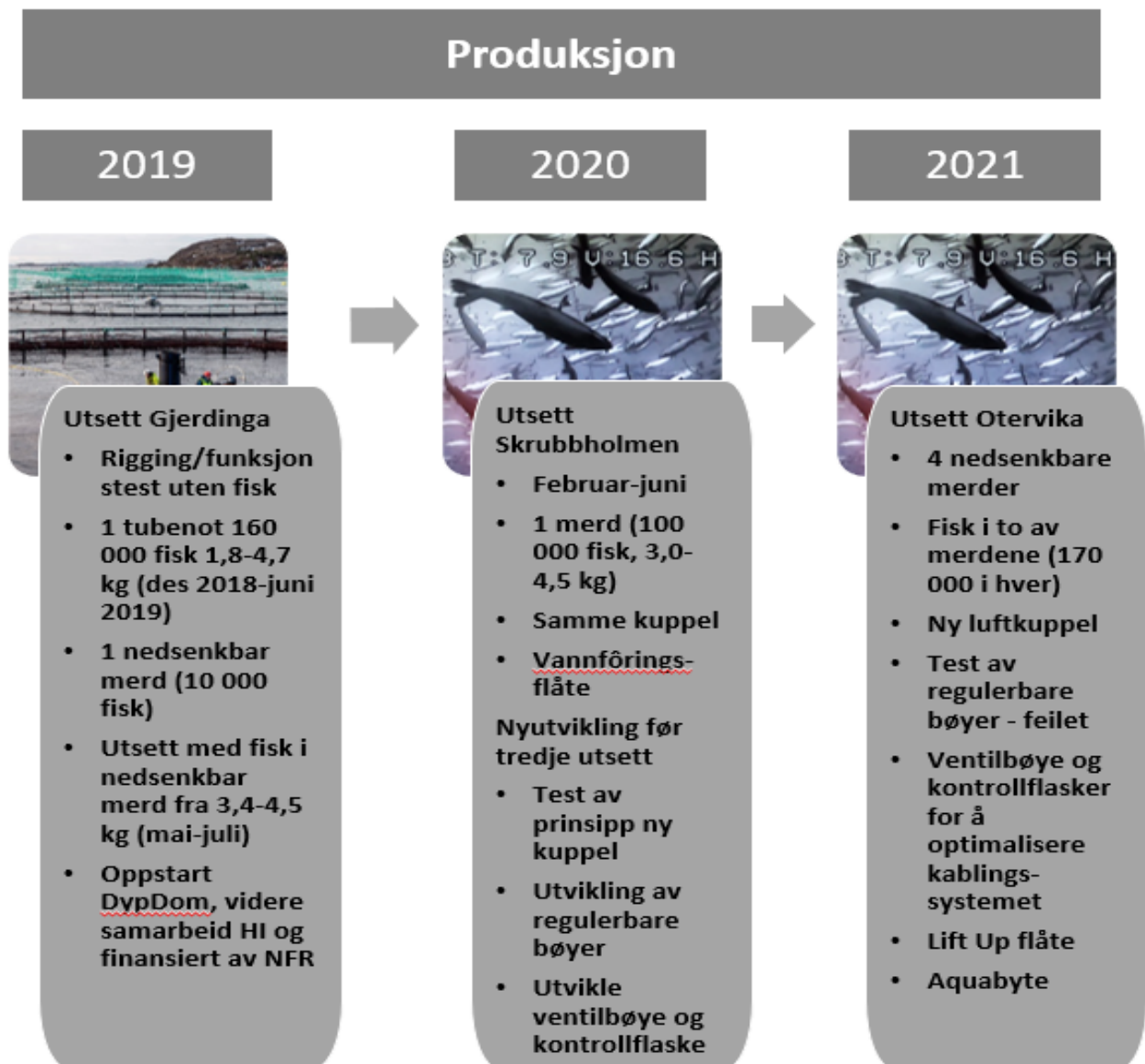


Figur 6 Tidslinje for design og produksjon 2015-2018

<sup>5</sup> Beskrivelse av konseptet, designkriterier og sertifiseringsprosess 01.02.2018. Rapport levert Fiskeridirektoratet – unntatt offentlighet







Figur 7 Tidslinje for produksjon og endringsprosjekter underveis 2019-2021

### 3.1 Designkriterier

Nedsenket posisjon anses som normal driftsmodus. Anlegget skulle i utgangspunktet være nedsenket i ca 90% av tiden med unntak av følgende situasjoner:

- Utsett av fisk
- Behandling av fisk
- Levering av fisk
- Service på utstyr

Anlegget skulle designes for følgende miljølaste:

- Bølgehøyde:  $H_s = 5,0$  m
- Strøm:  $V_s = 1,0$  m/s

Det ble også utviklet kriterier for dimensjonerende miljølast ved overflateposisjon med og uten tak og kuppel, heving og senking og båtanløp (Tabell 2).

Tabell 2 Dimensjonerende miljølast

	Bølgehøyde Hs	Strøm Vs
<b>Nedsenket</b>	5,0 m	1,0 m/s
<b>Overflateposisjon med tak og kuppel</b>	2,0 m	1,0 m/s
<b>Overflateposisjon uten tak og kuppel</b>	4,5 m	1,0 m/s
<b>Heving / senking</b>	2,0 m	1,0 m/s
<b>Båtanløp av båter med LOA&gt;24m</b>	2,0 m (Vind 15m/s)	1,0 m/s

Det ble også etablert kriterier for tidsvindu som måtte være tilgjengelig for gjennomføring av operasjoner (Tabell 3).

Tabell 3 Forventet operasjonstid pr operasjon

	Forventet operasjonstid pr operasjon	Lastkondisjon
<b>Nedsenket</b>	Defineres som normal driftsposisjon	Normal drift
<b>Overflateposisjon med tak og kuppel</b>	Inntil 2 dager	Operasjoner
<b>Overflateposisjon uten tak og kuppel</b>	Inntil 8 dager	Normal drift
<b>Heving / senking</b>	Inntil 1 time	Operasjoner
<b>Båtanløp av båter med LOA&gt;24m</b>	Inntil 3 timer	Operasjoner
<b>Montering av tak og kuppel</b>	Maks 6 timer	Operasjoner

### 3.2 Sertifiseringer

Det ble tatt utgangspunkt i NS9415 og NYTEK, men på områder hvor NS9415:2009 var mangelfull skulle andre relevante regelverk benyttes. Sett i ettertid var det i hovedsak NS9415:2009 som ble benyttet og som anlegget er sertifisert i henhold til.



Aquastructures og DNV har vært ansvarlig tredjepart for å utstede produktsertifikater, fortøyningsanalyser og anleggssertifikat i henhold til målkriteriene 3.2 Sertifikater og dokumentasjon og 5.1. Anleggssertifikat.

Aquastructures har også vært ansvarlig tredjepart for å verifisere design- og byggefasene i prosjektet<sup>6</sup> i henhold til målkriteriene 2.1 og 3.1. Verifikasjonen er basert på en gjennomgang av sertifiseringer og sertifikater, designrapporter, regninger, beregninger og resultater fra testing inkludert tanktesting. De konkluderer med at gjeldende konfigurasjon av Atlantis er designet og bygget i henhold til målkriterier og relevant standard NS 9415 (2009).

### 3.3 Byggefase

Den første versjonen av Atlantis ble i hovedsak bygd fra tildelingstidspunkt i 2018 og til utsett av fisk på Gjerdinga i 2019. Vi valgte å starte med en merd for å få erfaring både med teknologien og biologien før vi skalerte opp i prosjektet.

Det har vært en rekke leverandører involvert i byggeprosessen og totalt sett gjennom prosjektperioden.

Komponenter som flyter, not/nottak/kuppel, kabling etc ble deretter koblet sammen på lokalitet, og deretter ble det foretatt funksjonstesting før utsett av fisk. Erfaringene er at monteringsfasen på lokalitet er krevende da man i stor grad styres av værforholdene på lokaliteten. Vi ble forsinket med de to første utsettene da denne perioden i utgangspunktet ble undervurdert rent tidsmessig – altså hvor mange dager det rent operasjonelt var mulig å jobbe på anlegget.

### 3.4 Funksjonstesting

Funksjonstestingsfasen rett før utsett var en nødvendig og lærerik del av prosjektet. Det ble etablert en testplan, testing ble gjennomført og det ble foreslått eventuelle endringer før utsett. Sentralt i testingen for alle tre utsettene var:

- Heving og senking av merd
- Måling av krefter på utvalgte deler av konstruksjonen
- Stabilitet av flytekrage og luftkuppel
- Størrelse på luftlomme
- Test av utføringsenhet
- Test av Lift Up
- Test av operasjoner (uttak av fisk mm)

Resultatene fra funksjonstesting er oppsummert i tre rapporter som alle er publisert på [atlantisfarming.no](http://atlantisfarming.no)<sup>7</sup>. Neste viser bilder fra testing av uttakslomme og ventilbøye.

<sup>6</sup> Atlantis – Designverifikasjon TR-30997-5539-02. Unntatt offentlighet

Atlantis – Design og byggeverifikasjon TR-30887-6334-01. Unntatt offentlighet

<sup>7</sup> [03\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_rapport\\_funksjonstesting\\_gjerdinga\\_2019.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

[06\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_rapport\\_funksjonstesting\\_skrubholmen\\_2020.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

[11\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_rapport\\_funksjonstesting\\_før\\_utsett\\_på\\_otervika.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

#### Leverandører til Atlantis

AKVA group ASA  
Helgeland Plast AS  
Egersund Net AS  
Egersund Trading AS  
Markleen AS  
Sperre AS  
Nærøysund Aquaservice AS  
Viteq AS  
Partnerplast AS  
Marin Design AS  
Imtas AS  
Lift Up AS  
KB Storm  
Med flere





Testing av uttakslomme



Testing av ventilbøye





## 4 Operasjonelle biologiske og teknologiske resultater

For hvert utsett skulle det i henhold til Målekriterie 5 lages et Måleprogram som Fiskeridirektoratet skulle godkjenne. I Måleprogrammene for utsett på henholdsvis Gjerdinga, Skrubbholmen og Otervika<sup>8</sup> har vi beskrevet hvordan man skal dokumentere effekter i driftsfasen av biologisk og teknologisk karakter. Etter hvert utsett er det lagd en rapport der resultatene oppsummeres<sup>9</sup>. Både Måleprogrammene og detaljerte rapporter fra produksjonen fra de tre utsettene er publisert på atlantisfarming.no. I dette kapitlet gir vi derfor bare en kort oppsummering av de viktigste resultatene der resultatene fra tredje og siste utsett er det viktigste. Tabell 4 og Tabell 5 viser hvilke registreringer som har vært gjort.

Tabell 4 Biologisk måleprogram

Fortløpende registreringer	Ved prøveuttak	Ved utsett og opptak av fisk
Miljø; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur og saltholdighet dybdeprofil måles med CTD på flåte</li> <li>• Oksygen måles på to dyp i en merd</li> <li>• Vannstrøm ved anlegget</li> <li>• Vind på flåte</li> </ul>	Vitenskapelige lusetellinger	Vitenskapelige lusetellinger
Appetitt vurdering	SWIM vurdering	SWIM vurdering
Utføret mengde	Vekt	Vekt
Dødelighet		Overflateaktivitet
Svømmehastighet (fiskelengde/ s)		
Overflateaktivitet i kuppel		
Svømmemønstre (gruppestruktur)		
Tiltvinkel		
Svømmedyp		
Registrering av lus ved hjelp av Aquabyte		

Tabell 5 Teknologisk måleprogram

Registreringer	Beskrivelse	Måleperiode
Luftfylling av kuppel	Ved bruk av kamera	Daglig
Stabilitet av kuppel	Ved bruk av dybdesensorer	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Dybde flytekrage	Dybdesensorer	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Dybde nedsenket bøye	Måling av lufttrykk	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Kraft på hanefot	Lastceller på de mest belastede haneføttene	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Kraft i krysstau i tak	Lastceller på de mest belastede krysstauene	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Kraft på bøyekjetting	Lastceller	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Dybde variable bøyer	Måling av lufttrykk	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier
Energiforbruk vannføringssystem	Avlesning av effektforbruk på utstyr (omformere)	Punktmålinger
Utføret mengde per dag	Som registrert i Fishtalk	Kontinuerlig/Utvalgte tidsserier

<sup>8</sup> [02\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_måleprogram\\_gjerdinga\\_2019.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

[12\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_måleprogram\\_skrubbholmen\\_2020.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

[13\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_måleprogram\\_otervika\\_2021.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

<sup>9</sup> [04\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_rapport\\_produksjon\\_gjerdinga\\_2019.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

[07\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_rapport\\_produksjon\\_skrubbholmen\\_2020.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)

## 4.1 Operasjonelle biologiske resultater

I det siste utsett på Otervika ble det hentet ut et større datagrunnlag enn ved tidligere utsett på Gjerdinga og Skrubbholmen, da vi har hatt fisk i to Atlantismerder i tillegg til sammenligning med fisk i to kontrollmerder i overflaten. I og med at vi telte lus med Aquabyte kamera unngikk vi å ta merdene til overflaten fra slutten av mai til slutten av august.

### 4.1.1 Miljø

Overvåking av miljøet i og rundt de nedsenkbare merdene er essensielt for å forstå både de biologiske og teknologiske resultatene, og det er derfor viktig å måle miljøparametere over tid og i dypet. Temperaturen i sjøen er en essensiell parameter da laksen foretrekker bestemte temperaturer og denne temperaturløsningen overstyrer nesten alle andre typer adferd. I dypet er temperaturen annerledes enn i overflatemerdene og i hovedsak kan det oppsummeres med at om vinteren er det 2-3 grader varmere i dypet der biomassen stort sett befinner seg, og om sommeren er det 2-3 grader kaldere. Dette får naturlig nok betydning for tilvekst og utføring, og antagelig også en del andre faktorer. Ved drift av nedsenkbare merder er det derfor svært viktig å ha kontroll på temperaturregimet på de ulike dyp. På alle tre lokalitetene har strømmen vært sterkt avtagende nedover i vannsøylen og det er relativt lite strøm der biomassen befinner seg. Likevel har oksygenverdiene vært bra og det har vært lite problemer med oksygendropp. Saltholdigheten er jevn i vannmassene da alle tre lokalitetene er klassiske ytre kyststrøk lokaliteter. Vi trenger derfor ikke ta hensyn til eventuelle ferskvannsløkk i overflaten som kunne presset luselarver ned.

### 4.1.2 Fiskevelferd

I siste utsett ble fiskevelferden overvåket ved bruk av Aquabytekamera. I tillegg ble det foretatt SWIM scoringer på minimum 20 fisk, inkludert vitenskapelig lusetelling av alle stadier, når merden ble hevet til overflaten. Fisken i merdene ble overvåket daglig gjennom kameraene som var plassert i merden. Det er ikke registrert noen systematiske tegn på nedsatt velferd i Atlantismerdene i forhold til kontrollmerdene, så lenge fiskens generelle helse er god. Snutesår, som den eneste velferdsindikatoren, blir sett oftere Atlantismerdene enn i kontrollmerdene. Dette kan mulig forklares ved at fisken rett etter heving søker opp mot overflaten og kan stange mot nottaket, før det blir fjernet. Ved færre avlusninger på fisken, vil også fiskevelferden bli bedre. Kontrollmerdene som har gjennomgått flere avlusninger har høyere velferdsscore (høy score betyr dårligere fiskevelferd enn lav score) på skinnhelse (risttap, røddebuk, finneskader) enn Atlantismerdene, som ikke hadde blitt avluset enda. Det er viktig å vurdere fiskens generelle helse når den skal senkes, da det å bli senket ned vil være en stressende situasjon for fisken. Men dersom fiskens generelle helse er god, ser fisken ut til å håndtere denne prosessen godt. De resultater som foreligger tyder på at fiskens velferd er like godt ivaretatt i nedsenket merd, som i en kommersiell merd.





Vurdering av fiskevelferd med Aquabytekamera



Vurdering av fiskevelferd i henhold til FISHWELL standard ved utsett av fisk på Skrubbholmen





#### 4.1.3 Fiskeadferd

Fiskens adferd er nøye overvåket under flere runder med heving og senking av merdene. Det registreres noen tegn på økt stressnivå under selve operasjonen, men fisken tar seg fort inn igjen og begynner raskt å fylle svømmeblæren ved å snappe luft i luftkuppelen, samt å ta føret som tilbys.



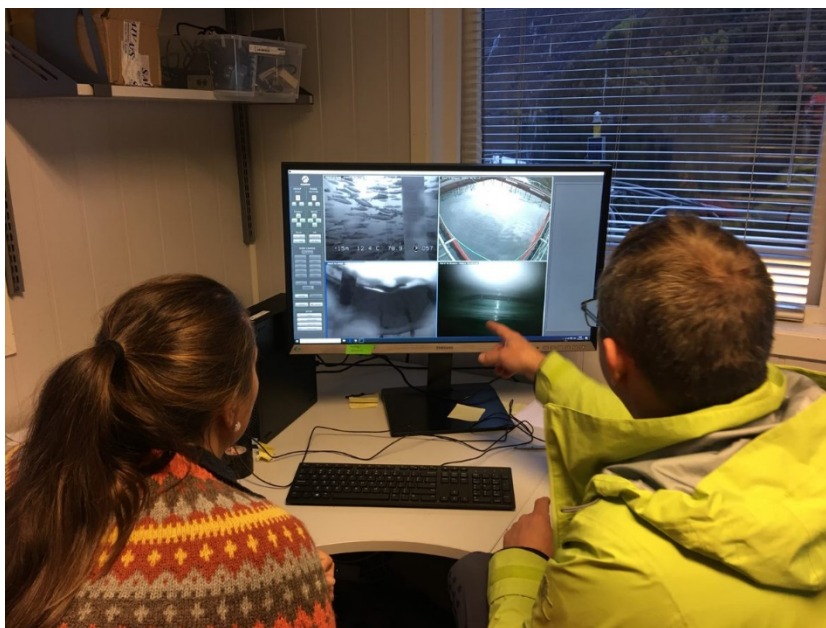
Kamerabilder fra rett etter senking av merd på Skrubholmen

Svømmehastighetene som er målt ligger godt innenfor det som ansees som normalt, og beviser at fisken klarer å bruke luftkuppelen til å fylle svømmeblæren. Fisken begynner å bruke luftkuppelen rett etter utsett, enten fisken er liten eller stor.

Fisken i Atlantis oppførte seg ikke annerledes under føring enn fisken i overflatemerdene og det er ingen negative erfaringer med føring av Atlantismerder generelt.

Ved heving av merdene observeres det økt overflateaktivitet og dette har blitt nøyere undersøkt. Konklusjonen er at det er overveiende sannsynlig at fisken tømmer svømmeblæren på vei opp og at den derfor må etterfylle/justere svømmeblæren når taket fjernes. Det kan også skyldes at

fisken opplever en endring i miljøet – uansett er det viktig å gi mulighet for å fylle svømmeblæren ved å fjerne deler eller hele taket ved heving – alternativt å gi tilgang i kuppelen i overflateposisjon.

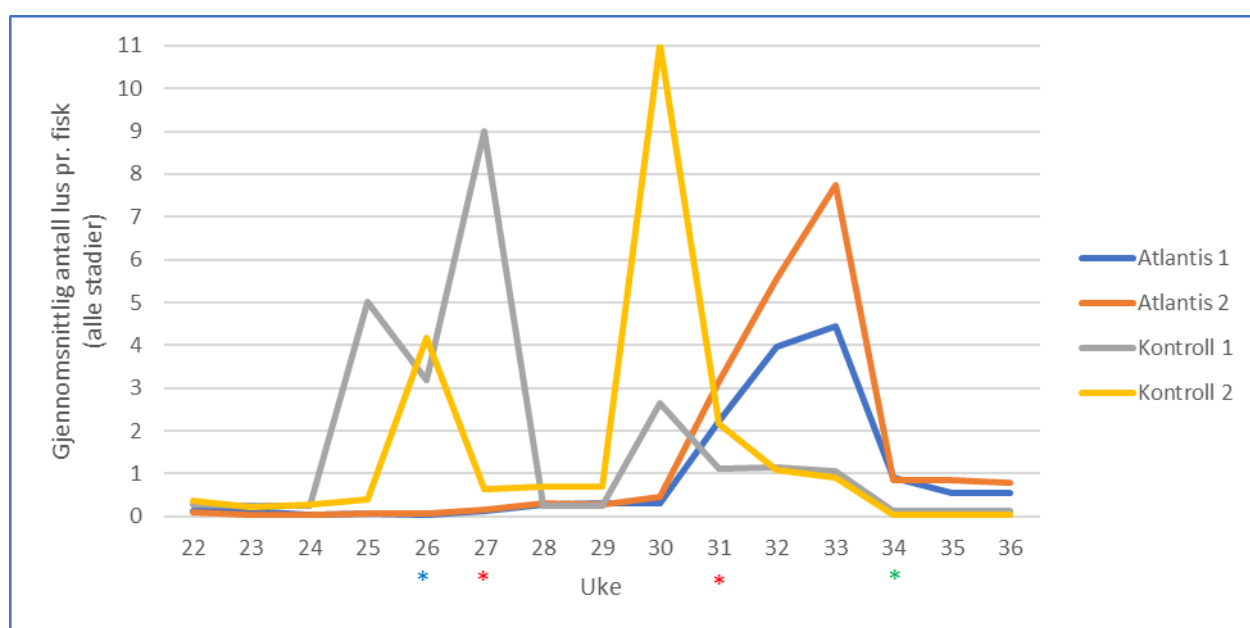




#### 4.1.4 Lakselus

I det siste utsettet ble lusesituasjonen overvåket ved hjelp av Aquabytekamera og unngikk å ta merdene til overflaten for å telle lus. Ved dette utsettet har Atlantismerdene unngått de største lusepåslagene, da kontrollmerdene hadde to store lusepåslag før Atlantismerdene fikk ett (Figur 8). Dette lusepåslaget er også antatt å skyldes at det ble gjennomført avlusning i overflatemerdene på lokaliteten, og at lusen har blitt overført fra overflatemerdene til Atlantismerdene som følge av omrøring i vannmassene internt på lokaliteten.

Resultatene fra det siste utsettet viser at det er mulig å unngå lusepåslag i nedsenkede merder gitt at fisken er mest mulig fri for lus ved utsett, merden tas minst mulig til overflaten (fordrer bruk av Aquabyte-kamera) og at hele lokaliteten har dyp drift løsninger, det vil si at biomassen befinner seg under 15-20 meter eller dypere (avhengig av lokalitet).

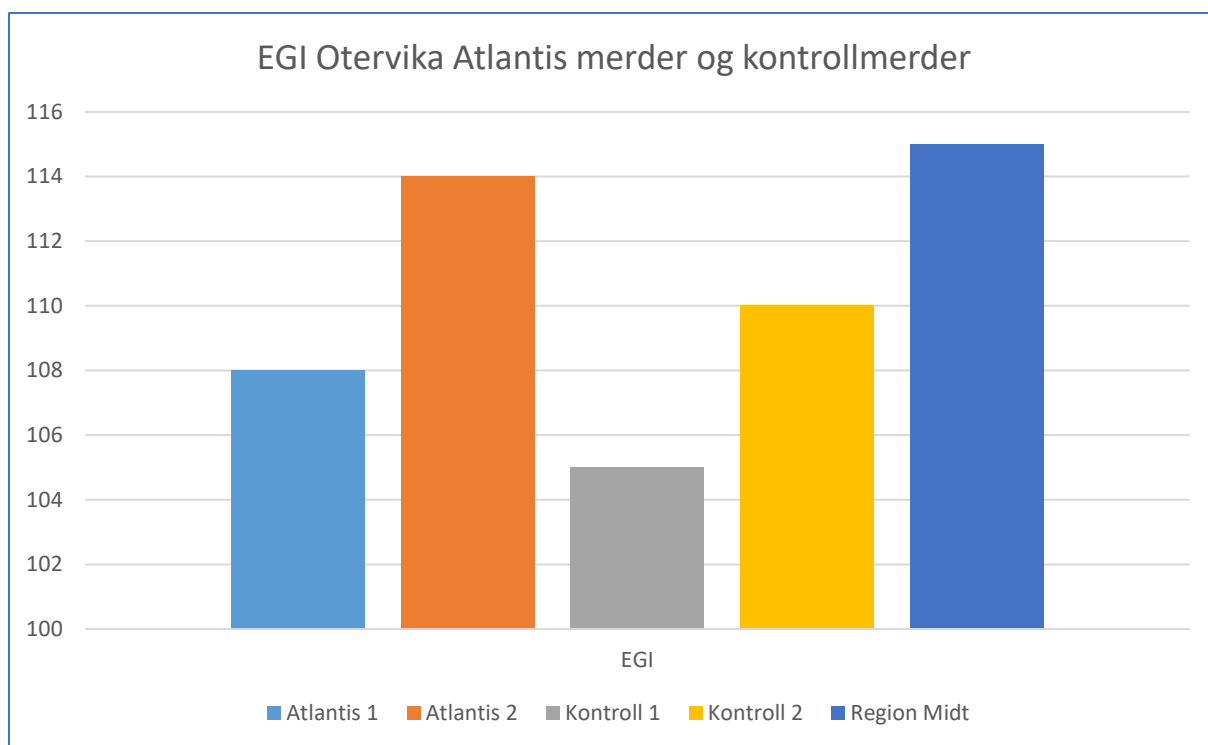


Figur 8 Lusetall talt med Aquabyte kamera i Atlantis 1, Atlantis 2, kontroll 1 og kontroll 2 fra uke 22 til 36. Lusetallene er gitt som gjennomsnittlig antall lus pr. fisk pr. uke, alle lusestadier sammenlagt. Blå stjerne markerer der kontrollmerdene har gjennomgått Slice-kur, røde stjerner markerer der kontrollmerdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling og grønn stjerne markerer der alle merdene har gjennomgått ikke-medikamentell behandling.

#### 4.1.5 Produksjonseffektivitet

Hvis man hensyntar at fisken i Atlantismerdene har opplevd en lavere temperatur enn fisken i overflatemerdene, viser produksjonsdata at fisken i Atlantis har en tilvekst målt i EGI<sup>10</sup> som ikke skiller seg vesentlig fra kontrollmerdene (Figur 9). En viktig lærdom fra Atlantis er at man må justere temperatur profilen i tilvekstmodellene som benyttes til å beregne tilvekst slik at tilvekst og føring vurderes opp mot en riktig prognose. Om vinteren vil det være varmere i dypet enn i overflaten og tilvekstmodellene må justeres for denne perioden også.

<sup>10</sup> EGI (EWOS GROWTH INDEX) er EWOS sitt tilvekstbegrep.



Figur 9 EGI i Atlantis merder, kontrollmerder og gjennomsnitt for region Midt justert for riktig temperatur der fisken oppholder seg (kilde: EWOS)

Fra utsett på Otervika og fram til slakt har Atlantis 1 en økt dødelighet blant annet på grunn av utbruddet av ILA (16,5 %). Før avlusningen i uke 34 var Atlantis 2 den merden med lavest akkumulert dødelighet på lokaliteten (2,28 %) og totalt ble dødeligheten 3,8 %. Etter avlusningen i uke 34 ble det registrert forøket dødelighet i både Atlantis 1 og Atlantis 2. Kontrollmerdene viste en dødelighet på 2,09 og 2,26 %. Slaktedata viser at Atlantis 1 i siste utsett hadde en redusert superiorandel (89,80 %) på grunn av ILA utbruddet mot slutten av perioden, mens Atlantis 2 og kontrollmerdene varierte mellom 93,30-97,30 % der Atlantis 2 var best.

## 4.2 Operasjonelle teknologiske resultater

### 4.2.1 Luftkuppel

Luftkuppelen har vært den største teknologiske utfordringen i prosjektet, og det ble gjort en del designendringer før det siste utsett på Otervika<sup>11</sup>. Luftkuppelen er utformet for å møte laksens behov for et vannspeil der den kan fylle luft, men luftkuppelen må samtidig møte en del praktiske behov knyttet til håndtering, behov for infrastruktur, med mer. Den første luftkuppelen var lagt av aluminium og plast og hadde et stabiliserende lodd i midten.

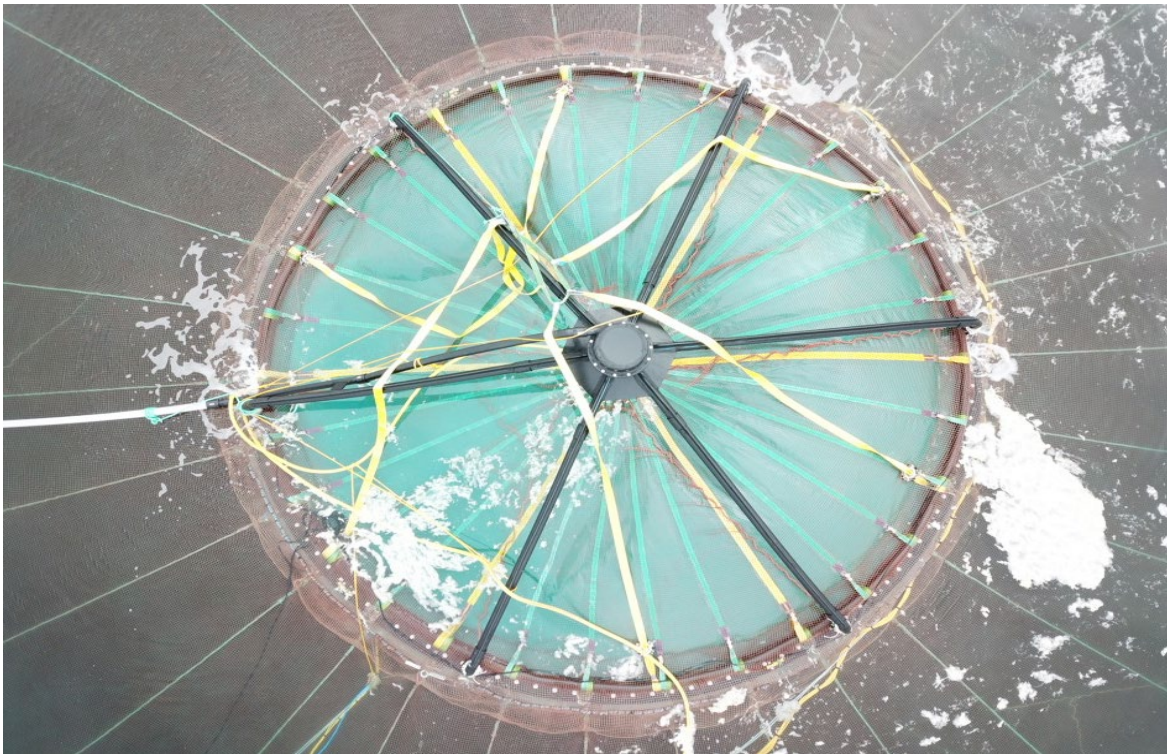
Den nye luftkuppelen fungerer godt rent teknisk – den ble enklere å håndtere (lettere) og den fungerer godt som infrastruktur for utføringsenhet, kamera, lys og annen sensorikk. Nå kan en litt stor servicebåt enkelt håndtere utsett og fjerning av luftkuppel i merd. Selve luftlommen ble større enn ved tidligere utsett (3-4 meter i diameter). Loddet er fjernet. Ellers oppførte konstruksjonen seg omtrent som tidligere luftkupper – den finner en posisjon i vannsøylen og blir der. Luften etterfylles hver dag ved hjelp av styringssystemet AKVA connect.

<sup>11</sup> [10 atlantis subsea farming grunnlag for designendringer skrubholmen 2020.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)





*Luftkuppel i hevet posisjon*



*Luftkuppel sett ovenfra*

#### 4.2.2 Flytekrage med tilhørende kablings- og styringssystem

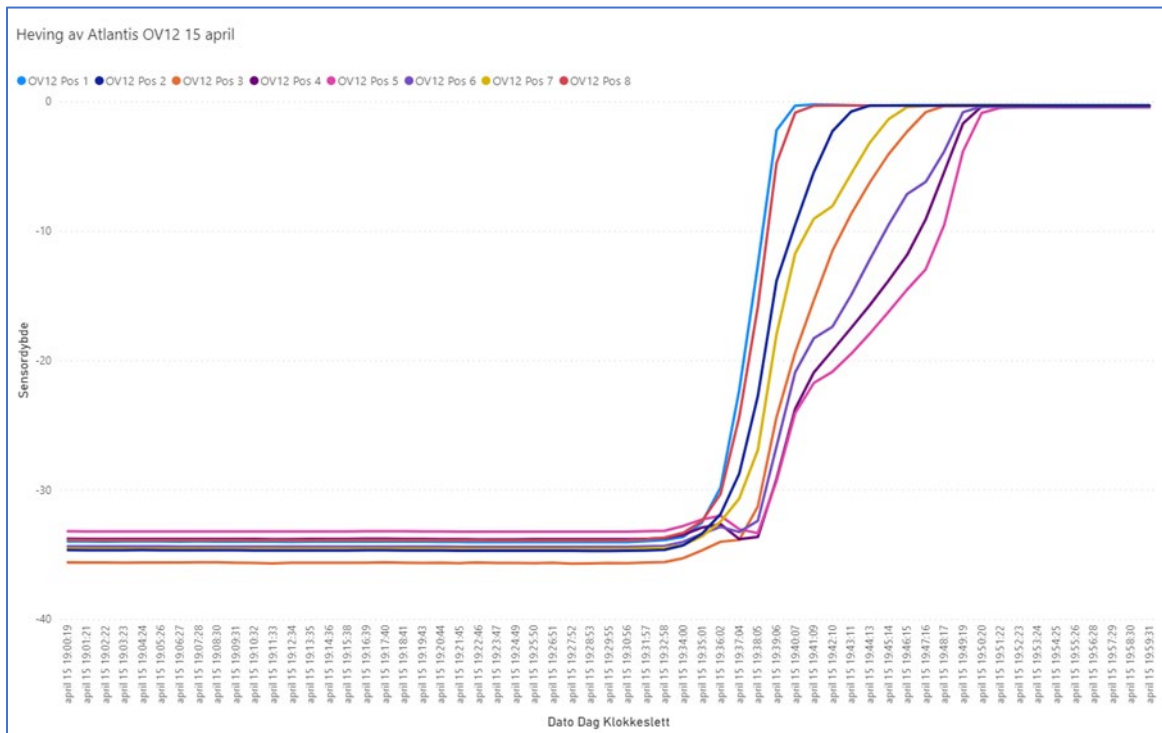
Heving og senking av merd under selve produksjonen har gått uten problemer (Figur 10). Merden fylles med vann ved senking og luft for å heves. Merden går skrått ned i vannsøylen og selve heve og senkeprosessen tar ca 20-30 minutter. Det er mulig å styre tiden slik at det kan brukes mer tid hvis ønskelig. Hva som er helt optimalt for fisken bør utforskes nærmere. Heving og senking av merd styres av AKVA group sitt styringssystem AKVA connect, og det kan skje fra flåten eller fjernstyres fra



hvor som helst. Det gjelder for øvrig alle andre funksjoner som fylling av luft i kuppel, overvåking av sensorer på merd og luftkuppel, kameraovervåking, styring av lys, etc.



Senking av merd ved første utsett på Gjerdinga



Figur 10 Heving av Atlantis (logging av dybdemålere)







Kontrollrommet til Atlantis om bord i flåten

Kablingssystemet ble endret etter utsettet på Skrubbholmen for å redusere antall kabler mellom flåte og merder. I dårlig vær blir kablene utsatt for slitasje og det er også fare for påkjørsel av båt. Generelt er dette med føringsveier for tether, luftslanger og annen kabling en utfordring. Økningen fra en til fire merder økte kompleksiteten og samtidig var Otervika betraktelig mer eksponert enn Skrubbholmen og vi forventet mer slitasje på kabler og luftslanger. Designendringene som ble gjort er beskrevet i en egen rapport<sup>12</sup>, men i korte trekk gikk det ut på å innføre en ventilbøye som hadde til oppgave å fordele trykkluft fra kompressor om bord i fôrflåten til opptil fire nedsenkbare merder. I tillegg fordeler bøyen strøm og signal fra flåte til merdene. Denne løsningen betyr at det kun går en strøm- og fibernettkabel fra ventilbøyen til selve hovedflåten. Vi utviklet også en vanntett metallsylinder på hver merd som inneholder interface-elektronikk for all sensorikk på merden og kommuniserer med PC og AKVAconnect via fiber i tether. Kamera, dybdemålere, for merd og kuppel, lastsjakler, lys og annen sensorikk kobles til kontrollsynderen.

<sup>12</sup> [10\\_atlantis\\_subsea\\_farming\\_grunnlag\\_for\\_designendringer\\_skrubbholmen\\_2020.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)





Ventilbøye



Kontrollflasker montert på merd

Erfaringene tilsier at utfordringene med mye kabling i sjø ble redusert, men ventilbøyen var til dels vanskelig å gå om bord i i dårlig vær. Ventilbøyen har vist seg å oppføre seg greit selv i dårlig vær og har fungert godt som base for ventiler, aktuatorer og elkraft distribusjon og elektronikk forøvrig.

Luftslangene ble utsatt for slitasje i overgangen fra sjø til ventilbøye. Kontrollflaskene fungerte etter hensikten med unntak av en flaske som sluttet å fungere under funksjonstestingsfasen på grunn av operatørfeil<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> [11 atlantis subsea farming rapport funksjonstesting før utsett på otervika.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)





#### 4.2.3 Fortøyningssystem inkludert regulerbare bøyer

Atlantis er innplassert i en vanlig rammefortøyning i de to første utsettene, men i det tredje utsettet ble det lagd en egen rammefortøyning for de fire nedsenkbare merdene inn til rammefortøyningen med overflatemerdene på samme lokalitet.

Bøyene i Atlantis må ha større oppdrift enn i et vanlig anlegg, og i første og andre utsett løste vi det med å ha tre vanlige bøyer sveiset sammen i hvert bøyepunkt i overflaten. Total oppdrift i hvert bøyepunkt var 12 tonn. Vi ønsket å skaffe oss erfaringer med disse bøyene før vi gikk videre å utvikle en mer avansert versjon tilpasset mer eksponert lokaliteter. I meget dårlig vær ble det registrert en max last på i overkant av 5 tonn og en gjennomsnittslast på litt under 3,0 tonn. For å kunne ha så små bøyer som mulig i overflaten ble det utviklet regulerbare bøyer som også fungerte som koblingspunkt i rammefortøyningen. Bøyene kunne fylles med luft for å tilføre mer oppdrift ved hjelp av styringssystemet AKVA connect og tømmes for å redusere oppdriften. Dette ga også en mulighet for å justere den enkelte flytekrage slik at den ble liggende mest mulig horisontalt.



*Regulerbar fortøyningsbøye monteres i sjø*

Det å fylle og tømme bøyene for luft var en enkel prosedyre som fungerte greit via AKVA connect. Det viste seg å være mer uforutsigbart hvordan fylling og tømning av den enkelte bøyen påvirket både fortøyning, flyter og luftkuppel. Ved regulering av en bøye påvirket vi ikke bare den nærmeste merden, men også de andre merdene og regulerbare bøyer. Systemet var følsomt og sammensatt for slike endringer, og bøyene egnert seg ikke til kun å justere en merd slik vi hadde en hypotese om.



Rett før utsett fikk vi brudd i ett av ørene på regulerbar bøye nr K19. Fisken var i ferd med å transporteres til anlegget og vi hadde ikke annet valg enn å ta bøyene ut av anlegget og erstatte de med en vanlig koblingsplate. Hendelsen ble grundig analysert og beskrevet i detalj i rapporten fra funksjonstesting av anlegget<sup>14</sup>, og årsaken til bruddet er sannsynligvis sammensatt av følgende uheldige kombinasjoner; høye rykkkrefter, skjev belastning og størst belastning om svak akse av innfestningsøret.

*Lastsjakkel montert mellom koblingsplate og bøye*

#### 4.2.4 Krefter i konstruksjonen

Lastsjakler ble montert på punkter i konstruksjonen der modelleringer viste at det virket mest krefter i konstruksjonen; i kjetting fra bøye til koblingsplate, i tre haneføtter og i krysstau i tak. Resultatene fra målingene viser det samme som på Skrubbholmen; det måles mest krefter mellom koblingspunkt og overflatebøye, deretter i ytre haneføtter og minst krefter virker i krysstau i taket. Alle målinger ligger godt innenfor de maksverdier funnet ved analyser i AquaSim.

#### 4.2.5 Vannføringssystem

I første utsett utviklet vi en enkel føringssystem der fôr og vann ble blandet på flåten før utføring i merd. Erfaringene var såpass positive at AKVA group utviklet en flåte med et totalintegreert system for vannføring.

Det ble brukt samme fôrflåte på Skrubbholmen og Otervika, og følgelig samme system for utføring basert på conveyoranlegg for å frakte fôr fra silo til vannsluse og integrert vannføringsanlegg. Midt under utsett ble plassering av føringssystemet flyttet inn på land til en føringssentral i Rørvik og dette gikk fint uten videre problemer. Føringssystemet fungerte greit under hele utsett.



<sup>14</sup> [11 atlantis subsea farming rapport funksjonstesting før utsett på otervika.pdf \(atlantisfarming.no\)](#)





Vannføringsflåte med Atlantis container på Skrubholmen

#### 4.2.6 Dødfisksystem

Vi hadde utfordringer med å få Lift Up til å fungere optimalt. Dødfiskslangen går fra Liftup og opp i en gjennomføring i ytterkanten av taket. Hvis denne slangen blir for lang får vi to 90 graders knekker på slangen inne i nota, en når slangen treffer taket og en ute ved flyteringen. Disse knekkene gjør det vanskelig å få en jevn strøm av vann og fisk gjennom slangen, og på bakgrunn av dette er det kritisk å finne rett lengde på dødfiskslange inne i merda. I siste utsett på Otervika valgte vi å bygge en liten dødfiskflåte i PE der servicebåten kunne legge inn til og pumpe opp dødfisken i stedet for å pumpe den inn til flåten. Årsaken var at flåten lå langt fra merdene og vi ønsket å redusere risiko for at noe skulle gå galt. De ansatte på anlegget var også mer fortrolig med å gjøre det på denne måten. Dødfiskflåten fungerte meget bra.



Dødfiskflåte montert på Otervika



### 4.3 Hovedkonklusjoner og anbefalinger fra produksjonsperiodene

Hovedkonklusjonen er at fiskens adferd og velferd var god, og at fisken lærte seg å bruke luftkuppelen for å fylle svømmeblæren. Produksjonsdata som fôrfaktor, tilvekst, dødelighet og slakteresultat viser normale verdier sammenlignet med en ordinær produksjon, gitt at det justeres for lavere temperatur i dypet.

Atlantis merdene ble avluset en gang mot at overflatemerdene i anlegget ble avluset tre ganger. Den ene avlusingen er antatt å ha sin årsak i at avlusing av overflatemerdene gir påslag av lus i de nedsenkede merdene gjennom overføring av lus via vannmassene internt på lokaliteten. Erfaringene tilsier at det er fullt mulig å unngå lusepåslag. For å lykkes med å holde fisken fri for lus er det ekstremt viktig å:

- Etterstrebe å sette ut mest mulig lusefri fisk på hele anlegget
- Heve merden minst mulig til overflaten, noe som fordrer bruk av automatisk lusetelling og overvåking av fisk og tekniske løsninger i dypet
- Ha dyp drift på alle merdene på lokaliteten, enten det er snakk om Atlantis, tubenot eller en annen teknologisk løsning

Teknisk er det fortsatt rom for forbedringer når det gjelder dødfisksystem, kablingssystem og bøyer (se kap 5.5).



Uttak av fisk til slakting





## 5 Erfaringer og læring

I løpet av et såpass omfattende og langvarig prosjekt blir det gjort et utall av erfaringer underveis som fører til forbedringer. Noen av erfaringene materialiserte seg i form av egne oppgraderings- og forbedringsprosjekter av mer teknisk karakter (Tabell 6), mens andre erfaringer er mer prosessorientert og handler om erfaringer og forbedringer knyttet til praktisk drift som risikovurderinger ved gjennomføring av operasjoner, samhandling mellom aktører involvert, opplæring med mer. Vi har høstet verdifull erfaring i hvordan et slikt prosjekt bør gjennomføres som aktørene som har vært involvert tar med seg inn i nye samarbeidsprosjekter etter at Atlantis er avsluttet. I dette kapitlet vil vi fokusere på de viktigste erfarings- og læringspunktene.

### 5.1 Plattform for nye ideer

Noe av det aller viktigste som er erfart er at Atlantis som prosjekt blir en kunnskapsarena for nye ideer og innovasjoner. En del av idéene og innovasjonene handler om forbedringer i Atlantis som prosjekt, men det kommer også opp innovasjoner som kan brukes i andre sammenhenger og i andre prosjekter. For eierselskapene i Atlantis er en slik arena for innovasjon av uvurderlig betydning – og det gir også grunnlag for et tett samarbeid mellom partene etter at prosjektet er over.

Eksempler på dette er utvikling av vannfôringsteknologi, miljøbøye for måling av miljøparametere og andre teknologiske løsninger for dyp drift. I og med at AKVA group og Egersund Net er sentrale eiere i Atlantis som selskap er veien kort fra idé til kommersialisering. For SinkabergHansen som oppdretter får de mulighet til å teste ut løsninger tidlig og eventuelt implementere løsninger raskt hvis de ønsker det.

### 5.2 Praktisk drift

Montering av de tekniske løsningene på lokalitet før utsett har i prosjektet tatt mye lengre tid enn først antatt. En vesentlig årsak er at en del dager går bort i for dårlig vær til å få gjort det man planlegger å gjøre. Enkelte monteringsoperasjoner har krevd at været er godt og det skal da lite til før det oppstår forsinkelser. Uforutsette og uønskede hendelser oppstod også, noe som også bidro til forsinkelser.

I starten av prosjektet ble også behovet for større servicebåter ved gjennomføring av en del operasjoner undervurdert, men planleggingen med de riktige båtressursene kom etter hvert på plass. Generelt ble logistikk til og fra lokalitet med mannskap, båter og andre innsatsfaktorer undervurdert i starten av prosjektet men her ble det etablert bedre systemer etter hvert.

I forbindelse med gjennomføring av større operasjoner ble det alltid gjennomført gode risikovurderinger i henhold til SinkabergHansens internkontrollsystem som også var gjeldende for Atlantis. Sammen med brukerhåndbøker fra Atlantis og god kunnskap om hvordan slike operasjoner gjennomføres på et vanlig anlegg, ble operasjonene gjennomgått i detalj med alle involverte parter. Disse risikovurderingene var særlig viktige når operasjonene skulle gjennomføres første gang – det være seg utsett, avlusingsoperasjoner, uttak av fisk for prøveuttak, slakting, med mer. Ved for eksempel utsett av fisk i Atlantis var det personell fra lokalitet, brønnbåt, servicebåter, veterinærer og prosjektmedarbeidere i Atlantis til stede.



*Fjerning av tak med luftkuppel*

Risikovurderingene sammen med svært dyktige folk i alle funksjoner under gjennomføringen av slike operasjoner gjorde at vi ikke hadde noen uønskede hendelser i forbindelse med disse operasjonene i Atlantis.



Alle tekniske komponenter i Atlantis med registrert i Fishtalk Equipment som er SinkabergHansen sitt vedlikehold- og avvikssystem for drift i sjø. Ved gjennomføring av operasjoner eller under daglig drift ble avvik registrert i dette systemet via en APP som både driftspersonell på lokaliteten og prosjektarbeidere i Atlantis hadde tilgang på. Eventuelle avvik knyttet til selve prosjektet ble også registrert der. Prosedyrer for lukking av avvik ble fulgt.

Dykkere brukes til utsett og kontroll av utstyr, samt en rekke andre operasjoner i Atlantis. Det ble utviklet egne prosedyrer for dykking i Atlantis – både i overflateposisjon og nedsenket posisjon. I merden ble det eksempelvis montert kamera, lys, strømmåler og oksygensensorer ved hjelp av dykkere. Hvis noe av sensorikken sluttet å virke gikk dykkere inn i Atlantis og byttet komponent. De bruker glidelåsene i taket når de skulle gå inn i merden. Når merden er i neddykket tilstand har de kort tid i dypet før de må begynne å gå til overflaten og operasjonene må planlegges godt.

Det ble jobbet mye med hvordan enkeltkomponenter skulle kunne byttes under drift uten at det skulle bli en for omfattende og dyr operasjon. Eksempelvis var utviklingen av kontrollflaskene basert på at hvis en flaske slutter å virke skal den enkelt la seg skifte slik at merden ikke behøver å ligge i overflaten veldig lenge. Andre, enklere operasjoner som skifte av et defekt kamera eller lys skulle la seg gjøre i neddykket tilstand.



Opplæring av de ansatte på lokaliteten som skal drifte med nedsenkbare anlegg er avgjørende for å lykkes. Gjennomgang av rutiner, risikovurderinger og opplæring i bruk av det tekniske utstyret er sentralt.

### 5.3 Kunnskap om lokaliteten

Når det skal driftes i dypet er det essensielt å ha grundig kunnskap om miljøparametere på lokaliteten, og det bør etableres et godt måleprogram for registrering av temperatur, saltholdighet, strøm, vind, oksygen, med mer. Målingene må gjøres i hele vannsøylen og både før og under utsett.

Erfaringene fra de tre lokalitetene i prosjektet er at strømmen er avtagende nedover i vannsøylen og bunnsedimenter bør overvåkes ekstra nøye. Fôr og faeces spres mindre enn i en overflatemerid og det kan potensielt bli utfordrende med opphoping av sedimenter under merdene. En B-undersøkelse utført av Åkerblå på Otervika i henhold til NS 9410:2016 ved maksimal biomasse i anlegget viser imidlertid tilstandsklasse 1 der 1 er best og 4 dårligst<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> B-undersøkelse for lokalitet 40117 Otervika 05.10.2021. Utført av Åkerblå



Oppgraderingsprosjekter underveis i prosjektperioden

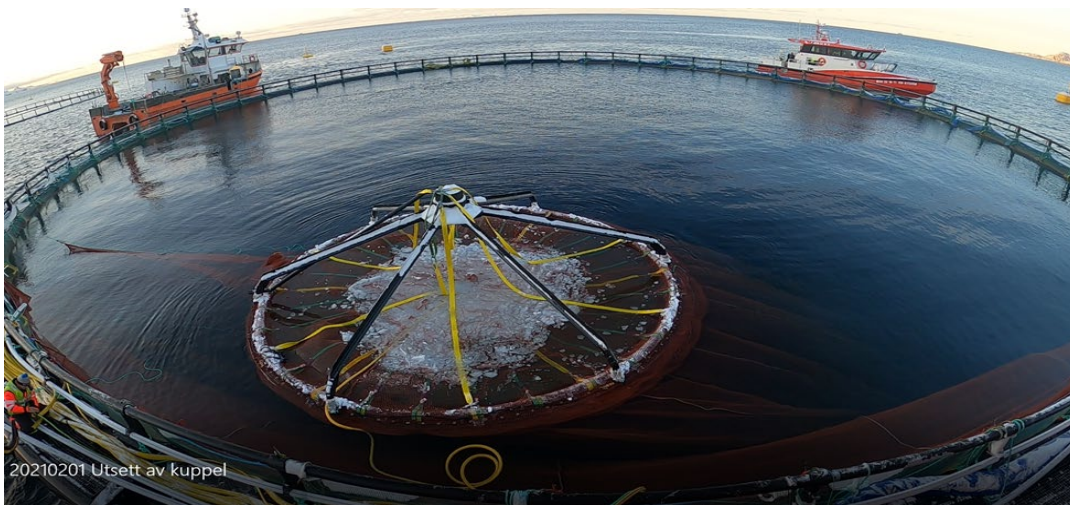
Tabell 6 viser oppgraderingsprosjekter som er gjennomført i Atlantis.

Tabell 6 Oppgraderingsprosjekter

Nr	System	Formål/årsak	Tilførte forbedringer
1	Luftkuppel I	Før første utsett var vi ikke fornøyd med stabiliteten på luftkuppelen og dermed heller ikke størrelsen på luftlommen	Vi valgte å tilføre et loddrør for å øke stabiliteten og størrelsen på luftlommen. Dette fungerte brukbart og gav en grei luftlomme, men det var en omfattende operasjon med til dels tunge elementer å montere i sjø.
2	Luftkuppel II	Etter utsett nr 2 ble det avdekket et behov for å lage en lettere kuppel av håndteringsmessige årsaker, samt få til en litt større luftlomme for fisken. Vi ønsket også å lage en stabil luftlomme uten et stabiliserende lodd i midten som den første versjonen hadde.	Luftkuppelen ble produsert i plast, og designet endret slik at luftlommen ble større. Den nye løsningen lar seg enkelt håndtere med en vanlig servicebåt, og loddet er fjernet.
3	Oppdriftsbøye over luftkuppel	Som en ekstra sikkerhet i tilfelle luftkuppelen mister all luft ble det montert en oppdrettsbøye over luftkuppelen i utsett nr 2	I og med at vi i til utsett nr 3 hadde utviklet en ny kuppel forsvant behovet for oppdriftsbøyen
4	Kablingssystem: Ventilbøye og kontrollflasker	I forbindelse med oppskalering fra en merd til fire, ble det åpenbart at kablingssystemet måtte endres så ikke all kabling nødvendigvis måtte inn til flåte. Det var et behov for å redusere kabellengder, samt gjøre det enkelt å bytte ut enkeltkomponenter som sluttet å virke under drift, eksempelvis kamera, lys etc.	Løsningene gav kortere kabelføringer og muligheter for enkelt å bytte sensorikk og annen teknologi som av ulike grunner havarerer. Det oppstod nye utfordringer knyttet til valgte løsninger, eksempelvis er det ikke mulig å gå om bord i ventilbøyen i dårlig vær og det ble slitasje på luftslangene inn til ventilbøyen. Her er det fortsatt rom for forbedringer.
5	Uttakslomme for fisk	Uttak av fisk for telling av lus og bedømming av fiskevelferd var en utfordring under første utsett på Gjerdinga.	Det er derfor lagd en spesialtilpasset åpning i taket, og det er også lagd en spesielt stor håv for å ta ut fisk. Før utsett av fisk ble det trent på hvordan dette skulle gjennomføres. Etter utsett av fisk viste det seg at uttakslommen og håven fungerte greit, og det var mulig å få tak i det antall fisk som skulle vurderes.
6	Lift Up	Dødfiskslangen går fra Liftup og opp i en gjennomføring i ytterkanten av taket. Hvis denne slangen blir for lang får vi to 90 graders knekker på slangen inne i nota, en når slangen treffer taket og en ute ved flyteringen. Disse knekkene gjør det vanskelig å få en jevn strøm av vann og fisk gjennom slangen	Nøye tilpasning av slangelengder, samt det å flytte styring av Lift Up fra förflåte til Lift Up flåte.
7	Glidelås rundt hele taket inn mot flytekragen	I de to første utsettene var det bare to korte glidelåser montert i taket inn mot flyter. Mesteparten av taket måtte derfor syes på ved montering, noe som var en arbeidskrevende prosess.	Det ble montert på en glidelås rundt hele taket inn mot flytekragen som gjorde det enkelt å montere tak/kuppel og fjerne det igjen.
8	Container med utstyr på flåte	I første utsett utstyrte vi en egen leker med styringssystem for Atlantis ved siden av merden. Denne ville ikke fungere på utsett nr 2 på Skrubbholmen da lekteren ville fått for mye bevegelse.	Alt av styringssystem i Atlantis ble derfor montert i en container som deretter ble plassert på hovedflåten. Containeren kan da i prinsippet enkelt flyttes til neste lokalitet.
9	Endring av innfesting av hanefot	Det ble oppdaget en skade på indre flyterør under funksjonstesting i andre utsett på Skrubbholmen. Årsak var en uheldig innfestingsmetode som gav en dobbel lasteffekt på indre flyterør.	Innfesting av hanefot ble endret til å feste hanefot rett på indre flyterør og det ble lagt på en klemme rundt røret der hvor hanefot snares fast. Dette fungerte greit på neste utsett.



10	Endring av ventilløsning flytekrage	De første ventilene fungerte greit, men vi tapte for mye lufttrykk fram til aktuator på ventil slik at det til tider var utfordringer med åpning/lukking	Vi erstattet styrte ventiler med manuelle. Ulempen er at vi må ut på merd og åpne ventilene før senking og stenge etter heving.
12	Telling av lus og overvåking av fiskevelferd	I de to første utsettene ble det benyttet en modell for å beregne luseutviklingen og deretter ta merden til overflaten for kontrolltelling for å være sikker på at lusegrenser ikke ble overskridet.	Innføring av luseovervåkingskameraet Aquabyte gjorde at vi hadde bedre kontroll på utviklingen av lus og slapp å ta merden til overflaten.
13	Kompressor	I de to første utsettene ble det benyttet dieselkompressor, og vi hadde av og til utfordringer med kompressoren.	I siste utsett gikk vi over til elektrisk kompressor som ble montert om bord i fôrflåten og dette ble en mer driftssikker løsning.



Luftkuppel under montering



Dykker åpner glidelås i taket for å montere kamera

#### 5.4 Vesentlige modifikasjoner eller endrede rutiner etter prosjektperioden

Før siste utsett på Otervika ble det gjennomført en rekke forbedringer i Atlantis. Likevel vil det alltid være behov for forbedringer og endringer av et teknologisk konsept som tross alt er i tidlig fase. Vi vil trekke fram følgende momenter som det vil bli jobbet videre med:

- Kabler og slanger (luftslanger, fiber, kamera/lyskabler, føringsrør og dødfiskslanger) og føringsveier for disse er fortsatt utfordrende. Denne typen utstyr får i overflaten store påkjenninger på en lokalitet som Otervika – eller mer eksponerte lokaliteter for den del, og ideelt sett skulle enda mer av dette vært senket ned i vannsøylen og ikke ligget i overflaten.
- Kabelføring internt på merd. Merden som i hovedsak består av to flyterør og en håndrekke er en fleksibel konstruksjon som særlig blir utsatt for deformasjon under heving-senking. Dette har gitt utfordring for kabelføring mellom kontrollsylinger og de enkelte dybdesensorer.
- Dødfisk flåten har fungert meget godt som arbeidsstasjon og kan muligens egne seg som en plattform/infrastruktur for annen type utstyr også, eksempelvis utstyr som i dag er knyttet til ventilbøya og/eller kontrollflaskene. Selve dødfisk systemet må det jobbes mer med da systemet ikke fungerer optimalt.
- I tillegg til videre arbeid på konseptet ser vi også at hendelsen rundt nedsenkbarbøyene at det er behov for en diskusjon rundt hvordan krav i NS 9415 skal sikre at det oppnås tilstrekkelig styrke komponenter med store volum i nedsenket tilstand. Spesielt i de tilfeller hvor det er stor tilleggsmasse samt en kobling til overflaten. Dette gir en lastsituasjon det kan se ut som er utfordrende for NS9415 å dekke. Vi ønsker å utforske videre bruk av regulerbare bøyer på mer eksponerte lokaliteter enn Otervika.
- Generelt krever drift på en lokalitet som Otervika svært god planlegging og oppmerksomhet knyttet til værvindu for faktisk å få gjennomført operasjoner, enten disse er knyttet til montering og funksjonstesting eller drift.
- Justering av enkeltkomponenter på luftkuppelen vil være nødvendig.
- På sikt vil det være ønskelig å utvikle et eget fortøyningsklammer for nedsenkbare merder og erstatte løsningen med stropper.





## 6 Evaluering av prosjektet som helhet

Oppdrett av laks på under 25-30 meter dyp har aldri vært gjort før i den skala vi her snakker om. Vi er av den oppfatning at det å flytte selve oppdrettsvolumet ned i vannsøylen på denne måten har høy innovasjonshøyde, samtidig som det løser en av de største utfordringene som næringen har i dag knyttet til lakselus.

Prosjektet har vist at det er biologisk mulig og forsvarlig å holde laksen i dypet, men vi vil understreke at det fortsatt er et behov for å utforske hvordan laksen påvirkes av å være i dypet over tid. Det kan oppstå biologiske utfordringer som vi ikke har oversikt over i dag. På den annen side vil det også kunne være biologiske fordeler med å holde laksen i dypet som vi enda ikke har avdekket. Det er også slik at de som skal drifte et nedsenkbart anlegg må tilegne seg ny kunnskap og nye driftsrutiner for å sikre suksess.

Vi har hatt utfordringer i prosjektet av både teknologisk, værmessig og biologisk art og de to første utsettene ble derfor noe forsinket og av mindre omfang enn opprinnelig planlagt. Det må påpekes at den opprinnelige planen var basert på et større omfang enn tildeling av en tillatelse skulle tilsi. Det siste utsettet ble likevel gjennomført etter planen, og i sum mener vi at prosjektet har oppfylt målsettingene.

Hovedkonklusjonen fra prosjektet er klar; Vi har nå utviklet teknologi for å kunne oppdrette laks i nedsenkbare merder i kommersiell skala, og vi har vist at det er mulig å produsere en fisk med god velferd og adferd, lite luseutfordringer og god produksjonseffektivitet.

Teknologien er sertifisert i henhold til NS9415 og det er utviklet brukermanualer, risikovurderinger og driftsrutiner som tilfredsstillende dagens akvakulturregelverk.

Anlegget er sertifisert i henhold til en relativt eksponert lokalitet opp mot en Hs på 5,0 og en strøm på 1,0 m/s. Sannsynligvis kan et nedsenkbart anlegg fungere også på en mer eksponert lokalitet når det gjelder bølgehøyde og strøm, men det må naturligvis analyseres og undersøkes for den enkelte lokalitet. De digitale verktøyene for å gjøre analysene er utviklet. Atlantis vil egne seg best på lokaliteter i ytre kyststrøk og prosjektet har åpnet for å ta i bruk et større areal i ytre kyststrøk for oppdrett av laks.

Atlantis og tilhørende eierselskap har bygget opp erfaringer og kunnskap som gjør det mulig å bygge og drifte flere nedsenkbare anlegg av litt ulik karakter. Erfaringene tilsier at hvert anlegg må tilpasses den aktuelle lokaliteten, og Atlantis som kunnskapsbase vil gjøre dette mulig. De mange leverandørene som har levert løsninger og kunnskap inn mot prosjektet sitter også med verdifull kunnskap om dyp drift, og de vil kunne være viktige aktører i levering av fremtidige anlegg. Alle industrielle leveranser er fra norske leverandører.

Prosjektet har publisert en rekke rapporter og artikler og det er holdt mange foredrag på ulike industrielle arenaer. Det er også etablert grunnleggende kunnskap om dyp drift i samarbeidet med Havforskningsinstituttet som har blitt publisert i vitenskapelige tidsskrift.

Vi mener at prosjektet har oppfylt kravene som er uttrykt gjennom prosjektets målkriterier på en god måte og oppfylt målsettingene med prosjektet uttrykt i den opprinnelige prosjektsøknaden, samt kommunikasjon med Fiskeridirektoratet i løpet av prosjektperioden.

## 7 Suksesskriterier med tanke på kommersialisering og videre planer

Generelt har det tette samarbeidet mellom SinkabergHansen som oppdretter og AKVA group som hovedleverandør gjort at alle de tekniske løsningene som er utviklet hele tiden blir diskutert gjennom når det gjelder praktisk funksjonalitet, god fiskevelferd, teknologisk og biologisk ytelse, vedlikeholdskostnader og anskaffelsespris. Dette er helt vesentlige suksesskriterier hvis man skal lykkes med å tilby et såpass nytt og revolusjonerende konsept for oppdrett av laks. Vårt mål har hele tiden vært å utvikle en kommersiell teknologi som er interessant for oppdrettsselskaper nasjonalt og internasjonalt etter at prosjektet Atlantis er avsluttet.

Rent konkret vil SinkabergHansen fortsette med Atlantis anlegget i et neste utsett fra 2022. Det vil bli gjort enkelte justeringer av teknologien, men hovedprinsippet er det samme.

AKVA group har rettighetene til de nye teknologiske løsningene som er utarbeidet i Atlantis og er den aktøren som vil kommersialisere løsningene sammen med sine dyktige underleverandører. AKVA group har et velutviklet nettverk i alle viktige lakseproduserende land og Atlantis som konsept, sammen med andre teknologiske løsninger for dyp drift, er aktuelle i alle disse landene. I alle landene er det utfordringer knyttet til lakselus og tilgang til areal i form av mer eksponerte lokaliteter. I enkelte av disse markedene, eksempelvis Canada, kan også argumentet med at anlegget er lite synlig ha en betydning. Men markedet må bygges opp og kunnskapen fra Atlantis som prosjekt sammen med andre tilsvarende prosjekter rettet mot dyp drift, er avgjørende for å lykkes i markedet.

Et av de viktige suksesskriteriene for Atlantis videre vil være at man som leverandør allerede er posisjonert med et markedsføringsapparat og servicesystem i disse landene. Det vil gi en mulighet for å bistå kundene på en god måte når Atlantis som konsept skal tas i bruk.

I tillegg har det i hele prosjektets levetid vært signalisert sterk internasjonal interesse for Atlantis rettet mot oppdrett av andre arter enn laks. Det som da er aktuelt er å konstruere en noe enklere variant av Atlantis som primært er rettet mot å unngå kraftige stormer.

Et annet suksesskriterium for Atlantis vil være å fortsette å utvikle kunnskap om dyp drift, noe eierselskapene i Atlantis vil gjøre sammen med aktuelle forskningsmiljø og andre leverandører.

Det at SinkabergHansen i det siste utsettet valgte å sette sin egen fisk i anlegget for å utnytte infrastrukturen og for å få enda bedre grunnlag for kunnskapsgenerering, gjør at grunnlaget for å kunne kommersialisere de teknologiske løsningene er gode.



## Vedlegg 1 Målkriterier og oppfyllelse av disse

Linkene i tabellen er til publiserte rapporter fra prosjektet som er lagt ut på prosjektets hjemmeside og rapportert til Fiskeridirektoratet i løpet av prosjektperioden. Andre rapporter det ikke er linket til er unntatt offentlighet og rapportert inn til Fiskeridirektoratet underveis.

<b>Målkriterie 1 Prosjektinformasjon</b>			<b>Utsett 1</b>	<b>Utsett 2</b>	<b>Utsett 3</b>
<b>1.1 Informasjonsdeling</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Prosjektet skal utarbeide en hensiktsmessig plattform for deling av kunnskap og erfaringer som spesifisert under aktuelle målkriterier.	Prosjektet skal informere Fiskeridirektoratet når plattformen er i drift.	Prosjektet skal vedlikeholde plattformen i henhold til vilkår om kunnskapsdeling i de spesifiserte målkriteriene.	Etablert. <a href="https://www.atlantisfarming.no/for-side">https://www.atlantisfarming.no/for-side</a>	Oppdatert	Oppdatert
<b>1.2 Fakta om prosjektet</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Atlantis skal så snart prosjekteringen er ferdigstilt utarbeide et fakta-ark med nøkkelinformasjon om prosjektet. Fakta-arket skal minimum inneholde hoveddimensjoner, funksjonalitet, milepæler og leverandører.	Fakta-arket skal leveres til Fiskeridirektoratet.	Fakta-arket vil publiseres av Fiskeridirektoratet og prosjektet på en hensiktsmessig måte.	Utarbeidet <a href="#">01_atlantis_subsea_farming_faktaark_1.pdf</a> ( <a href="http://atlantisfarming.no">atlantisfarming.no</a> )	Utarbeidet <a href="#">09_atlantis_subsea_farming_faktaark_2.pdf</a> ( <a href="http://atlantisfarming.no">atlantisfarming.no</a> )	Utarbeidet, se <a href="#">Rapporter - Atlantisfarming</a>
<b>Målkriterie 2 Designverifikasjon</b>					
<b>2.1 Designverifikasjon</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Det skal gjennomføres en tredjeparts designverifikasjon av anlegget for å sikre at anlegget er designet i henhold til regler og standarder beskrevet i søknad og tilhørende dokumentasjon. Verifikasjonen skal baseres på gjennomgang av designrapporter, tegninger, uavhengige beregninger, resultater fra tanktesting, alt etter hva som er hensiktsmessig vurdering ut ifra kvalitative risikovurderinger og dialog med tredjepart. Tredjepart skal ha nødvendig kompetanse og erfaring til å utføre verifikasjon av konseptet.	Designverifikasjonsrapport fra tredjepart leveres til Fiskeridirektoratet.	Ikke relevant.	Utført TR-30887-5539-02 Design- og byggeverifikasjon	Kun små justeringer i design som ikke krever ny designverifikasjon. Dette ble avtalt med Fiskeridirektoratet	Utført TR-30887-6334-1 Design- og byggeverifikasjon
<b>2.2 Register over endringer</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Erfaringer fra drift på en lokalitet/ eller en versjon av Atlantis skal tilbakeføres til design av neste versjon av anlegget. Prosjektet skal registrere designendringer i et register og begrunne disse. Betydningsfulle	Registeret sammenfattes i en rapport og leveres til Fiskeridirektoratet for hver versjon av anlegget.	Rapportene skal publiseres fortløpende av Fiskeridirektoratet og prosjektet på en hensiktsmessig måte.	Rapport levert <a href="#">05_atlantis_subsea_farming_grunnlag_for_designendringer</a>	Rapport levert <a href="#">10_atlantis_subsea_farming_grunnlag_for_designendringer</a>	IA



erfaringer fra prosjektering og utførelse som også fører til endringer skal også registreres.			<a href="#">gjerdinga 2019.pdf (atlantisfarming.no)</a>	<a href="#">skrubbholmen 2020.pdf (atlantisfarming.no)</a>	
<b>Målkriterie 3 Konstruksjon</b>					
<b>3.1 Bygging/utførelse av anlegget</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Konstruksjon av konstruksjonsdeler, hovedkomponenter og annet nødvendig utstyr, samt sammensetningen av disse til det ferdige anlegget skal følges opp av tredjepart for å sikre at anlegget er bygget i henhold til gjeldende regelverk og standarder beskrevet i søknad og tilhørende dokumentasjon. Tredjepart skal ha relevant kompetanse.	Bekreftelse fra tredjepart på at bygget i henhold til gitte spesifikasjoner leveres til Fiskeridirektoratet.	Ikke relevant.	Utført TR-30887-5539-02 Design- og byggeverifikasjon	Det samme utstyret ble benyttet i utsett 2 som i utsett 1 med unntak av at utstyr på lekter ble flyttet inn i container. Bekreftelse fra 3. part ut over anleggssertifikat var derfor ikke nødvendig. Avtalt med Fiskeridirektoratet.	Utført TR-30887-6334-1 Design- og byggeverifikasjon
<b>3.2 Sertifikater og dokumentasjon</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Leverandørene av hovedkomponenter til Atlantis skal ved ferdigstilling utstede produktsertifikater og vedlegge produktsertifiseringsbevis på alle komponenter hvor det kreves i henhold til NYTEK-forskriften kapittel 4.	Produktsertifiseringsbevis og produktsertifikater leveres i forbindelse med anleggssertifikat (Målkriterie 5).	Ikke relevant.	Utført	Utført	Utført
<b>Målkriterie 4 Funksjonstesting</b>					
<b>4.1 Funksjonstesting av merd</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Før anlegg/en merd tas i bruk med fisk skal funksjonstesting av anlegg/merd uten fisk gjennomføres i henhold til forhåndsdefinert testplan.	En testperiode avsluttes med en rapport som inkluderer resultater, forslag til endringer og forbedringer. Rapporten leveres til Fiskeridirektoratet.	Rapporten skal publiseres av Fiskeridirektoratet og prosjektet på en hensiktsmessig måte.	Utført <a href="#">03_atlantis_subsea_farming_rapport_funksjonstesting_gjerdinga_2019.pdf (atlantisfarming.no)</a>	Utført <a href="#">06_atlantis_subsea_farming_rapport_funksjonstesting_skrubbholmen_2020.pdf (atlantisfarming.no)</a>	Utført <a href="#">11_atlantis_subsea_farming_rapport_funksjonstesting_før_utsett_på_otervika.pdf (atlantisfarming.no)</a>
<b>Målkriterie 5 Anleggssertifikat</b>					
<b>5.1 Anleggssertifikat</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Før anlegget kan benyttes til akvakultur skal det foreligge et anleggssertifikat i henhold til NYTEK-forskriften kapittel 7.	Anleggssertifikatet skal rapporteres til Fiskeridirektoratet via Altinn på kjent måte.	Ikke relevant.	Rapportert Altinn	Rapportert Altinn	Rapportert Altinn



<b>Målkriterie 5 Måleparametere</b>					
<b>5.1 Måleparametere</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Prosjektet skal senest 2 måneder før all 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.	Programmet leveres til Fiskeridirektoratet, som skal kunne påvirke og godkjenne programmet.	Programmets innholdsfortegnelse skal publiseres av Fiskeridirektoratet og prosjektet på en hensiktsmessig måte.	Utarbeidet <a href="#">02_atlantis_subsea_farming_måleprogram_gjerdinga_2019.pdf</a> ( <a href="#">atlantisfarming.no</a> )	Utarbeidet <a href="#">12_atlantis_subsea_farming_måleprogram_skrubholm_2020.pdf</a> ( <a href="#">atlantisfarming.no</a> )	Utarbeidet <a href="#">13_atlantis_subsea_farming_måleprogram_otervika_2021.pdf</a> ( <a href="#">atlantisfarming.no</a> )
<b>Målkriterie 6 Produksjonssyklus</b>					
<b>6.1 Produksjonssyklus</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
Prosjektet skal dokumentere alle produksjonssykluser i anlegget fra utsett til slakt i prosjektperioden. Produksjonen skal dokumenteres i henhold til avtalt måleprogram (Målkriterie 5).	Det skal til Fiskeridirektoratet leveres halvårslige sammendragsrapporter fra produksjonen i henhold til avtalte måleprogram.	Sammendragsrapportene skal publiseres av Fiskeridirektoratet og prosjektet på en hensiktsmessig måte.	Utarbeidet <a href="#">04_atlantis_subsea_farming_rapport_produksjon_gjerdinga_2019.pdf</a> ( <a href="#">atlantisfarming.no</a> )	Utarbeidet <a href="#">07_atlantis_subsea_farming_rapport_produksjon_skrubholm_2020.pdf</a> ( <a href="#">atlantisfarming.no</a> ) og <a href="#">08_atlantis_subsea_farming_rapport_produksjon_skrubholm_2020_kortversjon.pdf</a> ( <a href="#">atlantisfarming.no</a> )	Utarbeidet, se <a href="#">Rapporter - Atlantisfarming</a>
<b>Målkriterie 7 Sluttrapport</b>					
<b>7.1 Sluttrapport</b>	<b>Leveranse</b>	<b>Kunnskapsdeling</b>			
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 med tanke på kommersialisering av Atlantis. Erfaringer fra drift som vil føre til endrede prosedyrer eller vesentlige designendringer/modifikasjoner etter den definerte prosjektperioden skal inkluderes i sluttrapporten.	Rapport og tilhørende sammendrag leveres til Fiskeridirektoratet.	Sammendraget av rapporten skal publiseres av Fiskeridirektoratet og prosjektet på en hensiktsmessig måte.			Utarbeidet, se <a href="#">Rapporter - Atlantisfarming</a>

## Vedlegg 2 Oversikt foredrag, artikler og annen kunnskapsspredning

Kyst.no er den digitale løsningen som har publisert mest av litt mer omfattende artikler om resultatene fra prosjektet. Ilaks.no og Intrafish.no har også oppslag om Atlantis, men disse er ofte kortere og ikke like informative. I tabellen under oppgir vi derfor artiklene som bidrar mest til kunnskapsspredning på kyst.no.

Diverse pressemeldinger og nyheter er underveis i prosjektet publisert på [www.atlantisfarming.no](http://www.atlantisfarming.no)

Filmer:

<https://www.youtube.com/watch?v=RMhiWcY6NZA>

[ATLANTIS senket med fisk 24. mai 2019 - YouTube](#)

[Atlantis ned i dypet, mai 2020 - YouTube](#)

<https://youtu.be/aM3H9ECTvoU>

offshore-energy.biz Subsea World News - 27.05.2019 - Atlantis Subsea Farming Project Kicks Off

Fishfarmingexpert.com - 29.09.2019 - Promising results from Atlantis Subsea cage trials

Hi.no - 28.10.2021 - Nedsenket laks får færre lus enn laks i vanlig merd

Tidsskrift/Arena	Tid	Tema
Fish Farmer Magazine	26.02.2018	Subsea Salmon Farm gets go ahead
AKVA News (avis produsert til Aqua Nor)	Aug 2019	Fish in Atlantis: "A potential game changer for aquaculture"
Kyst.no	07.05.2021	Tredje Utsett av fisk i Atlantis
Kyst.no	24.03.2021	Resultatene tyder på at fisken har en normal tilvekst og god velferd
Kyst.no	16.09.2020	Enda større tro på nedsenkable merder
Kyst.no	20.02.2020	100 000 fisk satt ut i Atlantis-merden
Kyst.no	26.09.2019	Lovende resultater for Atlantis-merden
Kyst.no	27.05.2019	Det er kommet fisk i den nedsenkable merden
Kyst.no	05.02.2019	Siste fase med testing i Atlantis-prosjektet før utsett av fisk
Kyst.no	30.07.2018	Utviklingskonseptet skal produsere laks gjennom tre generasjoner
Fish Farming Technology	Jan 2019	Good cage systems are essential in order to achieve good production
Samling NCE Aquatech Cluster	04.09.2019	Atlantis Subsea Farming – erfaringer så langt
Samling NCE Aquatech/Sjømat Norge Midt	05.10.2021	Oppdrett i dypet – kunnskap og erfaringer
HavExpo Digital	26.03.2021	Atlantis Subsea Farming - status
Webinar Aquabyte	27.01.2021	Atlantis – overvåking og lusetelling i dypet
NTNU _ Ekspert i Team	I jan 2020 og 2021	Atlantis og andre konsepter for «dyp drift»





<b>Aqua Vision 2016</b>	15.06.2016	Atlantis Subsea Farming - solutions for the future
<b>Intrafish.no</b>	16.08.2021	Har samlet all forskning om nedsenkbare merder – lysere utsikt for torsken enn for laksen
<b>Teknisk Ukeblad</b>	18.08.2021	Nedsenkbare merder kan åpne for mer havbruk
<b>AKVA group sin blog <a href="#">Nytt fra AKVA group   atlantis subsea farming</a></b>	07.05.2021 19.02.2020 m. flere	Diverse blogger
<b>Norway Exports</b>	21.12.2017	Atlantis Subsea Farming: Great faith in the project despite rejection
<b>Offshore Energy</b>	27.05.2019	Atlantis Subsea Farming Project Kicks Off
<b>GCE Node havbruksseminar</b>	02.11.2021	Atlantis – erfaringer fra oppdrett I dypet

Publisert av Havforskningsinstituttet

Warren-Myers F., Vågseth, T., Folkedal, O., Stien L.H., Fosse, J.O., Dempster, T., Oppedal, F., 2022. Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture* 548, 737570. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737570>

Oppedal, F., Folkedal, O., Stien, L.H., Vågseth, T., Fosse, J.O., Dempster, T., Warren-Myers, F., 2020. Atlantic salmon cope in submerged cages when given access to an air dome that enables fish to maintain neutral buoyancy. *Aquaculture* 525. 735286 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735286>

Sievers, M., Korsøen, Ø., Warren-Myers, F., Oppedal, F., Macaulay, G., Folkedal, O., Dempster, T., 2021. Submerged cage aquaculture of marine fish: a review of the biological challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture* <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12587>

Annet

Hoddevik, B. 2021. Nedsenket laks får færre lus enn laks i vanlig merd. HI nyhet 28.10/ kyst.no

Rokkan, A., 2021. Fikk fred for lus på 15 m dyp. Bergens Tidende/ E24, 27. oktober

Hommedal, S., 2021. Får penger til å forske på laksevelferd i havbruk til havs. Storsatsning for bærekraftig havbruk til havs. HI-nyhet 02.09

Pettersen, V., 2021. Nedsenkede merder kan være fremtiden for oppdrettsfisk. HI-nyhet 11.08/ kyst.no



## **AKVA group ASA**

AKVA group tilbyr alt fra enkle komponenter til komplette installasjoner og service for både landbasert og merdbasert oppdrett. God fiskevelferd ligger til grunn for alt vi gjør og vi jobber hardt for å utvikle teknologi som bidrar til god biologisk produksjon. Gjennomprøvde konsepter og sterke merkevarer som Polarcirkel, Wavemaster, Plastsveis, Akvasmart og Fishtalk har gjort AKVA group til en ettertraktet leverandør verden over. Selskapet har i dag cirka 1,700 ansatte og er etablert i 12 land. Egersund Net er et heleid datterselskap av AKVA group. Selskapet startet med produksjon av notposer tidlig på 1970-tallet og ble skilt ut som eget selskap i 1996. Siden har Egersund Net utviklet seg til å bli blant Europas ledende leverandører av notposer og servicetjenester til havbruksnæringen.

## **SinkabergHansen AS**

SinkabergHansen AS er et oppdrettsselskap lokalisert på Helgeland-og Namdalskysten med hovedkontor og produksjonsanlegg på Marøya i Nærøysund kommune. Selskapets strategi er å gjennomføre en kontrollert vekst i hele verdikjeden – fra smolt til ferdig bearbeidet produkt – og selge til kvalitetsbevisste forbrukere. Det gir muligheten til å beholde og etablere nye solide arbeidsplasser med god økonomisk inntjening for selskapet.

Sluttrapport Atlantis Subsea Farming

19.11.2021

Utarbeidet av Trude Olafsen med flere.