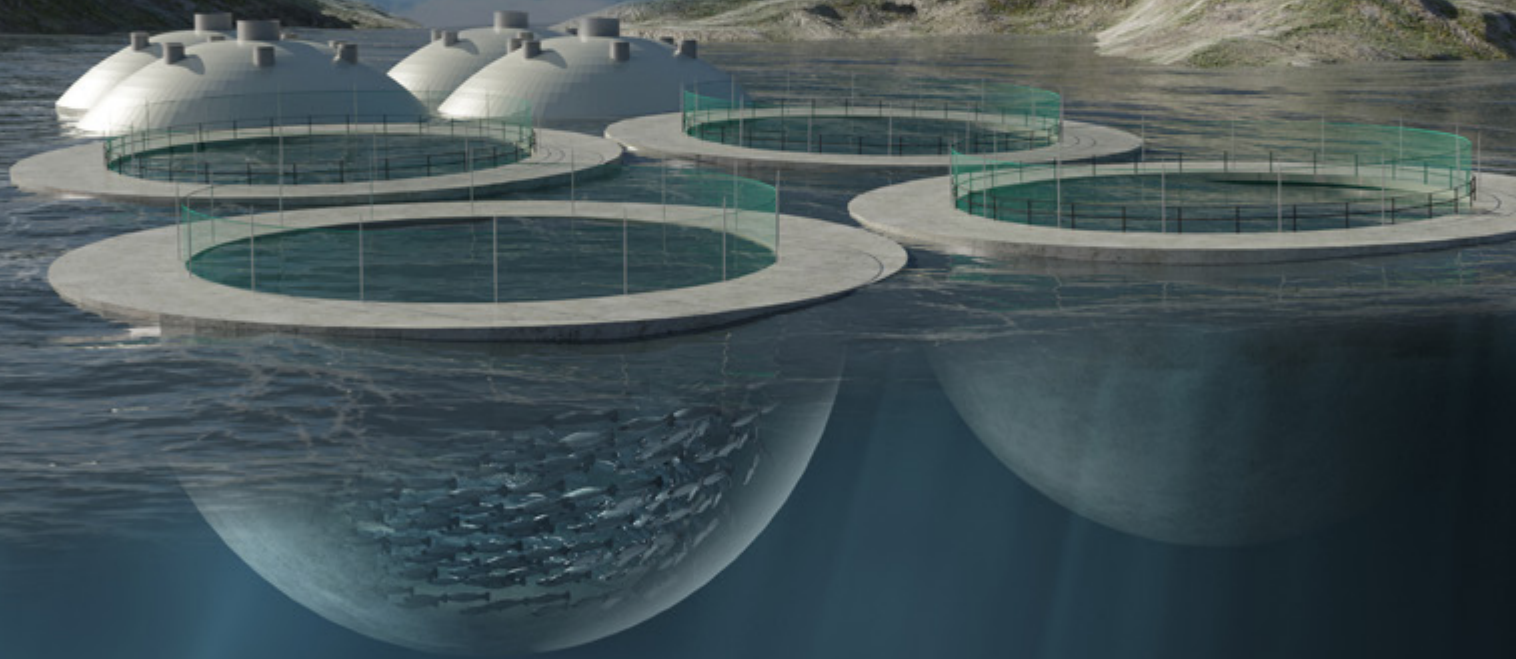


BÆREKRAFTIG VEKST MED LUKKEDE ANLEGG I SJØ



Ragnar Tveterås (prosjektleder), Grunde Bruland,
Martin H. Bryde, Sigurd Handeland, Bård Misund,
Arve Nilsen, Tor Solberg.

Stavanger, 5. april 2021



Innhold

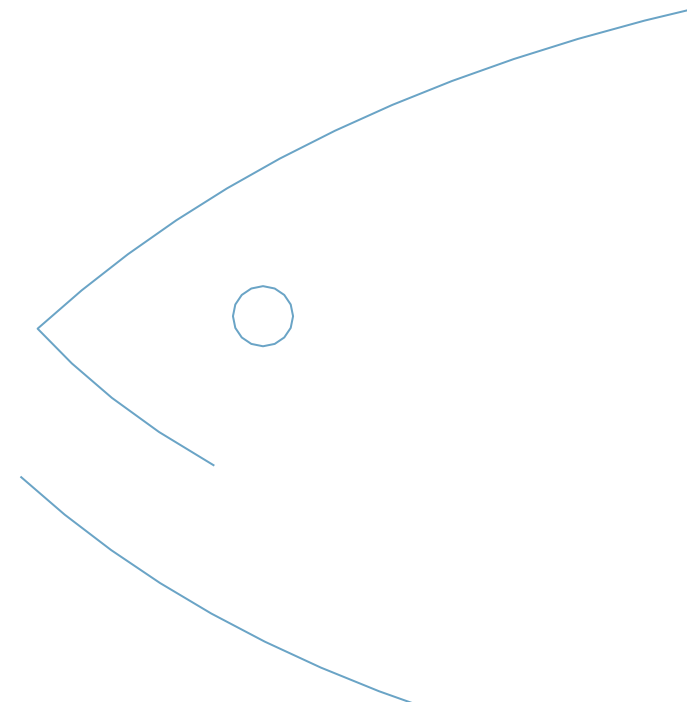
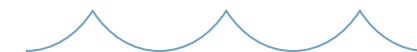
10	1.	Innledning
10	2.	Kunnskapsstatus for lukkede anlegg i sjø
17	3.	Samfunnsøkonomisk effektiv regulering som omfatter lukkede anlegg i sjø
20	4.	Juridiske vurderinger og forslag til endringer i forskrifter
23	5.	Scenarier mot 2050
26	6.	Referanser
28		Vedlegg 1 - Lukket anlegg i sjø: Produksjon, fiskevelferd. økonomisk potensial
58		Vedlegg 2 - Lukkede anlegg i sjø: Juridisk vurdering - status og muligheter
74		Vedlegg 3 - Scenarier for flytende oppdrettsanlegg i sjø



Forord

Oppdragsgiver for denne rapporten er FLO SJØ / Stiim Aqua Cluster (<https://stiimaquacluster.no/>). FLO SJØ er et bedriftsnettverk for produsenter av flytende lukkede oppdrettsanlegg i sjø. Rogaland Fylkeskommune, Norsk Industri, Stavanger kommune, og DnB har vært medfinansierer av rapporten.

Ragnar Tveterås har vært prosjektleder. I arbeidet har prosjektgruppen hatt stort utbytte av møter med referansegruppe fra FLO SJØ og dokumentasjon mottatt fra FLO SJØ bedrifter. Dette har gitt oss verdifull kunnskap. Det må likevel understrekes at rapportforfatterne er ansvarlig for innholdet i denne rapporten.



Om forfatterne

Ragnar Tveterås (prosjektleder) er professor i samfunnsøkonomi ved Handelshøgskolen på UiS og har Iler stilling som forsker på Norce Research. Han har deltatt i og ledet en rekke prosjekter finansiert av Norges Forskningsråd og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF).

Grunde Bruland er leder av Wikborg Rein advokatfirmas sjømatavdeling. Han har i en årrekke vært rådgiver for store og små havbruksselskaper og har holdt en rekke foredrag og innlegg for sjømatbransjen i ulike fora. Martin H. Bryde er del av Wikborg Rein advokatfirmas sjømatavdeling. Han er spesialist på fiskeri- og havbruksrett, og har lang erfaring som avdelingsdirektør i Nærings- og fiskeri-departementet hvor han ledet en rekke lovgivningsprosesser innenfor fiskeri og havbruk.

Sigurd Handeland er professor i biologi ved Institutt for biovitenskap ved Universitetet i Bergen. Han har blant annet forsket på smoltifisering av laks og oppdrett i lukkede oppdrettsanlegg på sjø og land. Handeland har deltatt i og ledet en rekke forskningsprosjekter, bl.a. finansiert av Norges Forskningsråd.

Bård Misund er professor i bedriftsøkonomi ved Handelshøgskolen på UiS. Han er engasjert i prosjekter finansiert av Norges Forskningsråd og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF).

Arve Nilsen er veterinær og forsker ved Veterinærinstituttet. Han har arbeidet med fiskehelse og velferd i lukkede merdsystemer siden 2012 og tok en doktorgrad på dette emnet i 2019. Han har siden 1. januar 2021 hatt 20% stilling som forskningssjef i Akvafuture AS.

Tor Solberg er konsulent og pensjonist, tidligere forskningsdirektør og avdelingsleder Uni Research (nå Norce Research), med bred erfaring fra oppdretts- og oljebransje inkl. bedriftsetableringer innen området.



Executive summary

Hovedanbefalingene

Hovedanbefalingene fra denne rapporten er at:

(1) Fra et nasjonalt verdiskapings- og sysselsettingsperspektiv er det viktigste at myndighetene foretar endringer i forskrifter som gir havbruksnæringen tilgang til konsesjonskapasitet (MTB) særlig dedikert for bruk i lukkede sjøanlegg i kommersiell skala på en bærekraftig og bedriftsøkonomisk lønnsom måte,

og videre at

(2) Myndighetene gir mulighet for videre innovasjon og systematisk dokumentasjon av biologisk, miljømessig og økonomisk ytelse gjennom innovasjonstillatelser som også omfatter lukkede sjøanlegg.

Rapporten med vedlegg gir helt konkrete forslag til hvordan punkt (1) kan innarbeides i fremtidige reguleringer gjennom endringer i forskrifter.

Bærekraftig vekst med nye teknologier og reguleringer

Havbruksnæringen og det norske samfunnet har kommet til et punkt hvor lukkede anlegg i sjø kan gi et vesentlig bidrag til bærekraftig vekst. Samfunnet har behov for en kunnskapsoppdatering om lukkede sjøanlegg, og innspill på hvordan reguleringen av havbruk kan innrettes slik at lukkede sjøanlegg kan tas i bruk på en bærekraftig og samfunnsøkonomisk effektiv måte.

Norsk havbruksnæring har i løpet av tretti år økt sin produksjon av laks og aure fra rundt hundre tusen tonn til 1,3 millioner tonn i dag. Det er et erklært politisk mål at havbruksproduksjonen skal øke til fem millioner tonn i 2050, men bare hvis dette kan gjøres på en bærekraftig måte. Havbruksnæringen har sammen med det norske samfunnet demonstrert en formidabel innovasjonsevne. Samtidig er det en rekke miljømessig og biologiske utfordringer som må løses gjennom bruk av ny teknologi og innovasjoner i samfunnets reguleringer hvis næringen skal kunne vokse bærekraftig. Lakselus, rømming og sykdomssmitte er reelle problemer for næringen som vil kreve betydelige innovasjoner¹. For noen produksjonsområder vurderes påvirkningen av lakselus fra havbruk på villaks å være så høy at det ikke ble gitt tillatelse til videre vekst i siste evaluering.

Lukkede anlegg har lovende biologiske og miljømessige resultater

Delvis lukking av produksjonen i sjø vil være et sentralt virkemiddel for å muliggjøre bærekraftig vekst. En rekke anleggskonsepter har blitt bygget, og flere har produsert postsmolt og matfisk. Denne rapporten viser at lukkede anlegg i sjø har lovende biologiske og miljømessige resultater. Rapporten peker på følgende:

- I lukkede sjøanlegg kan laks oppdrettes uten reproduksjon av lakselus til omgivelsene.
- Lukkede sjøanlegg med slamoppsamling vil ha betydelig

- lavere utslipp av slam enn åpne anlegg.
- Lukkede sjøanlegg kan ha et lavere smittepress enn åpne anlegg, men her behøves fortsatt mer forskning for å avdekke muligheter og begrensninger.
- Lukkede sjøanlegg kan gi høy fiskevelferd som følge av bedre kontroll på vannmiljøet.
- Lukkede sjøanlegg kan gi en postsmolt som er robust og godt trent for videre vekst i åpne anlegg.
- Lukkede sjøanlegg kan gi en tilvekst og overlevelse til laksen som er bedre enn eller på linje med produksjon i åpent anlegg.
- Lukkede sjøanlegg forventes å gi en vesentlig lavere sannsynlighet for rømmingshendelser enn åpne anlegg.
- Lukkede sjøanlegg har et energiforbruk som kan være høyere enn effektive åpne anlegg, men betydelig lavere enn landbaserte anlegg for postsmolt og matfisk med bruk av sjøvann.

Implikasjoner av punktene over er at:

- Stor postsmolt fra lukkede sjøanlegg gir kortere oppholdstid i åpne sjøanlegg, og kan gi mer effektiv bruk og betydelig økt produksjon for dagens oppdrettstillatelser der det i dag benyttes konvensjonelle, åpne oppdrettsanlegg.

- Bruk av lukkede sjøanlegg kan åpne for bruk av nye sjøarealer og bidra til mer effektiv bruk av dagens oppdrettsarealer, spesielt i områder som av miljømessige årsaker er mindre egnet for konvensjonelle, åpne oppdrettsanlegg.

Lukkede anlegg i sjø er på ulike stadier når det gjelder fysisk testing i sjø, produksjon med levende fisk, og dokumentasjon av dette. Det er også usikkerhet om investeringskostnadene ved bygging av lukkede anlegg. Investeringskostnaden per produsert kilo laks i lukkede sjøanlegg vil være høyere enn for konvensjonelle åpne anlegg, men forventes å være betydelig lavere enn for landbaserte RAS oppdrettsanlegg. Det er viktig å lære gjennom både kommersiell produksjon og ytterligere innovasjoner hvilke anleggskonsepter og modifikasjoner av konsepter som kan gi den mest bærekraftige produksjonen og de laveste produksjonskostnadene per kg.

Lukkede anlegg i en ny strategi: Lokalisering og produksjonssyklus

Samfunnets og næringens strategi for anvendelse av lukkede sjøanlegg omfatter både (1) geografisk lokalisering og (2) ulike faser av produksjonssyklusen fra smolt til slakteklar laks. Vår langstrakte kystsone har mange lokaliteter som er mindre egnet for konvensjonelle åpne anlegg, for eksempel grunnet redusert vannutskiftning i merdene, og topografiske forhold (f.eks terskel-fjorder) som gir opphopning av organisk materiale på sjøbunnen. Men disse lokalitetene kan ofte brukes av lukkede anlegg med styrt vanninntak, kontroll med oksygeninnhold og oppsamling av sedimenterbart organisk materiale.

I regioner med høy anleggstetthet, og spesielt i produksjonsområder som har «gult» eller «rødt» trafikklys, kan en ny «smart» lokaliseringsstruktur av åpne og lukkede anlegg som reduserer smittetrykket for sykdommer og lakselus både øke produktiviteten

i laksenæringen og redusere lakselus smitten til vill laks og ørret.

Kombinasjon av postsmoltproduksjon i lukket sjøanlegg og produksjon fram til slakteklar laks i åpent anlegg vil være en attraktiv strategi på deler av kysten. Delvis handler dette om å redusere populasjonen av lakselus, spesielt i den perioden av året når vill laksesmolt vandrer gjennom fjordene og ut i havet. Havbruk til havs forventes å vokse betydelig i framtiden. Matfiskoppdrett ute i havet vil være helt avhengig av postsmolt, og mye av denne må produseres i lukkede sjøanlegg.

Det er også et alternativ å kjøre hele produksjonssyklusen fram til slakteklar fisk i lukkede sjøanlegg. Framtiden vil vise i hvilken grad produksjon av matfisk eller postsmolt er mest effektivt i lukkede sjøanlegg. Dette vil trolig variere langs kysten og anleggs-konseptene.

Det er viktig å erkjenne at vi i dag ikke har kunnskap til å si hva som er den mest bærekraftige og samfunnsøkonomisk optimale strukturen av produksjon i konvensjonelle åpne anlegg, lukkede anlegg i sjø, offshore anlegg, og landbaserte anlegg. Fremover vil vi lære mer om produksjonskostnader per kg, biosikkerhet, miljøavtrykk og klimaavtrykk til disse ulike produksjonsteknologiene. Nettopp fordi samfunnet og næringen trenger å lære er det viktig at samfunnet lager et reguleringsregime som gir fleksibilitet og tillater næringen på ulike deler av kysten å prøve ut ulike løsninger.

Nytt tillatelsesregime som omfatter lukkede anlegg i sjø

Flere hensyn må vurderes ved samfunnets tildeling og prising av kommersielle MTB tillatelser for lukkede sjøanlegg. Rent regulatorisk faller lukket produksjon “mellom to stoler”. Mens landbaserte tillatelser tildeles fortløpende og vederlagsfritt, må lukket produksjon konkurrere om tillatelser med alminnelige kommersielle aktører innenfor trafikklyssystemet. Det er et ekstra poeng at fastpris-tildelingen etter produksjonsområde-forskriften kun angår eksisterende aktører, hvilket diskvalifiserer mange aktører som ønsker å starte med lukket akvakulturproduksjon. Paradoxet illustreres ved at det er en eksplosiv økning av søknader om landbasert produksjon med store volumer, mens aktører innenfor lukket produksjon sliter med å komme i gang med sin teknologi.

Kommersielle tillatelser til lukket produksjon kan gjøres som en separat, adskilt del i trafikklyssystemet, eller ved at lukket produksjon likestilles med landbaserte tillatelser. I rapportens kapittel 4 er dette beskrevet mer, i tillegg enda mer utførlig i et eget juridisk vedlegg.

Prising av tillatelser for lukkede anlegg i sjø

For lukkede sjøanlegg er det fremdeles betydelig usikkerhet om hvor høye investerings- og produksjonskostnadene vil bli. Det er grunn til å anta at de blir høyere enn i konvensjonelle åpne anlegg. De svært høye auksjonsprisene som realiseres av samfunnet for kommersielle MTB tillatelser i dag reflekterer

delvis høy lønnsomhet og delvis at disse legges inn i eksisterende anlegg, uten at det er nødvendig å gjøre ytterligere investeringer i anleggskapital eller ekspandere kapasiteten på andre områder. Dette er priser som for alle praktiske formål ikke gjør det mulig å investere lønnsomt i lukkede sjøanlegg. Dagens prising av MTB og andre elementer i reguleringen bidrar også til at havbruk i stor grad blir en «lukket klubb» for etablerte, kapitalsterke havbruks-selskaper, med svært begrenset mulighet for nye, innovative aktører å etablere seg i næringen.

For landbaserte anlegg er MTB gratis fra samfunnets side. Prising av MTB kan betraktes som en implisitt prising av klima- og miljøavtrykk, selv om det ikke er hensikten fra myndighetenes side. Det planlegges og investeres nå for milliardbeløp i landbaserte anlegg som krever mye energi og som har et klimaavtrykk fordi denne energien kunne vært brukt til å erstatte fossil energi i andre sektorer. Lukkede sjøanlegg har vesentlig lavere energiforbruk og klimaavtrykk enn landbaserte anlegg. I forhold til åpne sjøanlegg har lukkede sjøanlegg lavere smittepress og miljøavtrykk, men høyere klimaavtrykk. Det er ikke urimelig at samfunnets vektning av klima- og miljøavtrykk også reflekteres i prising av MTB.

Et annet hensyn som bør vurderes ved samfunnets prising av MTB er internasjonal konkurranseevne i laksemarkedet, og dermed konsekvensene for investeringer og produksjon i Norge. Prisingen må hensynta at det blir et stadig større spekter av akvakulturteknologier tilgjengelig globalt både i sjø og på land. Industrien er i ferd med å globaliseres ytterligere, med akvakulturinvestorer som vurderer investerings-, produksjons- og transportkostnader for laksen når de velger lokasjon for sine investeringer.

Rammebetingelser for ytterligere innovasjon

Det er i hovedsak selvstendige leverandørbedrifter som står bak de radikale innovasjonene på lukkede anlegg. Ved testing og dokumentasjon av biologisk, miljømessig og økonomisk ytelse er det nødvendig å ha kontrollerte forsøk med produksjon av levende fisk i anlegget. Det må være en biomasse med fisk som tilsvarer det som anlegget skal ha kapasitet til ved kommersiell produksjon. For å fortsette utviklingsarbeidet og få tilstrekkelig dokumentasjon av biologisk og miljømessig ytelse er det nødvendig at leverandørene har tilgang til konsesjonsbiomasse (MTB) som gir mulighet for kontrollerte forsøk. Bruk av kommersiell MTB eid av oppdrettsselskap gir ikke den nødvendige forutsigbarhet og kontroll når leverandørene skal dokumentere sin teknologi for samfunn og kunder.

Innovasjonstillatelser kan være et virkemiddel for å fremme videre teknologiutvikling og systematisk dokumentasjon for lukkede sjøanlegg. Kunnskap fra innovasjonstillatelser skal deles med hele næringen og samfunnet, herunder bidra til økt kunnskap om miljøavtrykk og fiskens helse og velferd. Det skal være klart definerte krav til dokumentasjon fra innovasjonstillatelser, herunder transparens og deling av kunnskap. Det er derfor nødvendig at en innovasjonstillatelse har en prising, varighet og biomasse (MTB) som kan gi

¹ Utslipp av partikulært organisk materiale og næringssalter er kun et lokalt problem i dag, men med en mangedobling av produksjonen kan denne type utslipp bli en utfordring.

innovasjonsprosjektet en rimelig totaløkonomi for private aktører som skal finansiere det. Det handler om en akseptabel nåverdi for investering med relativt høyt avkastningskrav (gjørne 10-20%) pga. høy risiko. Hvis en innovasjonstillatelse skal kunne konverteres så bør det være til en kommersiell tillatelse for lukket produksjon i sjø.

Dette kan da enten gjøres som en egen særtillatelsesordning i laksetildelingsforskriften kapittel 5, eller gjennom egen forskrift for teknologiutviklingstillatelser med lukket teknologi. Førstnevnte ordning vil være tidsbegrensede tillatelser etter modell som dagens forskningstillatelser, mens sistnevnte kan innebære en konverteringsløsning til kommersielle tillatelser, men med utelukkende bruk av lukket teknologi.

Scenarier for produksjon og investeringer

I rapporten presenterer vi en scenarioanalyse mot 2050 for hele laksenæringen og for lukkede sjøanlegg spesielt. Det er tre ulike scenarier som spenner fra en lakseproduksjon på 1,7 til 1,9 millioner tonn i 2030, og fra 3,2 til 5,1 millioner tonn i 2050. Vi antar i våre scenarier at åpne anlegg fremdeles vil stå for det meste av matfiskproduksjonen innaskjærs de neste tretti årene. I de tre scenariene beveger lukkede anlegg i sjø seg fra omtrent ingen matfiskproduksjon i 2020 til en produksjon – avhengig av scenario - på 44-71 tusen tonn i 2030, og videre mot 2050 fra lavvekst-scenariet på 203 tusen tonn til høyvekst-scenariet på 404 tusen tonn.

Vi tror at svært mye av postsmolten vil bli produsert i flytende lukkede anlegg i sjø. Andelen av postsmolt produksjonen i lukkede sjøanlegg øker i scenariene fra rundt 20% tidlig på 2020 tallet til 75% i 2050. I 2030 antar vi en postsmoltproduksjon på 15 til 25 tusen tonn i lukkede sjøanlegg, avhengig av scenario. Dette øker til et intervall på 256 til 514 tusen tonn mot 2050. I 2030 antar vi en samlet produksjon av postsmolt og matfisk på 59 til 96 tusen tonn, avhengig av scenario. I 2040 spenner produksjonen fra 196 til 347 tusen tonn. Dette øker til et intervall på 459 til 918 tusen tonn mot 2050.

For postsmolt- og matfiskproduksjon i lukkede sjøanlegg leder scenariene våre til anleggsinvesteringer i tiårsperioden 2021-2030 fra ca. 6 milliarder kroner i lav vekst scenariet, til ca. 10 milliarder kroner i høyvekst-scenariet. I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til 36 milliarder kroner i lavvekst-scenariet og til 73 milliarder kroner i høyvekst-scenariet.

1. Innledning

Denne rapporten gir følgende bidrag:

1) Rapporten dokumenterer biologisk og miljømessig ytelse til lukkede anlegg i sjø så langt, og gir vurderinger av ytterligere

behov for utprøving og dokumentasjon (kap. 2 og vedlegg).

(2) Rapporten drøfter et helhetlig rammeverk for bærekraftig og samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk som omfatter lukkede anlegg i sjø (kap. 3).

(3) Rapporten presenterer juridiske vurderinger av hvordan reguleringen kan endres for å inkludere lukkede anlegg i sjø, med konkrete forslag til formuleringer av forskrifter (kap. 4 og vedlegg).

(4)Rapporten presenterer scenarier for produksjon i lukkede sjøanlegg fram mot 2050, og bidrag i form av verdiskaping, investeringer og sysselsetting (kap. 5 og vedlegg).

Rapporten er kortfattet, men en rekke biologiske, teknologiske, juridiske og økonomiske forhold er drøftet grundigere i tre vedlegg.

2. Kunnskapsstatus for lukkede anlegg i sjø

Dette kapitlet gjør rede for kunnskapsstatus om lukkede oppdrettsanlegg i sjø, også betegnet som FLO anlegg (flytende lukkede oppdrettsanlegg) i det følgende. Et eget vedlegg inneholder ytterligere informasjon.

2.1. Hva er lukkede oppdrettsanlegg?

Det hersker noe forvirring om hva et lukket oppdrettsanlegg er. Hvis en legger til grunn at det skal være null utslipp av smitte-stoffer, partikulært og oppløste avfallsstoffer og klimagasser, vil ingen teknologi tilfredsstillende dette kravet i dag. Resirkuleringsanlegg på land (såkalte RAS-anlegg) gir et gjenbruk av 95-99% av vannet og kan samle opp nesten alt slammet (98%), slik at utslippene av avfallsstoffer blir betydelig redusert i forhold til åpne anlegg i sjø. Graden av gjenbruk av vann og oppsamling av avfallsstoffer varierer også blant landbaserte teknologier. Gjennomstrømningsanlegg fanger kun opp det partikulære organiske materialet, mens RAS-anlegg kan også redusere konsentrasjonene av de oppløste avfallsstoffene med bruk av biofilter. På den andre siden er et RAS-anlegg mer energikrevende og vil føre til høyere klimagassutslipp enn åpne anlegg (Philis m.fl., 2019). Lukkede anlegg i sjø uten resirkuleringsanlegg kan samle opp partikulært organisk materiale, men ikke de oppløste avfallsstoffene. Av den grunn blir slike anlegg kalt semi-lukkede anlegg, men begrepene lukket og semi-lukkede merder har forskjellig betydning i ulike fagmiljøer (Kristiansen m.fl., 2018). Betegnelsen semi-lukkede anlegg har av noen vært brukt om teknologi som bruker presenning/luseskjørt som et fysisk skille mellom det indre og det ytre miljøet, men uten at det er oppsamling av partikulært organisk materiale. Det er argumentert for at ut fra et hydrodynamisk perspektiv er

vannvolumene i et lukket anlegg fysisk adskilt fra omgivelsene mens et semi-lukket anlegg kan ha deler av anlegget åpent (Kristiansen m.fl., 2018). Begrepet «semi-closed containment systems» (SCSS) er imidlertid etablert som en beskrivelse av lukkede merdsystemer med full adskillelse fra miljøet, det vil si både vegger og bunn - men uten full rensing av innløps- og avløpsvann (Calabrese, 2017, Rosten m.fl., 2011).

I dagligtale omtales denne type semi-lukkede anlegg som lukkede anlegg. Men det fordrer at det stilles krav ikke kun knyttet til grad bruk av et fysisk skille mellom det indre og ytre

miljøet, men også kriterier til filtrering av både inntaksvann og utslippsvann. Kategoriseringen må også skille mellom anlegg som samler opp slam (partikulært organisk materiale) fra de som ikke gjør det, og mellom anlegg som resirkulerer sjøvannet og de som ikke gjør det. Det må stilles krav til at de negative effektene på det omkringliggende miljøet reduseres betydelig i forhold til åpen teknologi. Rosten m.fl. (2013) anbefaler en klassifisering av lukkede oppdrettsanlegg i sjø i fire kategorier,

Tabell 1. Sammenligning av anlegg med ulike lukningsgrad

Grad av lukking	Ingen	Ingen	Delvis	Høy	Veldig høy
Teknologi	Åpne innaskjærs	Åpne eksponerte	Luseskjørt	Lukkede anlegg i sjø og gjennomstrømningsanlegg på land	Resirkuleringsanlegg
					
Lus	Eksponert for luseinfestasjon er	Eksponert for luseinfestasjon er	Kan fysisk hindre lus å komme inn i anlegg ned til et visst vandyp. Muligheter for strømsetting	Fysisk barriere, dypvann og strømsetting hindrer luseinfestasjon	Fysisk barriere, dypvann og strømsetting hindrer luseinfestasjon
Partikulært organisk materiale	Ingen oppsamling	Ingen oppsamling	Ingen oppsamling	Kan samles opp	Kan samles opp (~98% av slam samles opp)
Oppløst organiske og uorganiske utslipp ²	Ingen behandling	Ingen behandling	Ingen behandling	Ingen behandling. Behandling krever RAS-anlegg	Opptil 95-99% av vannet gjenbrukes. Biofilter reduserer innholdet av de oppløste avfallsstoffene

² For bedre utnyttelse av oppløste næringsstoffer er det foreslått dyrking av blåskjell og tare (multitrofisk oppdrett) på lokalitetene, en teknologi som ser ut til å være svært godt egnet til å kombinere med lukkede anlegg i sjø (Stedt, 2018; Sundell, pers.kom.).

gradert etter teknologiens evne til å «lukke» anleggene mht. ulike former for miljøpåvirkning.

Funksjonelle kriterier (effektkrav) for lukket oppdrettsanlegg i sjø kan være:

- Null spredning av lakselus. Reproduksjon av lakselus unngås.
- Null rømming. Tett barriere mellom oppdrettsvolum og omkringliggende miljø med tilstrekkelig rømmingssikring.
- Oppsamling av sedimenterbart organisk materiale

2.2. Kunnskapsstatus for lukkede anlegg i sjø

Lus

Lakselus har vært et langvarig og omfattende problem i havbruksnæringen, og har vesentlige negative effekter på økonomi og fiskevelferd. Lakselus fra oppdrett har også negative effekter på overlevelse og trivsel hos vill laksefisk. Lakselus finnes frittlevende i overflatevann (0 – 15 m) og har vist seg å være en utfordring som er svært vanskelig å bli kvitt i oppdrett med åpne merder. Dette skyldes bl.a. lusas tilpasningsdyktighet, en kort livssyklus med høy reproduktiv kapasitet, at den kan overleve ganske lenge fritt i sjøen, at den kan spres over lengre avstander og at lus er parasitter som raskt utvikler resistens mot legemidler. Legemiddelresistent lus er påvist i alle lakseproduserende land i verden, i dag er det i Norge utbredt resistens mot alle viktige legemiddelgrupper og behandlingene blir i stor grad utført med andre, ikke-medisinske metoder. Metoder som ferskvannsbad, spyling og bading med temperert vann er under stadig forbedring, men for å holde lusetallene under tiltaks grensen har det vært en kraftig økning i antall slike behandlinger de siste årene. Metoder som spyling og bading med varmt vann har vist seg å føre til stress, skader og økt dødelighet hos laksen, temperert vann er også omstridt av fordi det varme vannet kan være smertefullt for fisken. Slike behandlinger fører også til høy dødelighet for rensefisk.

Preventive lusestrategier er å foretrekke fremfor avlusningsstrategier (behandling), men effektiviteten til ulike preventive metoder varierer stort. En nylig studie av Barrett m.fl. (2020) dokumenterer at ulike typer barriere-teknologi som stenger laksen ute fra det lusesmittede overflatevannet gir best dokumentert effekt. Ifølge forskerne gir snorkelmerder eller luseskjørt opptil 76% reduksjon, mens lukkede merder gir opptil 100% reduksjon i smittepress fra lakselus.

Erfaringene med lukkede anlegg i sjø viser at de kan være en svært effektiv teknologi for å redusere smittepresset av lakselus. Et lukket anlegg med vanninntak under lokalitetens lusebelte reduserer muligheten for å få lus inn i anlegget, men teknologien har også ytterligere fordeler som kan bidra til å redusere smittepresset fra lus. Sjøvannet kan hentes inn fra vandndyp med langt lavere konsentrasjon av lakseluslarver enn overflatevannet har. Resultat fra lukket pose viser at bruk av dypvann fra 20 – 25 meter gir fullgod beskyttelse mot inntak av lakselus (Nilsen m.fl., 2017a, Nilsen m.fl., 2020). I forsøk med introduksjon av moderat punktsmitte, dvs. ved å flytte fisk med lus fra åpne merder til poser, forsvant smitten gradvis uten noen

tegn til ny reproduksjon av lus inne i merdene (Nilsen et al., 2017a). Videre tyder forsøk fra lukkede raceway-systemer på at fiskene også etter overføring til åpent anlegg, fortsatte å fremvise ett lusenivå som var klart lavere enn på referansefisken, noe som også førte til færre lusebehandlinger.

Sykdom

Dagens FLO-anlegg er i hovedsak basert på inntak av urensset sjøvann. En årsak er det store behovet for friskt vann i denne type anlegg. Eksempelvis vil et anlegg med 100 tonn stående biomasse og en vannutskifting på 0.5 L/kg fisk/min måtte pumpe inntil 50 m3 sjøvann pr minutt. Effektiv rensing av slike vannmengder er utfordrende og gjør at nye smittestoff fra sjøen kan introduseres i anlegget.

Det mikrobielle miljøet i merder og på lokaliteter blir påvirket av både det marine miljøet og fisken i merdene. Ved screening av fisk fra lukket anlegg i sjø er det påvist sykdomsfremkallende virus, bakterier og gjelleparasitter. Et forsøk med raceway-teknologi i sjø har dokumentert et betydelig mindre repertoar av patogener i fisk i raceway enn i åpne referansemerder. Denne studien fant også at overføring til sjøanlegg resulterte i ett påslag av patogener hos FLO fisken tilsvarende referansefisken i åpne merder.

Observasjoner hittil tyder på at vanlig forekommende fiske-sykdommer også kan oppstå i lukkede anlegg. I FLO-anlegg er det observert utvikling av multifaktorielle sykdommer som finneråte og sår (Nilsen et al., 2017; Nilsen et al., 2020; Nilsen, 2019) og kompleks gjellebetennelse (Treines, 2020). Andre vanlige sykdommer som hjerte og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og infeksjons pankreas nekrose (IPN) er også påvist. Det er ennå kunnskapsmangler om fiske-sykdommer i lukkede anlegg. Smitteveiene inn i FLO-anleggene er foreløpig ikke godt nok kartlagt, og heller ikke potensialet for sykdomsutbrudd sammenlignet med konvensjonelt oppdrett.

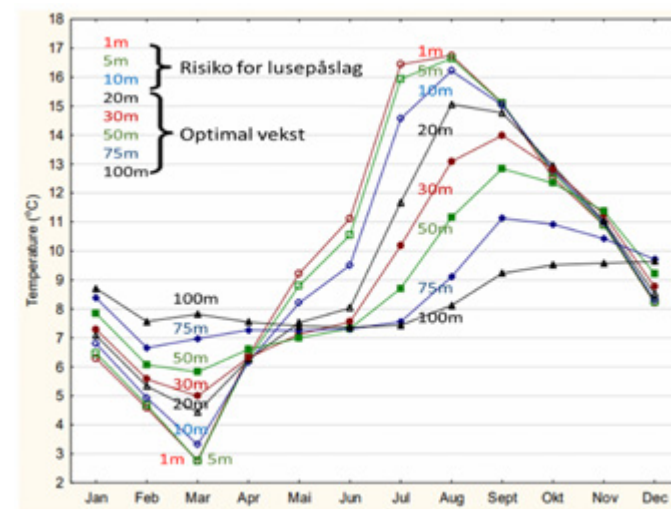
Inntak av dypvann reduserer risikoen for inntak av skadelige alger fordi disse er avhengige av sollyset i de øvre vannlag. Maneter er derimot en potensiell risikofaktor i FLO. Maneter er uavhengige av lys, og de beveger seg i de vannlagene de finner mat, også ned til større dyp. Neslecellene i manetenes fangtråder kan gi gjelleskader på fisken, og har ved større ansamlinger skapt problemer i FLO-anlegg.

Fiskevelferd og vannkvalitet

Tilfredsstillende oppdrettsøkonomi er avhengig av god fiskevelferd gjennom hele produksjonen, i alle enheter og alle fiskegrupper. Ved drift av åpne merder er man avhengig av det vannmiljøet som oppstår ved naturlig utskifting av vannet med havstrømmen (Oppedal et al., 2011; Stien et al., 2018). FLO-teknologi gir mulighet for betydelig bedre kontroll med viktige miljøfaktorer som oksygen (møtning avtar med dypet), temperatur, salinitet og vannhastighet. I tillegg vil bruk av marint dypvann gi bedre kontroll med oppdrettsbetingelsene bl.a. ved at:

- Man unngår de største variasjonene i vannkvalitet og temperatur, eksemplifisert ved årstidsvariasjoner i sjøvannstemperatur på Vestlandet fra 1 til 100 meters dyp (Figur 1).

- Man får et mer konstant miljø som er bedre tilpasset laksens biologiske behov.
- Man reduserer/eliminerer smitte av lakselus, og unngår dermed gjentatte behandlinger med sulting og stress, noe som i dag anses som en av de viktigste risikofaktorene for dårlig velferd i sjøanleggene (Overton, 2018).



Figur 1. Sjøvannstemperatur gjennom året fra 1 til 100 meter fra målestasjon på Vestlandet

God tilgang på tilstrekkelig mengde nytt vann er viktig for å sikre god tilvekst, velferd og helse hos fisken. Første begrensende faktor ved redusert vanntilførsel er redusert nivå av oksygen etterfulgt av økende nivå av CO2 og TAN (total ammonium nitrogen). Ved økt produksjonsintensitet vil pH synke på grunn av akkumulering av CO2, og derfor vil risikoen for forgiftning med NH3 være lav.

Vannstrøm, svømmeaktivitet og tilvekst

Fisk i FLO-anlegg får mer kontinuerlig svømmetrening enn fisk i konvensjonelle anlegg. Muskelprøver fra raceway- og referansegruppe (trent og utrent gruppe) viste at den trente fisken rekrutterte flere nye muskelceller enn referansefisken. Dette tolkes både som et sunnhetstegn og som et grunnlag for bedre vekst senere. Denne økende muskelfiberrekrutteringen er vist å øke sluttvekten til FLO-fisk med opptil 800 g, sammenliknet med utrent fisk i åpen not (Øvrebø, 2020). I kontrollerte småskala laboratorieforsøk og storskala feltforsøk med ulik vannhastighet er det også vist raskere vekst med økt vannhastighet (Nilsen et al., 2019), funn av markører som tyder på styrket hjertemusklatur hos trent fisk (Balseiro, 2018), noe som indikerer bedre fiskevelferd (Nilsen m.fl., 2019).

Sentrale miljøparametere som styrer tilvekst hos laksefisk er temperatur, oksygeninnhold og lyssetting. Sammenlignet med konvensjonelle åpne anlegg, vil dypvannet i FLO-anlegg generelt gi høyere temperatur og raskere vekst om vinteren, og lavere

temperatur med tilsvarende langsommere vekst om sommeren, med skjæringspunkter i midten av mai og midten av september. Gevinsten om vinteren vil generelt være større enn tilveksttapet om sommeren. Eksempelvis kan optimalisering av inntaksvannet på vinterstid redusere produksjonstiden med 4-6 uker.

Feltforsøk i stor skala med FLO-teknologi viser gjennomsnittlig lavere førfaktor sammenliknet med fisk i åpen not. Årsakene til dette er ennå ikke helt kartlagte, men en mulig forklaring er enklere kontroll og oversikt over utføring og eliminert mulighet for lekkasje av førparkler gjennom notvegg.

Forskningen hittil viser at det ved bruk av FLO-teknologi, er mulig å oppnå god tilvekst og lav førfaktor sammenliknet med åpne merder. Foreløpige forsøk indikerer mulighet for mer presis førtildeling og lavere førfaktor på sikt. Det er videre dokumentert at produksjonen, både av post-smolt og slaktefisk, kan gjennomføres med god vannkvalitet (spesifikt vannforbruk, oksygen, CO2, ammonium og partikler) innenfor verdier som sikrer god fiskevelferd (Nilsen m.fl., 2017a; Nilsen m.fl.; 2017b, Nilsen m.fl., 2019; Nilsen m.fl., 2020).

Dødelighet

I konvensjonelt oppdrett i åpne merder ligger dødeligheten på i gjennomsnitt på rundt 15% (Sommerset m.fl., 2021). Det er store variasjoner mellom lokaliteter og regioner. Eksempelvis var gjennomsnittlig dødelighet i 2020 ca. 7% i PO13 (Finnmark) mens den var ca. 27% i PO4 (Vestland). Veterinærinstituttet anser dødeligheten for å være altfor høy, og av 300 millioner utsatt smolt dør ca. 50 millioner fisk i sjøfasen. I tillegg settes det årlig ut 50-60 millioner rensefisk, som har en svært høy dødelighet. Veterinærer anser de viktigste fiskehelseproblemene i oppdrett (dvs. høy dødelighet, svekket fiskevelferd/helse, redusert tilvekst og økende forekomst) å være knyttet til lakselusinfeksjoner og påfølgende avlusning, gjellesykdom, hjertesprekk, i tillegg til en rekke virussykdommer.

Fiskeridirektoratet fører ikke egen statistikk for dødelighet i lukkede merder, men tidligere forsøk har gjort det mulig å samle inn noe data. Tallene for dødelighet av fisk ved forsøk med FLO-anlegg varierer, og vi mangler fortsatt data for å kunne sammenligne dødeligheten (både antall og årsaksfordeling) i FLO-anlegg med dødeligheten i tradisjonelle, åpne anlegg. Vi har mange tidsserier fra forsøk med postsmolt, men færre data fra forsøk med slaktefisk. Det varierer også i hvor stor grad vi har gode parallelle referansegrupper. Median dødelighet var 2,9 % ved produksjon av post-smolt i poser i perioden 2012 til 2017 (2,8 millioner post-smolt i 39 merder, produksjonstid 159 dager) (Nilsen m.fl., 2017a, Nilsen m.fl., 2020, Nilsen, presentasjon Tekset, 2021). Det var en tendens til lavere dødelighet hos høstsmolt enn hos vårutsett fisk der det oftere var forekomster av mangelfull smoltkvalitet og sår. Episoder med høyere dødelighet har særlig vært knyttet til sår og gjelleproblemer (Treines, 2020). Før nye utsett i 2020 (to lokaliteter, 16 merder, 1,27 millioner fisk) ble det gjort en grundig smittesaning, og median dødelighet (min – max) ved utgangen av 2020 (140 dager produksjonstid) var nede på 1,3 % (0,5 – 5 %). I raceway-forsøkene var den samlede dødeligheten noe lavere hos referansefisken (1,8%) sammenliknet med raceway (3,2%). For begge grupper var dødeligheten høyere for høstutsett enn for vårutsett. Etter

overføring til åpen not og frem til slakt var den samlede dødeligheten ved slakting vesentlig lavere for raceway-fisk (10,7%) sammenlignet med referansefisk (16,8 %).

Datagrunnlaget som finnes tyder på at med god kontroll på smoltkvalitet og god biosikkerhet ved oppstart av ny produksjon, vil dødelighet jevnt over være lavere enn i konvensjonelt åpent oppdrett, også ved produksjon fram til slaktestørrelse (maksimal tetthet på 50 kg/m³), men at dødeligheten kan øke betraktelig ved episoder knyttet til sykdommer, som f.eks. sår- og gjelle problemer. Siden smittepresset fra lus er svært lavt, unngås imidlertid stress og dødelighet knyttet til luseinfestasjoner og etterfølgende avlusningsbehandling.

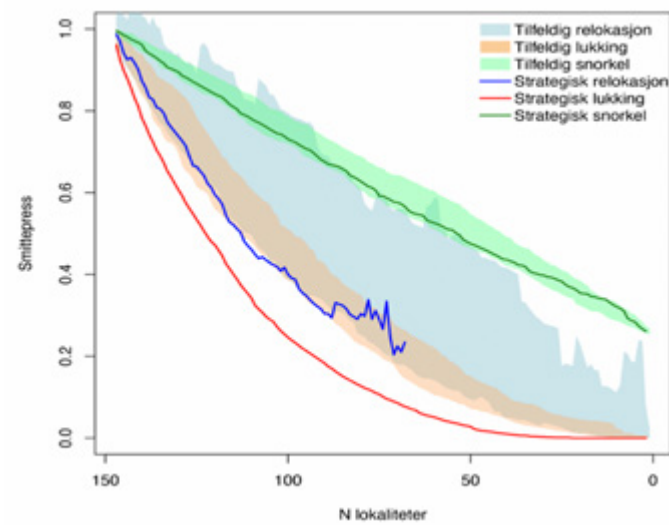
Potensialet for smittereduksjon ved bruk av FLO-teknologi

Selv om det er lagt store ressurser ned i ordningen med sonevis brakklegging og koordinerte utsett har det vært vanskelig å dokumentere at slik koordinert drift innen avgrensede geografiske områder fører til en faktisk smittereduksjon. For lus er det vist at innsig av ny smitte fra områder utenfor koordineringssonen fører til rask smitteoppbygging ved utsett av ny etter brakklegging (Guarracino m.fl., 2018).

Huserbråten m.fl. (2020) undersøkte ved hjelp av simuleringer-modeller effekten på lusesmitte i PO3 dersom utvalgte lokaliteter ble (1) flyttet til større klynger med videre branngifter mellom klyngene, (2) utvalgte lokaliteter ble delvis lukket ved bruk av snorkel-teknologi eller (3) utvalgte lokaliteter ble utrustet med FLO-teknologi, jfr. Figur 2. Det ble også regnet på forskjellen ved å endre på plassering eller teknologi på tilfeldig valgte anlegg (skraverte felt) eller på strategisk valgte anlegg med stor smitteeksponering (heltrukne linjer). Kort fortalt vil alle slike tiltak føre til en markert reduksjon i modellert lusesmitte, en effekt som vil gagne alle anleggene i sonen. Strategisk endring gir bedre effekt enn tilfeldig endring, flytting gir bedre effekt enn snorkelteknologi, men klart best effekt på lusesituasjonen vil man få ved introduksjon av FLO-teknologi (Figur 2, rød linje).

Gjenvinning av partikulært materiale

Av den totale mengden fiskefôr som blir anvendt i havbruks-næringen, vil ca. 30% av næringsstoffene i fôret finnes igjen i fisken, mens resten skilles ut av anleggene som løste nærings-salter, fôrspill eller fekalier (Torrisen m.fl., 2016). Utslippene som andel av fôrforbruket fordeler seg anslagsvis som følger; fekalier (26%), fôrspill (7%) og resten oppløste næringsstoffer. Gjenvinning av oppløste næringsstoffer krever RAS-teknologi. De andre utslippene som fekalier og fôrspill er partikulært organisk materiale og kan samles og opp gjenvinnes med FLO-teknologi. I 2020 var fôrforbruket i matfiskoppdrett av laks og aure på 2,0 millioner tonn³, som anslagsvis betyr et utslipp av partikulært organisk materiale på 0,66 millioner tonn per år.



Figur 2. Endring av totalt smittepress mellom lokaliteter (Kilde: Huser-bråten m.fl., 2020)

I dag er sedimentering av partikulært materiale kun et lokalt problem ved enkeltlokaliteter, men kan bli et økende problem ved produktjonsvekst. Det virker derfor sannsynlig at det som en forutsetning for en betydelig økning i volum av norsk fiskeoppdrett samtidig bør introduseres bedre systemer for oppsamling og gjenbruk av ressurser som i dag havner i sjøen.

Energibruk og klimaavtrykk

En oversiktsartikkel av Philis m.fl. (2019) fant, basert på 24 publiserte studier av oppdrettet laksefisk, at åpne sjøanlegg har lavere energiforbruk enn lukkede sjøanlegg, og at lukkede landbaserte anlegg har det klart høyeste energiforbruket. Videre fant Philis m.fl. at lukkede sjøanlegg har noe lavere

klimaavtrykk enn åpne sjøanlegg, og at lukkede landbaserte anlegg har klart høyere klimaavtrykk. Noe av årsaken til dette er at RAS-anlegg har høyt forbruk av energi til pumping og rensing av vann, mens pumping av selv store volum sjøvann koster lite energi for flytende anlegg i sjø. Det er mulig at det er betydelige forskjeller i energiforbruk og klimaavtrykk mellom ulike typer lukkede sjøanlegg, og derfor er det nødvendig med ytterligere analyser av dette.

Produksjonsstrategier med FLO-teknologi

I intensivt fiskeoppdrett er hele livssyklusen til fisken under menneskelig kontroll, fra egg til matfisk. Historisk har produksjonsprosessen for oppdrett av laksefisk foregått delvis i lukket form på land (settefisk) og delvis i åpne merder i sjø (matfisk). Settefiskfasen er den første fasen og starter med rogninnlegging og klekking og ender med smolt som er laks som er klar for utsett i sjø. Denne første fasen skjer i lukkede anlegg på land. Den neste

fasen, matfiskproduksjon, skjer i dag hovedsakelig i sjøen, hvor settefisk (50-200 gram) føres opp til slaktestørrelser på ~3-9 kilo.

Denne klassiske produksjonsinndelingen er i endring, og lukkede anlegg i sjø kan være aktuelle i flere deler av produksjonsprosessen, både i settefisk- og i matfiskfasen. Settefiskfasen gjøres lengre for å produsere en fisk - kalt postsmolt eller stor-smolt - som er større (200 gram til 1 kilo), mer motstandsdyktig mot sykdom og lus, og for å korte ned tiden i åpne merdanlegg og dermed redusere eksponeringstiden mot bl.a. lakselus. Offshore havbruk vil være avhengig av utsett av stor-smolt eller postsmolt. Postsmolt kan produseres både i lukkede anlegg på land og i FLO-anlegg.

En annen viktig driver for endringene i hvordan havbruk foregår er utvikling og kommersialisering av ny teknologi for matfiskoppdrett, som havbruk til havs (offshore havbruk, eksponert havbruk), FLO-teknologi og lukkede anlegg på land (landbasert oppdrett). Denne utviklingen er drevet av i) økte krav fra samfunnet om bærekraftig matproduksjon og bruk av naturens ressurser som begrenser veksten i konvensjonelt havbruk, ii) økte produksjonskostnader i konvensjonelt oppdrett i åpne anlegg drevet hovedsakelig av økte utfordringer med sykdom og lus, og iii) høy lønnsomhet som er markedseffekter som følge av stagnert vekst i globalt lakseoppdrett samtidig med økt etter-spørsel etter sunn sjømat.

FLO-teknologi er derfor aktuelt i flere ledd i en produksjonsstrategi. For det første kan FLO inngå i en postsmoltstrategi med påfølgende overføring til åpne merder. Forsøk viser at produksjon i et FLO-anlegg med strømsetting i den første matfiskfasen resulterer i høyere estimert sluttvekt for FLO-fisken sammenlignet med referansefisk som hadde oppholdt seg i åpne merder i hele matfiskfasen (Øvrebø, 2020, 2021). Funnene fra den storskala referansestudien viste et signifikant lavere lusepåslag på fisk i FLO i fase 1 (Postsmolt). Perioden i åpen sjø er en sårbar fase for postsmolten hvor opp mot 20% av smolten som er transportert til åpne merder går tapt før de når markedsstørrelse. Det kan således forventes at et stabilt miljø, med konstant strøm og minimal lusebelastning kan ha positiv effekt på fisken fra et FLO-system - både velferdsmessig (stresshåndtering), i form av økt muskelcelle-rekruttering (hyperplasi) og bedre motstandsevne mot påslag av lus.

Rømming

Det er ingen garanti for at lukkede anlegg i sjø vil være 100% rømmingssikre, og havari og rømming har forekommet fra slike anlegg før. Den største rømmingen de siste årene var fra et lukket settefiskanlegg på land i 2019⁴, og 7% av rømt fisk i perioden 2010-2018 kom fra landbaserte anlegg (Føre og Thorvaldsen, 2021). Det bør bemerkes at det er lite erfaring med kommersiell drift med lukkede anlegg i sjø, og det vil kan være økt risiko for rømming med tidlig teknologi, noe som kan

forklare tidligere hendelser med havari og rømming. Det kan gjøres grep for å redusere rømmingsrisiko, slik som dobbelt sikring og plassering av anlegg. Videre er det dokumentert at 22% av rømningshendelsene 2010-2018 kan knyttes til avlusing (Føre og Thorvaldsen, 2021). Dette vil derfor ikke være en kilde til rømningsrisiko for lukkede anlegg.

Arealbruk

Arealbegrensninger blir ofte løftet frem som en begrensning for videre vekst i havbruk, men er en påstand som bør nyanseres. Selv om oppdrettsanleggene beslaglegger under en promille av kystarealet medfører reguleringer i form av avstandskrav til annen akvakulturvirksomhet at den effektive beslagleggelsen av arealer er langt større enn oppdrettsanleggenes fysiske areal i overflaten (Hersoug m.fl., 2021). Det er viktig å påpeke at det ikke er naturforholdene i seg selv som i dag begrenser tilgangen til arealer i oppdrett, men heller reguleringene som gjør at det effektive arealbruket overgår det fysiske mange ganger. Ifølge Andreassen m.fl. (2010) gjør disse avstandskravene at den effektive arealbruken er 20% av kystsonen. I tillegg kommer arealer som ikke er egnet for oppdrett eller arealer som brukes av andre aktiviteter, som f.eks. fiskeri, maritim, petroleum, osv. (Menon og Sintef, 2020).

Det er muligheter for å optimalisere produksjonen og dermed gi produktjonsvekst. Det er stor variasjon i hvor mye hvert anlegg produserer per tonn MTB. Noen produserer rundt 1 kilo per kilo MTB, mens andre har faktorer på over 2. Andel lokaliteter i bruk og tettheten av lokaliteter varierer også, og hvor Nord-Norge har større muligheter for økt utnyttelse (Hersoug m.fl., 2021). Ifølge forfatterne kan den nasjonale produksjonen øke med 3,3 ganger hvis produksjonen i hele landet var like arealintensiv som i Hordaland. Imidlertid er dette produktjonsområder preget av langt større utfordringer med lus og andre biologiske utfordringer enn øvrige produktjonsområder, noe som gjen-speiles i høyere dødelighet enn landsgjennomsnittet (PO3 har 20% dødelighet, PO4 har 27%, mot 15% dødelighet for hele landet), samt høyere produktjonskostnader (Hordaland: +7,1 kr/kg sløydevekt)⁵.

Videre blir ikke MTB-kapasiteten fullt ut utnyttet gjennom hele året. Med bruk av postsmolt og flere utsett kan MTB-kapasiteten utnyttes bedre, og gi økt produksjon. Videre vil ny teknologi gi muligheter for utnyttelse av områder som i dag er mindre egnet for konvensjonelt oppdrett med åpne merder. Offshore havbruk gir utnyttelse av eksponerte områder. Det samme gjør nedsenkbare merder. Det er også en økt satsning på landbasert oppdrett. Arealbegrensningene i norsk havbruk er derfor delvis av regulatorisk art, og ikke fysiske begrensninger fra naturens side dersom havbruk anvender en effektiv strategi når det gjelder valg av lokaliteter og åpne og lukkede anlegg.

Imidlertid vil økt produksjon medføre økt smittepress og økt

³ Fra Fiskeridirektoratets biomassestatistikk.

⁴ <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2019/0819/Rømmingstall-fra-settefiskanlegg-i-Troms>

⁵ Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse for matfisk. Produktjonskost per kilo rundvekt omgjort til kr/kg sløydevekt.

påvirkning på miljøet, spesielt i områder med høy aktivitet i dag. Ny teknologi som gir mindre påvirkninger, vil ikke være gjenstand for de samme arealbegrensende reguleringene som konvensjonelt oppdrett. En analyse av FLO-teknologi i Hordaland gjort av DNV-GL på oppdrag av Hauge Aqua Solutions AS, indikerer at FLO-teknologi kan øke den årlige produksjonen i Hordaland fylke med 50-75%. Effekten skjer ved at denne type teknologi kan utnytte arealer som i dag står ubenyttet som følge av avstandskrav knyttet til risiko for spredning av lus og rømming. Dette er områder i indre fjordstrøk i Hordaland. I tillegg kommer en potensiell vekst i ledig areal på opptil 1825 km².

En teknologi som samler opp partikulært organisk materiale, vil ha mindre behov for brakklegging av hensyn til bunnforholdene.

Hvor stort arealbehov vil lukkede anlegg ha? Det vil fortsatt stilles avstandskrav for lukkede anlegg mht. fortøyninger, ferdseil og fiskeforbundssoner. I følge Rosten m.fl. (2011) vil arealbehovet for lukkede anlegg i sjø⁶ vil være avhengig av størrelsen på merdene og fisketettheten i merdene. Noen typer teknologier kombinert med lave fisketettheter kan øke arealbehovet for lukkede anlegg sammenlignet med åpne merder. Beregningene til Rosten m.fl. (2011; 2013) viser at den mest utslagsgivende faktoren for arealbehovet er behovet for antall enheter (som styres av størrelsen på merdene og fisketettheten). Potensielle arealkonflikter, og dermed effektivt arealbruk, kan reduseres med FLO-teknologi, f.eks. kan redusert utslipp av lakselus dempe konflikter med aktiviteter knyttet til vill fisk (Iversen m.fl., 2013).

Dagens restriksjoner på flytting av fisk i sjø gjelder også flytting fra FLO-anlegg til konvensjonelle åpne merder. Dagens sone-inndelinger kan legge begrensninger på slik flytting og med det legge begrensninger på hvordan FLO-teknologi kan implementeres i oppdrettselskapenes produksjonsstrategier. For eksempel vil en mulighet for FLO-produksjon av postsmolt i indre fjordsystemer på lokaliteter som ikke egner seg for åpen produksjon, og med overføring av ferdig postsmolt til åpne anlegg i ytre fjordsystem, både gi den ønskete lusebeskyttelsen og en mer effektivutnyttelse av oppdrettsarealet i området. Det bør utredes hvordan slik produksjon av postsmolt i FLO-anlegg og dermed redusert produksjonstid i åpne anlegg kan gjennomføres ved justering av regelverk for og inndeling av eksisterende brakkleggingssoner, uten at det samtidig fører til økt risiko for spredning av smittsomme sykdommer.

Lokalisering av lukkede anlegg

Det er viktig at lukkede anlegg lokaliseres slik at de sikres tilgang på god vannkvalitet, og helst dype lokaliteter hvor gjerne vann fra 20-40 m dybde skal kunne tas inn. Rør for inntaks- og utslippsvann må plasseres slik at utslippet ikke går tilbake inn i det lukkede anlegget.

I dag er det innaskjærs lokalisering i godt skjærmede områder som er mest aktuelt for lukkede anlegg i sjø (Iversen m.fl., 2013). Dermed kan lukkede anlegg bli lokalisert nærmere folk og gi økte konflikter med brukere av samme områder, f.eks. friluftsliv og hytteiere. På den andre siden kan det tenkes at det blir redusert konfliktnivå med andre brukergrupper som kystfiskere (Teknologirådet, 2012) og laksefiskere i elv⁷.

Videre kan det potensielt oppstå interessekonflikter mellom nye aktører som ønsker å etablere seg med lukket oppdrettsproduksjon og eksisterende aktører som ønsker å bruke lukket teknologi på eksisterende lokaliteter. Hvis oppdrett med lukkede anlegg kun skal skje med eksisterende lokalitetsstruktur og avstandskrav, kan det bli vanskelig å finne lokaliteter for nye selskaper som ønsker å etablere oppdrett med lukkede anlegg eller som ønsker en lokalitet for teknologiutvikling.

Avstandskrav for lukkede anlegg bør inngå som et element i en mer generell utredning av mulige endringer i regelkrav for å legge best mulig til rette for utvikling av oppdrett av laks og ørret med FLO-teknologi. FLO-teknologi gir redusert smittepress av lus og utslipp av sedimentært organisk materiale. Men det er fortsatt kunnskapshull når det gjelder effekter på sykdomssmitte (f.eks. bakterier og virus), viktige faktorer som vil være med å bestemme avstandskrav til andre anlegg, slakterier osv.

Lukket teknologi og sjøegenskaper

Sjøegenskapene til lukkede merder er forskjellig fra egen-skapene til åpne merder og bølger og strøm påvirker de lukkede anleggene på en annen måte. Det er begrenset med erfaring fra lukkede anlegg, slik at det er behov for fortsatt behov for utvikling og uttesting av FLO-teknologi.

Det finnes mange ulike konsepter for lukkede merder, med betydelig variasjon i materialvalg, størrelse, geometrisk utforming osv. Dette vil påvirke sjøegenskapene til anleggene, noe som kan påvirke fiskevelferd, miljøavtrykk og risiko for havari og rømming.

Når merden lukkes, vil det indre vannvolumet kunne bevege seg forskjellig fra vannvolumene utenfor merden. Bølge-eksponering på en lokalitet kan skape store bølger inne i merden (såkalt «sloshing»). I åpne merder er ikke dette en utfordring siden vannvolumene kan fritt flyte gjennom merden. Ved hjelp av skalerte modellforsøk og numeriske beregninger undersøkte Sintef sjøegenskapene og fortøyningene til FLO-anlegg (Kristiansen m.fl., 2018). Forsøkene viste at «sloshing» kunne gi stor påvirkning på bevegelsene til lukkede merder og deres fortøyninger, med negativ effekt på både anlegg, fortøyninger og fisken inne i merden. Bevegelsene i indre vannvolum kan i noen tilfeller forsterke merdbevegelsene. Imidlertid er denne kunnskapen basert på modellforsøk, og en vet lite om «sloshing» vil være en utfordring i praksis i lukkede merder i kommersiell

skala. Men det er allikevel viktig å ta høyde for sensitivitet for bølger og krav til maksimum bølgehøyde ved plassering av lukkede merder.

Kunnskapsbehov

Lukkede anlegg som har vært i produksjon med fisk har gitt verdifull kunnskap, og demonstrert oppmuntrende biologiske og miljømessige resultater. Det er en vesentlig sterkere kunnskapsbase enn for få år siden. Fremdeles er det behov for økt kunnskap innenfor flere felt som teknologi, biologi, fiskehelse, fiskevelferd og produktivitet, delvis fordi konseptene er i ulike faser. Flere prosjekter driver med testing av pilot-anlegg og noen konsepter er fortsatt under planlegging eller bygging. Det er derfor kunnskapsbehov på flere viktige områder, både teknisk og biologisk. Av tekniske områder gjelder dette blant annet tema som (1) dimensjonering og sertifisering for ulike typer lokaliteter, (2) regulering av inntaksdyp for å optimalisere både temperatur og biosikkerhet, (3) mulige metoder for vannbehandling og (4) utforming og drift av lukkede anlegg for å sikre god vannutskifting og partikkeloppsamling. Biologiske kunnskapsbehov omfatter (1) biosikkerhet ved bruk av lukkede anlegg med inntak av dypvann, (2) forebygging og håndtering av sykdom i lukkede anlegg, (3) kartlegging av merdmiljø og fiskevelferd og (4) hvordan velge riktig førkvalitet og fôringsmetode til fisk i lukkede anlegg med høy vannhastighet. Teknologiske og biologiske faktorer har også effekt på energiforbruk og klimaavtrykk, som det er nødvendig med sikrere kunnskap om selv om resultatene er lovende. Det er også behov for mer kunnskap om økonomien internt for anleggene, som en del av større produksjonssystemer sammen med åpne anlegg, samt de samfunnsøkonomiske effektene knyttet til redusert lusepåvirkning, smittepress, oppsamling og gjenbruk av slam, arealbruk, energibruk og klimagassutslipp.

3. Samfunnsøkonomisk effektiv regulering som omfatter lukkede anlegg i sjø

Foregående kapittel med vedlegg peker på at lukkede sjøanlegg ikke har reproduksjon av lakselus til omgivelsene, samt har lavere miljøavtrykk enn konvensjonelle åpne anlegg og kan gi god fiskevelferd. I dette kapitlet presenteres momenter for integrasjon av lukkede sjøanlegg i en helhetlig samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruksnæringen.

3.1. Samfunnets politiske mål og reguleringer for havbruk

Regjeringens overordnede politikk slik den er uttrykt i Stortingsmelding 16 (2014-2015) «Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett», er å (s. 9-12):

- Føre en fremtidsrettet næringspolitikk som bidrar til størst mulig samlet verdiskaping.
- Legge til rette for forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i lakse- og ørretoppdrettsnæringen.
- Benytte miljømessig bærekraft som den viktigste forutsetningen for å regulere videre vekst i oppdrettsnæringen.

I dag er lakselus det eneste miljøparameteret som regulerer veksten i havbruksproduksjonen (MTB) av laksefisk i geografiske områder langs kysten gjennom trafikklyssystemet og produksjonsområdene (produksjonsområdeforskriften). På lokalitetsnivå begrenses produksjonen av en lokalitetstillatelse, som omfatter en maksimal tillatt biomasse for lokaliteten (MTB) basert på vurderinger av lokalitetens bæreevne. For en lokalitet vil også målt påslag av lus på oppdrettslaksen være basis for å få kjøpe vekst i MTB.

Nylig har regjeringen varslet at det vil legges fram en ny havbruksstrategi som vil ta for seg hvordan havbruksnæringen kan bidra til å redusere klimagassutslipp, minimere negative miljøkonsekvenser og bedre dyrevelferden. I den nylige NOU'en «Norge mot 2025»⁸ pekes det på at «myndighetene bør så snart som mulig gjennomgå regelverket for kommersiell matfiskproduksjon og sørge for at det også er tilpasset alternative produksjonsformer.»

3.2. Samfunnsøkonomisk effektiv regulering av åpen og lukket havbruksteknologi

Havbruk er en produksjon som kjennetegnes ved at den kan påføre andre aktører i samfunnet negative eksterne kostnader i form av smittepress, f.eks. sykdommer og lakselus, og andre typer negative påvirkninger.⁹ Dette ligger også implisitt i myndighetenes overordnede politikk for havbruk. Myndighetene sin oppgave er å lage reguleringer som er samfunnsøkonomisk effektive ved at de sikrer at (1) påvirkningene fra havbruksproduksjon i et influensområde¹⁰ er innenfor akseptable nivåer for samfunnet, samtidig som (2) havbruksselskapene selv får velge teknologier og driftsstrategier som gir høyest bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

Innovasjoner har nå gitt samfunnet anleggsteknologier med ulik påvirkning på det marine miljøet. Vi kan definere en anleggsteknologi som «åpen» hvis den har påvirkning på miljøparametere

⁶ Basert på beregninger av anlegg med oppdrettsvolum på 3000 m³. Ifølge forfatterne er dette volumet sammenlignbart med konvensjonelle åpne merder av typen 90 meter ringer.

⁷ <https://www.intrafish.no/pressemeldinger/norske-lakseelver-krever-bedre-forhold-for-villaksen-vil-ha-all-oppdrett-inn-i-lukkede-anlegg/2-1-904714>

⁸ NOU 2021:4 «Norge mot 2025».

⁹ Økonomiske sammenhenger mellom negative eksterne effekter i form av lakselus og sykdommer er bl.a. analysert av Asche, Roll og Tveterås (2009) og Abolofia, Willen og Asche (2017).

¹⁰ Vi definerer et influensområde som et større geografiske område som representerer en felles resipient for en påvirkning (f.eks. sykdomssmitte, lakselus, næringssalter) for en eller flere lokaliteter. Akseptabel påvirkning av et influensområde bestemmes av influensområdets kapasitet som resipient. Eksempler på mulig fremtidig kapasitetsbegrensende påvirkningsfaktorer kan være næringssalter. Det kan defineres en grense for aktuelle miljø- og sykdomsparametere fra havbruksnæringen i et influensområde med basis i hva som er definert å være en bærekraftig påvirkning.

som samfunnet velger som indikator for regulering av vekst i produksjon, mens en anleggsteknologi er «lukket» hvis den ikke har påvirkning på miljøparametere som samfunnet regulerer. En «lukket» anleggsteknologi kan ha noen typer utslipp som ikke er relevante for regulering av vekst, men som kan være relevante for tillatelse til å bruke en lokalitet og produksjonsvolumet på en lokalitet (lokalitets-MTB), f.eks. utslipp av slam og næringssalter.

En samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk er en regulering som sikrer at havbruksnæringen ikke overskrider grenser for miljøavtrykk som samfunnet har satt samtidig som verdiskapingen i næringen maksimeres. En samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk (som omfatter både åpne og lukkede teknologier) bør ha følgende egenskaper:

- Reguleringen skal sikre at større resipientområder i kystsonen utnyttes på en effektiv måte ved at åpne og lukkede anlegg produserer på de lokaliteter som er mest hensiktsmessige for de respektive teknologier. Åpne anlegg vil tendere å produsere på lokaliteter med god vannutskiftnig og gunstig beliggenhet i forhold til potensielt smittepress fra/til andre anlegg, vill laksefisk etc. Lukkede anlegg vil ha fortrinn i produksjon på lokaliteter hvor åpne anlegg er mindre effektive og bærekraftige på grunn av vannutskiftnig, topografiske forhold, og andre forhold. Ved en samfunnsøkonomisk optimal geografisk konfigurasjon av åpne og lukkede anlegg i et influensområde får samfunnet en større bærekraftig produksjon og verdiskaping innenfor definerte tålegrenser for miljøet enn når bare åpne anlegg benyttes.¹¹
- Reguleringen skal ikke være avhengig av at myndighetene har full kunnskap om alle de tekniske egenskapene til anleggsteknologier og deres kostnader, bare at anlegg er prekvalifisert eller sertifisert i forhold til de typer påvirkninger som samfunnet regulerer (f.eks. lakselus), og at de nødvendige miljøparametere til anlegget blir målt gjennom produksjonsprosessen og rapportert til myndighetene.¹²
- Reguleringen skal gjøre det mulig for et havbruksselskap å selv velge hvilke deler av produksjonssyklusen fra smoltutsett til slakteklar fisk som skal gjennomføres i åpne anlegg eller lukkede anlegg så lenge driften tilfredsstiller krav til biosikkerhet og miljøpåvirkning. Ved å tillate lukket-åpen fleksibilitet så kan bl.a. selskapene tilpasse seg sesongvariasjoner i temperaturer, sykdomssmitte, lusepåslag og vandring av vill laksesmolt i kystsonen. For ulike deler av kysten vil den samfunnsøkonomisk optimale tilpasningen mellom lukket og åpen teknologi være forskjellig. Delvis lukking av produksjonssyklusen kan både øke produktiviteten i selve lakseoppdrettet og redusere de negative eksterne kostnadene for samfunnet.

- Reguleringen skal gjøre det mulig å konvertere produksjonskapasitet (MTB) fra åpen til lukket teknologi et influensområde. Spesielt når et influensområde overskrider en tålegrense for ytterligere påvirkning fra havbruk - jfr. at et produksjonsområde blir «gult» eller «rødt» - kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å opprettholde eller øke produksjonen ved å konvertere fra åpen til lukket teknologi.

- Reguleringen skal gjøre det mulig for et havbruksselskap å konvertere en åpen MTB-tillatelse til lukket MTB-tillatelse med et forholdstall «lukket MTB / åpen MTB» som er slik at dette er bedriftsøkonomisk lønnsomt for selskapet når dette også er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

- Reguleringen skal være utformet slik at når et havbruksselskap lukker deler av sin produksjon og dermed reduserer sine utslipp skal ikke andre havbruksselskaper i samme resipientområde som ikke lukker sin produksjon få mulighet til å øke sin produksjon i åpne anlegg, smittepress og utslipp til miljøet «gratis». Åpne havbruksanlegg vil uansett kunne ha økonomiske fordeler av at noe produksjon lukkes dersom dette fører til mindre smittepress eller mindre risiko for at myndighetene vil redusere produksjonskapasiteten i området.

- For åpen produksjonsteknologi skal reguleringen bare tillate en vekst i produksjonen i et influensområde som er slik at miljøpåvirkningene fortsatt er innenfor akseptable nivåer (jfr. produksjonsområde med grønt trafikklus, altså lav luseindusert påvirkning på villaks). Dersom påvirkningene er over akseptable nivåer må disse reduseres (jfr. produksjonsområde med rødt trafikklus, altså høy luseindusert påvirkning på villaks). En reduksjon i den negative påvirkningen kan skje gjennom at en tilstrekkelig andel av den åpne produksjonen lukkes. Dagens mekanisme i trafikklusystemet ved «rødt» lys, med tvungen reduksjon av åpen produksjon (MTB) uten andre mulige alternativer, gir et samfunnsøkonomisk velferdstap i forhold til en mekanisme som også tillater konvertering av produksjon til lukket teknologi. Dette samfunnsøkonomiske velferdstapet kommer til uttrykk ved redusert verdiskaping, og dermed mindre kapitalinntekter til eiere, lønnsinntekter til sysselsatte og skatteinntekter til offentlig sektor. I stedet for en 6% reduksjon i MTB kan MTB konverteres til lukkede anlegg.

- Prismekanismen og prisnivået som samfunnet velger for ny kommersiell lukket og åpen produksjonskapasitet (MTB) kan påvirkes av følgende hensyn: (a) Internasjonal konkurransevne til havbruksnæringen og konsekvensene for vekst i verdiskaping og sysselsetting langs kysten, som avhenger mye av relative produksjonskostnader, (b) klima- og miljøutslipp, og hvordan prising av produksjonskapasitet påvirker balansen mellom investeringer i landbaserte anlegg, åpne

anlegg i sjø og lukkede anlegg i sjø, (c) skatteinntekter på kort sikt til lokalsamfunn og staten gjennom salg av MTB versus skatteinntekter på lang sikt basert på verdiskapingen i havbruksnæringen, hvor en feil innretning eller prising kan senke investeringer og skatteinntekter på lang sikt, (d) mulighet for etablering av nye innovative selskap med begrenset tilgang til kapitalmarkedet. Prisen på ny kapasitet vil påvirke nåverdien til investeringen i et anlegg¹³. For lukket teknologi vil en lav pris muliggjøre etablering av nye aktører og vekst i verdiskaping og arbeidsplasser. Et forhold som også må hensyntas er at lukket teknologi vil ha høyere investeringskostnader i anlegg enn åpne anlegg per kilo produsert laks.¹⁴ For lukkede landbaserte anlegg er MTB gratis, mens i sjø er det svært høye MTB priser drevet opp av rasjonering av nytt MTB volum i åpne anlegg gjennom trafikklusystemet og auksjonsprising, som i praksis gjør investering i lukkede anlegg ulønnsomt.¹⁵

3.3.Videre innovasjon i lukkede sjøanlegg

De siste årene har det vært en omfattende teknologiutvikling på lukkede anlegg i sjø av flere bedrifter med ulike konsepter. Noen bedrifter har bygget prototype anlegg som har blitt satt ut i sjø, og noen har testet anlegg med produksjon av store volum fisk i sjøen. Flere konsepter har nådd en modenhetsgrad som er slik at de kan gå gjennom en prosess med dokumentasjon og sertifisering for bruk i kommersiell produksjon. De kan altså brukes i kommersielle tillatelser for lukket produksjon i sjø.

Det må imidlertid fortsatt innoveres også innenfor eksisterende konsepter. Det er videre behov for å dokumentere teknisk, biologisk, miljømessig og økonomisk ytelse til anleggene. Ytterligere innovasjon og dokumentasjon må skje med produksjon av fisk i anleggene. Uten biomasse av fisk som tester ytelsen og kapasitetene til anlegget vil det være svært vanskelig å gi en tilstrekkelig dokumentasjon til havbruksnæringen og samfunnet. Det er i hovedsak leverandørene av lukkede sjøanlegg som må stå for ytterligere innovasjon og dokumentasjon. Det er også leverandørene av lukkede sjøanlegg som må stå for mye av investeringene og kostnadene knyttet til kunnskapsbygging og innovasjon. Men leverandørene har ofte utfordringer knyttet til finansiering og finansiell robusthet. Flere forhold gjør innovasjon og dokumentasjon krevende, forhold som også er til stede i andre sektorer (Dosi, 1988; Martin og Scott, 2000):

- særskilte investeringer og kostnader knyttet til innovasjonsprosessen og dokumentasjon, også at kostbar anleggskapital ikke kan utnyttes på en kommersielt effektiv måte i produksjon av fisk,
- høy risiko for å mislykkes av tekniske, organisatoriske eller markedsmessige årsaker,
- manglende finansieringsmuligheter i markedet – svakt

- utviklede kapitalmarkeder for prosjekter med høy innovasjonsgrad, og konvensjonelle banker og finansieringsinstitusjoner har liten appetitt på finansiering av slike prosjekter pga. høy risiko og begrensede exit muligheter,
- leverandørers manglende muligheter for å «appropriere» en tilstrekkelig andel av den samfunnsøkonomiske verdiskapingen som innovasjoner gir i sine bedriftsøkonomiske overskudd.

Dette betegnes i litteraturen gjerne som en «markedssvikt» (Freeman og Soete, 1999). Det kalles en markedssvikt fordi markedet da ikke gir de investeringer i forsknings- og innovasjonsprosesser (Fol-prosesser) som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det blir rett og slett for lite investeringer i forhold til det som ville gitt mest avkastning for samfunnet. Slike former for markedssvikt er også til stede på en rekke områder hvor leverandørbidrifter for lukkede anlegg må bygge kunnskap og innovere. Markedssvikt i forsknings- og innovasjonsprosesser skaper en rolle for offentlig politikk og virkemiddelbruk, og statens virkemidler er begrunnet i dette, f.eks. Innovasjon Norges og Forskningsrådets virkemidler.

Innovasjonstillatelser kan være et virkemiddel for å fremme videre teknologiutvikling og systematisk dokumentasjon for lukkede sjøanlegg. Kunnskap fra innovasjonstillatelser skal deles med hele næringen og samfunnet, herunder bidra til økt kunnskap om miljøavtrykk og fiskens helse og velferd. Det skal være klart definerte krav til dokumentasjon fra innovasjonstillatelser, herunder transparens og deling av kunnskap. Det er derfor nødvendig at en innovasjonstillatelse har en prising, varighet og biomasse (MTB) som kan gi innovasjonsprosjektet en rimelig totaløkonomi for private aktører som skal finansiere det. Det handler om en akseptabel nåverdi for investering med relativt høyt avkastningskrav (10-20%) pga. høy risiko. Hvis en innovasjonstillatelse skal kunne konverteres så bør det være til en kommersiell tillatelse for lukket produksjon i sjø.

4. Juridiske vurderinger og forslag til endringer i forskrifter

En samfunnsøkonomisk mer effektiv regulering er avhengig av forskriftsendringer. Dette kapitlet oppsummerer et eget juridisk vedlegg fra Wikborg Rein Advokatfirma med vurderinger og konkrete forslag til endringer i forskrifter.

4.1. Regulatorisk status og utfordringer

Den største regulatoriske utfordringen for lukket produksjon er at man konkurrerer om antallsbegrensede konsesjoner i vanlig kommersiell oppdrettsvirksomhet. Tillatelsene har en svært høy markedspris som følge av at det over tid har vært høy lønnsomhet

¹¹ Sammenhenger mellom geografisk lokalisering av havbruksanlegg og samfunns- og bedriftsøkonomiske resultater er analysert av (Tveterås og Battese, 2006; Øglend og Tveterås, 2009 og Asche, Roll og Tveterås, 2015).

¹² Målepunkter (inntaksvann / vannmiljøet inne i anlegget / utslipp fra anlegg) og hvilke miljøparametre som blir målt er delvis avhengig av tekniske forhold og hvilke miljøparametre som det reguleres på.

¹³ Ifølge standard finanstheori vil nåverdien (lønnsomheten) til et prosjekt bestemme om et prosjekt blir gjennomført eller ikke.

¹⁴ Bedriftsøkonomisk lønnsomhet av lukkede anlegg i sjø og på land har blitt studert av Bjørndal og Tusvik (2018, 2019, 2020) og Misund m.fl. (2020).

¹⁵ Menon (2021) foreslår en betydelig «rabatt» i forhold til markedspris på MTB i sjø (s. 101)

i produksjon av laks og ørret med konvensjonelt utstyr, og fordi ny MTB kapasitet i stor grad kan puttes inn i eksisterende anlegg (Asche m.fl., 2020).

Det grunnleggende utgangspunktet etter gjeldende rett er at lukket produksjon reguleres likt med åpne anlegg i sjø. Akvakulturloven § 7 har en særlig bestemmelse om akvakulturtillatelser til produksjon av laks og ørret i sjø og laksetildelingsforskriften er den sentrale forskrift hvor tildeling av nye tillatelser og lokaliteter reguleres. I denne forskriften skilles det mellom:

- Tillatelser til oppdrett av matfisk i på lokaliteter i sjøvann (kapittel 3)
- Tillatelser til oppdrett av matfisk i ferskvann (kapittel 4)
- Tillatelser (i både sjø og ferskvann) til særlige formål (kapittel 5)
- Og tillatelser til oppdrett av fisk (settefisk, matfisk og stamfisk) på land (kapittel 6)

Det er altså ikke noen egen form for kommersielle tillatelser for lukkede produksjon i sjø. Konsekvensen av dette er at produksjonskapasiteten på tillatelsesnivå knyttet til slike anlegg inngår i det alminnelige konsesjonssystemet, på linje med vanlige kommersielle tillatelser (åpne anlegg).

Imidlertid utelukker ikke akvakulturloven og laksetildelingsforskriften § 14 at man kan ha ulike tildelingsordninger for ulike typer akvakulturtillatelser (eks; åpne konvensjonelle anlegg på en side og Lukket produksjon på den annen side). Så vel akvakulturloven § 7 som laksetildelingsforskriften § 14 omfatter jo alle typer konsesjoner i sjø og tillatelser til særlige formål har jo eksempelvis en annen tildelingsordning enn kommersielle konsesjoner. Det er derfor regulatorisk adgang til å nansere mellom ulike produksjonsformer, og for eksempel innføre særlige ordninger for lukket produksjon.

I dag er det produksjonsområdeforskriften¹⁶ (trafikklyset) som setter rammene for tildelingsrundene for kommersielle akvakulturtillatelser, herunder for lukket produksjon. I praksis er det derfor gjennom deltakelse i slike tildelingsrunder at aktører kan skaffe seg konsesjonskapasitet til lukket produksjon. Den eneste andre måten å skaffe konsesjonskapasitet på er kjøp av kommersielle akvakulturtillatelser i markedet.¹⁷ Det eksisterer også en ordning med vekst uavhengig av miljøtilstand som reguleres direkte av produksjonsområdeforskriften § 12. Det gis unntak fra nedtrekk og tilbud om å kjøpe kapasitet uavhengig av fargen på trafikklyset i det aktuelle produksjonsområdet dersom gitte krav oppfylles. Kravene er knyttet til en lav grad av påvirkning på lakselusesituasjonen i produksjonsområdet. Lokaliteter med anlegg basert på lukket teknologi er anlegg som typisk vil kunne ha god mulighet til å kvalifisere til oppfyllelse av kravene, dersom man først har fått tillatelse og lokalitet. Det betales imidlertid den samme fastprisen for denne veksten som man tilbyr til aktører i de ”grønne” produksjonsområdene¹⁸.

Lukket produksjon har mye til felles med landbasert akvakultur, enten dette gjelder produksjon av postsmolt (som flyttes til åpne merder når fisken når en viss størrelse) eller matfisk. I begge tilfeller snakker vi om produksjon uten inntak av vann med luse-larver, doble barrierer for å hindre rømming, og muligheter for oppsamling av sedimenterbart, partikulært organisk materiale. Det kan derfor oppleves som et konkurransevidende paradoks at landbaserte akvakulturtillatelser kan søkes og etableres fortløpende uten vederlag, mens tillatelser til lukket produksjon blir likestilt med vanlige kommersielle tillatelser. Regulatorisk faller dermed lukket produksjon ”mellom to stoler”, og har ikke et regelverk som er tilpasset de åpenbare miljømessige fordeler som dette har.

Det er en rekke andre forhold som kan gi utfordringer med tanke på å etablere anlegg med lukket produksjon som Mattilsynets skepsis mot å godkjenning av driftsplaner som innebærer flytting av fisk, avstandskrav til vassdrag og annen akvakultur-virksomhet, lokal skepsis grunnet bekymring for visuell forurensning, motstand mot kommuners forsøk om å reservere områder i kystsoneplaner for akvakultur med lukket produksjon, og samme krav om fisketetthet og brakkleggingstid som i konvensjonell akvakultur.

4.2. Forslag til mulige endringer i de regulatoriske rammevilkår

Forutsetningen for å kunne ha andre regulatoriske rammevilkår for Lukket produksjon er at slik drift må skille seg fra åpne merder i sjø på en måte som begrunner en ulik regulering. Slik vi ser det ligger utfordringen nettopp i at det enda ikke er definert hva Lukket produksjon er, og hvilke tekniske og/eller biologiske karakteristikker et slikt anlegg skal ha. Dersom dette ikke defineres godt nok, vil nye ordninger kunne ”misbrukes” ved at produksjonstyper som ikke er ment å skulle tilgodeses ved regelendringen, likevel faller inn under de definisjoner som settes.

En slik definisjon vil kunne komme inn på flere nivåer i en søknadsbehandling:

- Ved fortløpende, vederlagsfrie søknader som ledd i tildelingsmyndighetenes godkjenning av søknaden.
- Ved egne auksjoner i trafikklyssystemet: som ledd i en prekvalifisering før auksjonen starter
- Ved å kvalifisere til særlige konsesjonsordninger

I alle tilfeller må det legges opp til at søkerne må kunne sannsynliggjøre at den teknologi man ønsker å benytte vil kunne oppfylle de krav som settes. Det kan for eksempel legges opp til en bekreftelse fra et akkreditert sertifiserings- og inspeksjonsorgan som har vurdert de planer som ligger til grunn for søkeren. En ordning kan for eks. være en teknologisk modenhetsgrad tilsvarende byggeklar produkt/enhet vurdert etter gjeldende standarder (NS9415 m.fl.);

- Produktsertifikat, alternativt «Design verification report (DVR)», som også tar opp i seg objektive effektkrav som gjelder for ordningen, som også må være;
- Verifisert av sertifiserende tredjepart organ (ikke eksternt konsulentselskap)

Det er imidlertid en grense mellom det å gi dokumentasjon for prekvalifisering og den dokumentasjon som må sendes inn før man kan igangsette produksjon. For eksempel må man naturligvis innhente endelig NYTEK-godkjenning for etablert anlegg (anleggssertifikat) etter søknaden er innvilget (men før drift igangsettes). Myndighetene kan også gi seg selv muligheter for tilbaketrekking av tillatelseskapasitet dersom innehaveren av tillatelsene ikke oppfyller de krav som settes.

Myndighetene har tradisjonelt vært skeptisk til å oppstille teknologi-krav siden regelverket skal være teknologinøytralt. Problemet med effektkrav er imidlertid at dette gir en større mulighet for tilpasning og misbruk av ordninger som etableres. Et eksempel på teknologikrav som likevel er relativt teknologinøytralt er at søknad/prekvalifisering forutsetter at det:

ikke skal være kontakt mellom fisk og sjøvann, med mindre dette hentes under lokalitetens lusebelte

Dette kan evt. kombineres med ett eller flere effektkrav om for eksempel:

- Null spredning av lakselus. Reproduksjon av lakselus unngås.
- Null rømming. Tett barriere mellom oppdrettsvolum og omkringliggende miljø.
- Oppsamling av sedimenterbart organisk materiale.

Under er skissert fire mulige regelendringer, som 1) tilpassing til landbasert produksjon, 2) etablering av en egen gruppe sær-tillatelser, 3) en egen ramme i tildelingsrundene innenfor trafikklyssystemet, og 4) en spesialtillatelsesordning. Mer detaljert informasjon om dette finnes i vedlegget fra Wikborg og Rein.

1. Tilpassing til landbasert produksjon

En måte å tilpasse regelverket på er å i større grad likestille lukket produksjon med landbasert akvakultur. Argumentet mot en slik likestilling har tradisjonelt vært at etablering på land skjer i medhold av privat eiendomsrett, mens etablering i sjø forutsetter bruk av fellesskapets arealer. Dette argumentet blir svekket ved innføring av produksjonsavgift. Dette kan gjøres med endringer i laksetildelingsforskriftens paragrafer § 28d, § 31 og § 31a. Videre kan det vurderes om det vil være hensiktsmessig å forhindre at tillatelseskapasitet tildelt til lukket produksjon inngår i felles biomassetak med øvrige tillatelser i sjø. Bakgrunnen for dette vil i så fall være å forhindre utilsiktet negativ miljøpåvirkning ved at tillatelseskapasiteten til lukket produksjon i realiteten utnyttes på lokaliteter hvor det ikke foregår lukket produksjon. Dersom det skal etableres en slik skranke vil det være nødvendig med mindre justeringer av akvakulturdriftsforskriften §§ 47, 48, 48a og 48b. Det bør imidlertid ikke være noe i veien for å gi mulighet for felles biomassetak mellom tillatelser tildelt til lukket produksjon, og dette bør det etter vår vurdering være grunnlag for å tillate.

Effekten av en slik regulering vil være at:

- Søknader om tillatelse til lukket produksjon kan skje fortløpende, utenfor tildelingsrunder, og uten vederlag.
- En tillatelse til lukket produksjon vil være stedbundet til én eller flere definerte lokaliteter, og kan bare inngå i et felles biomassetak med andre tillatelser til lukket produksjon
- Settefiskstillatelser vil gi rett til produksjon av et visst antall fisk eller et visst antall tonn per år
- Matfiskstillatelser vil gi rett til å ha en viss mengde stående biomasse i sjø (MTB)
- Som ledd i søknadsprosessen innhentes tillatelser fra sektor-myndigheter (herunder kommunal uttalelse)
- Innehaver av tillatelse må få anleggssertifikat og godkjent driftsplan før man kan sette ut fisk

2. Etablere en egen gruppe av særtillatelser

En annen måte å regulere lukket produksjon på er å gjøre dette til en del av laksetildelingsforskriftens kapittel om tillatelser til særlig formål. Dette virker noe mindre logisk enn den løsning som er presentert i punkt 1, siden slike tillatelser (som begrepet viser) skal ivareta andre formål enn kommersiell akvakultur-produksjon. Typisk gjelder dette forskning og utvikling, undervisning og visning. Det er imidlertid på det rene at det er svært mange tillatelser til særlige formål som også gir betydelig kommersiell gevinst. Videre kan det også argumenteres for at en særordning for tillatelser for lukket produksjon kan begrunnes i behovet for å stimulere til utvikling av slik teknologi og driftsformer – utover det som følger av øvrige ordninger. Hensikten vil da i så fall være å etablere en ordning for å dekke et hull mellom på den ene siden forskningstillatelser og den nå avsluttede ordningen med utviklingstillatelser og ordinære kommersielle tillatelser på den andre siden. Dette kan gjøres med endringer i laksetildelingsforskriftens paragrafer § 22 og § 28.

Dersom det etableres en slik tillatelsesordning, vil dette innebære følgende:

- Søknader om tillatelse til lukket produksjon kan skje fortløpende, utenfor tildelingsrunder, og uten vederlag.
- En tillatelse til lukket produksjon vil ikke være stedbundet til én lokalitet, men vil være en annen type tillatelse enn ordinære kommersielle tillatelser og kan dermed ikke inngå i felles biomassetak med dem.
- Tillatelsene vil være tidsbegrensede, med maksimum varighet på 10 år og mulighet for å søke om forlengelse

3. Egen ramme i kommende tildelingsrunde(r) innenfor trafikklyssystemet

Som nevnt ovenfor er Lukket produksjon henvist til å søke om tillatelser i trafikklyssystemet i konkurranse med aktører som vil bruke tillatelser i konvensjonell produksjon. Et klart alternativ kan derfor være å avsette en ramme fra denne veksten til Lukket produksjon, hvor det da enten selges konsesjonskapasitet til en egen (lavere) fastpris, eller ved egne auksjoner for denne produksjonstypen. Det er viktig å huske på at den delen av trafikklyssystemet som gjelder kjøp av tillatelser til fastpris, kun er et tilbud til de som allerede har tillatelser fra før av. Innenfor Lukket produksjon er det mange aktører som vil være nyetablerte, og som dermed kun kan delta i auksjon.

¹⁶ Forskrift av 16. januar 2017 nr. 61.

¹⁷ Kjøp av tillatelser er tillatt i henhold til akvakulturloven § 19.

¹⁸ Fastprisen var i 2020 MNOK 156.000 per tonn MTB, som utgjør MNOK 121,6 for en standard 780 tonns tillatelse.

Det kan tenkes ulike modeller for dette, enten hver for seg eller i kombinasjon:

- At det avsettes egen vekstmulighet for Lukket produksjon også i produksjonsområder som blir kategorisert med moderat (gul) eller uakseptabel (rød) miljøpåvirkning.
- At en del av den totale vekstrammen (6%) blir forbeholdt Lukket produksjon i produksjonsområder med akseptabel (grønn) miljøpåvirkning.
- At det gis en vekstramme ut over den ordinære (6%) som blir forbeholdt Lukket produksjon.

Dersom det etableres en slik tillatelsesordning, vil dette innebære følgende:

- Aktører med Lukket produksjon kan søke om egne kommersielle tillatelser i trafikklyssystemet kun i konkurranse med annen Lukket produksjon
- Det vil etableres en egen pris for slik vekst, enten gjennom fast-pris eller gjennom separate auksjoner (auksjonsteknikk er dette uproblematisk å legge opp til)
- Konsesjonene vil være tidsavgrensede, men forbeholdt at man oppfyller de krav som er satt for ordningen

4. Spesialtillatelsesordning

En siste mulighet er at det etableres en særlig søknadsrunde med formål å teste ut lukket produksjon. En slik ordning kan utformes på ulike måter, og et eksempel på dette er lakse-tildelingsforskriften § 23b om utviklingstillatelser. Dette minner om den type tillatelser til "særlig formål" som vi har redegjort for ovenfor (nr. 2) men er da ikke en tillatelsestype som kan omsøkes fortløpende men i stedet gjennom en engangs utlysning fra myndighetenes side.

Skal det etableres en slik ordning, må det etableres en egen paragraf om dette i laksetildelingsforskriften (som § 23b). Det som har vært diskutert er en ordning for teknologi-utviklingstillatelser til Lukket produksjon (kanskje i tillegg til en tilsvarende ordning for offshore oppdrett). Formålet med en slik ordning vil da være å stimulere til utvikling av Lukket produksjon og driftsformer – utover det som følger av øvrige ordninger. Det vil mao. innebære å etablere en ordning for å dekke et hull mellom på den ene siden forskningstillatelser og den nå avsluttede ordningen med utviklingstillatelser og ordinære kommersielle tillatelser på den andre siden.

En åpenbar utfordring er at en generell tildelingsordning til nye konsepter, lett kan føre til et renn av søknader fra ulike typer teknologier. Det er derfor viktig at en ordning:

- Definerer inn lukket produksjon på en skikkelig måte (se over), slik at det ikke blir en generell ordning hvor man blant annet må konkurrere med offshore prosjekter.
- Inneholder et vederlag for tillatelsene som ikke ødelegger økonomien i prosjektene, men som samtidig er så høyt at det ikke gjør det fristende å søke med useriøse prosjekter.
- Ikke inneholder en konverteringsordning til ordinære kommersielle akvakulturtillatelser. I stedet kan det være en ordning hvor man gjennom et tidsbegrenset teknologi-utviklingsprosjekt skal validere at teknologien kan brukes i

kommersiell akvakulturvirksomhet, og en adgang til å konvertere tillatelsene til varige kommersielle akvakulturtillatelser for bruk til lukket produksjon etter test-perioden.

Ved innføringen av en slik ordning vil aktører med ønske om lukket produksjon, kunne:

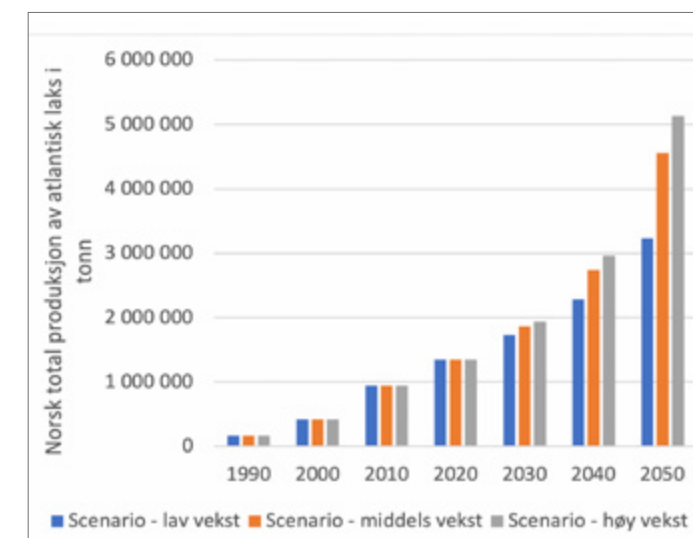
- Få en tidsbegrenset konsesjonskapasitet mot vederlag til å utvikle og teste den teknologi man baserer driften på. Ordningen vil ikke omfatte teknologi som allerede er i kommersielt bruk.
- Kunne konvertere disse tillatelsene til varige kommersielle tillatelser dersom målkriteriene er oppfylt og prosjektet viser at teknologien er egnet for bruk i kommersiell fullskala akvakulturvirksomhet. Det må betales et vederlag også for slik konvertering.

I et eget vedlegg er det et notat fra Wikborg Rein Advokatfirma som utdyper de juridiske sidene. I notatet påpekes det at lukket produksjon har vanskelig for å konkurrere med konvensjonelle tillatelser ved kjøp av ny konsesjonskapasitet. Det pekes videre på at den enkleste måten å åpne opp for økt lukket produksjon vil være å likestille dette med landbaserte akvakulturtillatelser slik at det er mulig med fortløpende tildeling av vederlagsfrie tillatelser så fremt vilkårene for lukket produksjon er sannsynliggjort. I notatet det også redegjort for andre alternative måter man kan tildele nye tillatelser forbeholdt lukket produksjon. Det vil i ytterste konsekvens være et politisk spørsmål hvilke av ordningene som anses mest formålstjenlig.

5. Scenarier mot 2050

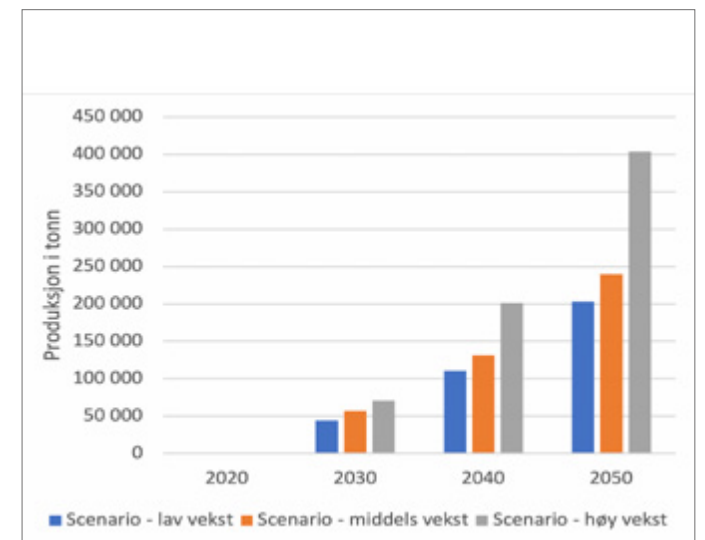
I dette kapitlet presenterer vi scenarier for produksjonen til flytende lukkede oppdrettsanlegg i Norge fram mot 2050 og hva det kan bety i form av investeringer. Et eget vedlegg drøfter dette i større detalj. Veksten i lukket produksjon i sjøen avhenger også av den generelle utviklingen i markedsutviklingen i det globale laksemarkedet. Derfor utvikler vi scenarier for etterspørsel og tilbud globalt. Tilbudssiden for laks splittes opp i produksjon på land, innaskjærs og utaskjærs (offshore). For lukkede anlegg i sjø skiller det mellom produksjon av matfisk og postsmolt. Spesielt utaskjærs produksjon vil være avhengig av postsmoltproduksjon.

Vi presenterer her tre scenarier med ulik vekst i global og norsk produksjon av laks. Som vist i figur 3 spenner de tre scenariene «Lav», «Middels» og «Høy» vekst fra en produksjon på litt over 3 millioner tonn til litt over 5 millioner tonn laks i 2050.



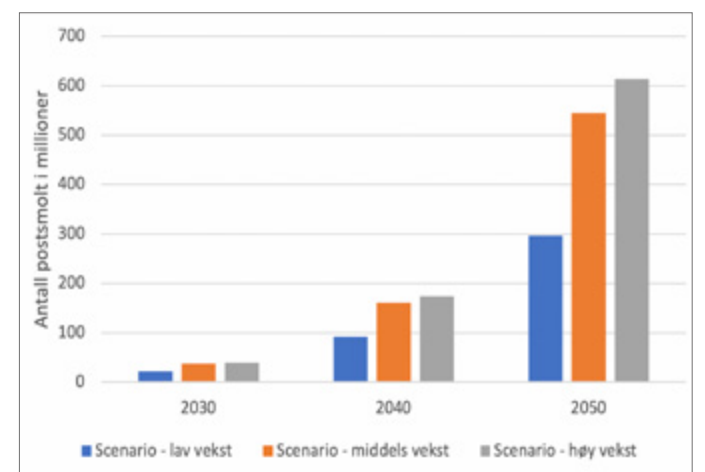
Figur 3. Tre scenarier for norsk total matfisk produksjon av atlantisk laks

Vi ser så på produksjonen av matfisk i lukkede anlegg i sjø. Vi antar i våre scenarier at åpne anlegg fremdeles vil stå for det meste av matfiskproduksjonen innaskjærs mot 2050. I lavvekst-scenariet oppnår lukkede anlegg en andel på bare 9% av innaskjærs produksjon, i middels vekst-scenariet oppnår de 10% andel, og i høyvekst-scenariet 14% av innaskjærs produksjon. I de tre scenariene beveger lukkede anlegg i sjø seg fra omtrent ingen produksjon i 2020 til en produksjon – avhengig av scenario – på 44-71 tusen tonn i 2030, og videre mot 2050 fra lavvekst-scenariet på 203 tusen tonn til høyvekst scenariet på 404 tusen tonn, som vist i figur 4.



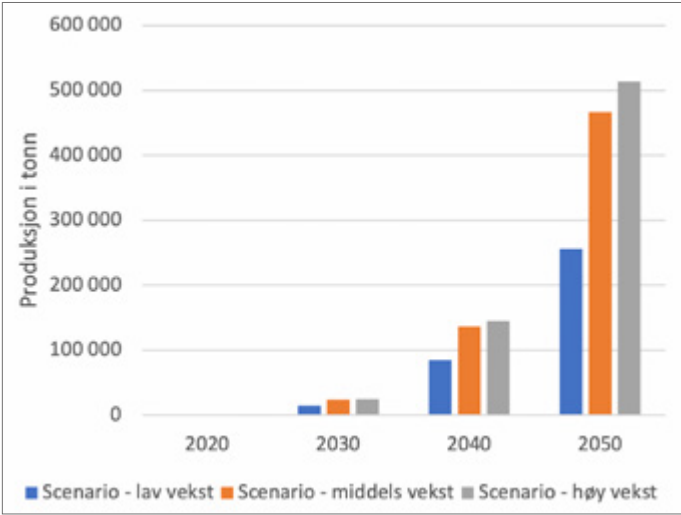
Figur 4. Tre scenarier for norsk matfisk produksjon av atlantisk laks i lukkede anlegg i sjø

Postsmolt vil i framtiden produseres både i landbaserte anlegg og lukkede sjøanlegg. Når det gjelder postsmolt er havbruk til havs den sektoren som relativt sett vil etterspør mest, altså i prosentvis andel av fisken som settes ut i merdene. Siden denne sektoren er relativt liten i 2030 er også etterspørselen i absolutte tall mer beskjeden, men allikevel betydelig i antall individer. I 2030 spenner våre scenarier fra 22 til 40 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisksektoren, jfr. figur 5. Dette øker videre til et spenn fra 92 til 175 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisk i 2040. I 2050 spenner våre scenarier fra hele 297 til 613 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisk.



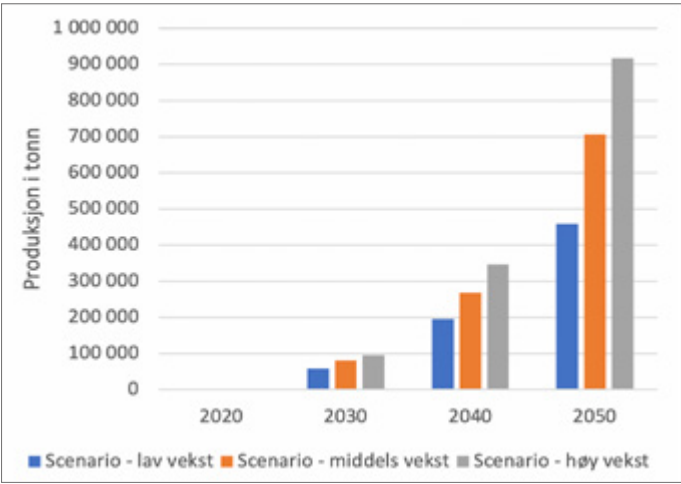
Figur 5. Tre scenarier for norsk etterspørsel etter postsmolt i millioner individer

Vi tror at svært mye av postsmolten vil bli produsert i flytende lukkede anlegg i sjø. Landbaserte anlegg vil på grunn av energi-kostnader og andre forhold ha en mindre andel av postsmolt-produksjonen mot 2050. Andelen av postsmolt produksjonen i lukkede sjøanlegg øker jevnt fra rundt 20% tidlig på 2020 tallet til 75% i 2050. Under disse forutsetningene har vi scenarier som tilsier en betydelig produksjon av postsmolt i lukkede sjøanlegg mot 2050. Alle scenariene antar en gjennomsnittlig salgsvekt til postsmolten på ett kilo. I 2030 antar vi en produksjon på 15 til 25 tusen tonn, avhengig av scenario. Dette øker til et intervall på 256 til 514 tusen tonn mot 2050.



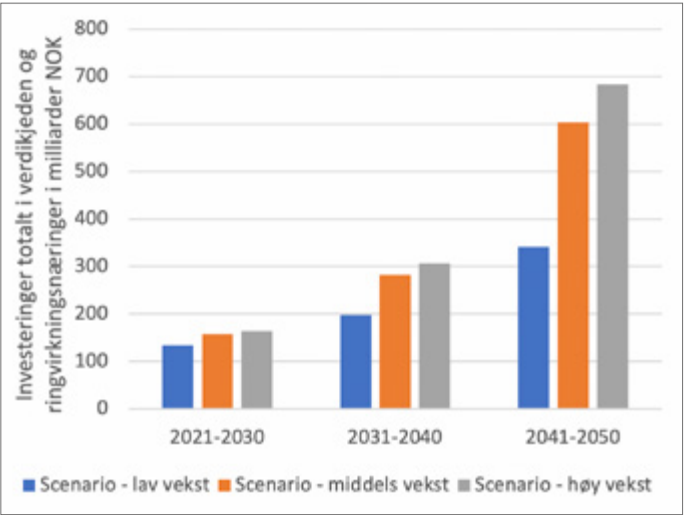
Figur 6. Norsk produksjon av postsmolt i lukkede sjøanlegg i tonn

Den totale produksjonen i lukkede anlegg i sjø er summen av postsmoltproduksjon og matfiskproduksjon i disse anleggene, som vi har vist i foregående figurer. Figur 7 viser denne produksjonen. I 2030 antar vi en produksjon på 59 til 96 tusen tonn, avhengig av scenario. I 2040 spenner produksjonen fra 196 til 347 tusen tonn. Dette øker til et intervall på 459 til 918 tusen tonn mot 2050.



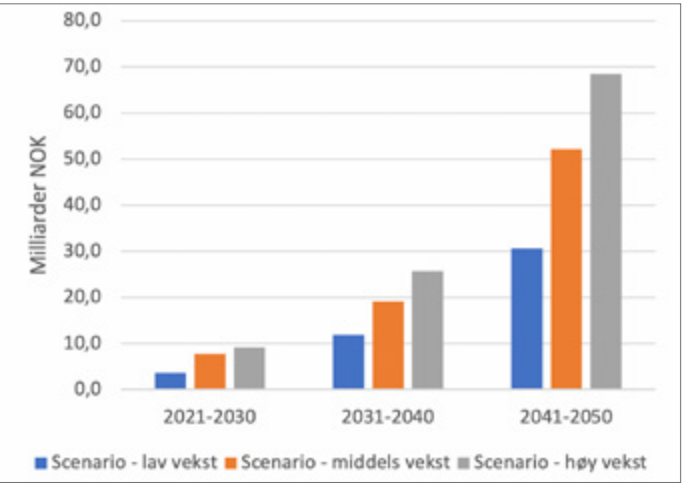
Figur 7. Norsk produksjon av matfisk og postsmolt i lukkede sjøanlegg i tonn

Det er nødvendig med enorme investeringer mot 2050 for å bygge og vedlikeholde kapasitet i alle ledd i verdikjedene for laks¹⁹. Scenariene våre leder til investeringer i tiårsperioden 2021-2030 for den totale norske lakseoppdrettsbaserte verdikjeden på 133-164 milliarder kroner, jfr. figur 8. Det er viktig å merke seg at vi her ikke har inkludert investeringer i akva kulturtillatelser (MTB) som havbruksselskapene betaler til samfunnet, bare investeringer i bygninger, maskiner, fartøy, havbruksanlegg mm. I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til hele 340-680 milliarder kroner.



Figur 8. Tre scenarier for investeringer i den norske verdikjeden atlantisk laks

For postsmolt- og matfiskproduksjon i lukkede sjøanlegg leder scenariene våre til anleggsinvesteringer i tiårsperioden 2021-2030 fra ca. 6 milliarder kroner i lavvekst-scenariet til ca 10 milliarder kroner i høyvekst-scenariet, jfr figur 9. I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til 36 milliarder kroner i lavvekst-scenariet til 73 milliarder kroner i høyvekst-scenariet.



Figur 9. Tre scenarier for investeringer i lukkede sjøanlegg for postsmolt og matfisk produksjon

¹⁹ Historiske investeringer i havbruk er presentert i Blomgren m.fl (2019) og Misund og Tveterås (2021), mens prognoser på investeringsbehov er også presentert i Misund og Tveterås (2019).

6. Referanser

I det følgende er bare referanser i selve hovedrapporten. Vedleggene har ytterligere referanser til forskningslitteratur, offentlige dokumenter mm.

Abolofia, J. Wilen, J.E. og Asche, F. (2017). The Cost of Lice: Quantifying the Impacts of Parasitic Sea Lice on Farmed Salmon. *Marine Resource Economics* 32(3), 329-349.

Andreassen, O., Johnsen, J.P. og B. Hersoug (2010). Havbruksnæringens minimale arealbeslag er i svak vekst og i sterk endring. *Norsk Fiskeoppdrett* 35, 48-51.

Asche, F., K.H. Roll og R. Tveterås (2009). Economic Inefficiency and environmental impact: An application to Aquaculture Production, *Journal of Environmental Economics and Management* 58, 93-105.

Asche, F., K.H. Roll og R. Tveterås (2016). Profiting from agglomeration? Evidence from the Salmon Aquaculture Industry, *Regional Studies*, 50(10): 1742-1754.

Asche, F., Misund, B. og R. Tveterås (2020). Determinants of Variation in Aquaculture Profits. SSRN Working Paper. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3703168.

Balseiro, P., Moe, O., Gamlem, I., Shimizu, M., Sveier, H., Nilsen, T. O., Kaneko, N., Ebbesson, L., Pedrosa, C., Tronci, V., Nylund, A., og S.O. Handeland (2018). Comparison between Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolts reared in open sea cages and in the Preline raceway semi-closed containment aquaculture system. *Journal of Fish Biology* 93(3), 567-579. doi: 10.1111/jfb.13659.

Barrett, L.T., Oppedal, F., Robinson, N. og T. Dempster (2020). Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12, pp. 2527-2543. doi: 1111/raq.12456.

Bjørndal, T. og A. Tusvik (2018). Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett. SNF-rapport 07/18. Bjørndal, T. og A. Tusvik (2019). Economic analysis of land based farming of salmon. *Aquaculture Economics & Management* 23(4), 449-475.

Bjørndal, T. og A. Tusvik (2020). Economic analysis of on-growing of salmon post-smolts. *Aquaculture Economics & Management* 24(4), 355-386.

Blomgren, A., Fjellidal, Ø.M., Quale, C., Misund, B., Tveterås, R. og B.H. Kårtveit (2019). Kartlegging av investeringer i fiskeri og fangst, akvakultur og fiskeindustri, 1970 – 2019. NORCE Rapport 2019/12.

Calabrese, S. (2017). Environmental and biological requirements of postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in closed-containment aquaculture systems. PhD avhandling Universitetet i Bergen.

Dosi, G. (1988). Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 1120-1171. Freeman, C. og L. Soete (1999). The economics of industrial innovation. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Føre, H.M. og T. Thorvaldsen (2021). Causal analysis of escape of Atlantic salmon and rainbow trout from Norwegian fish farms during 2010–2018. *Aquaculture* 532, 736002.

Guarracino, M, Qville, L. og A. Lillehaug, A. (2018). Evaluation of aquaculture management zones as a control measure for salmon lice in Norway. *Dis. Aquat. Org.* 130, 1-9, doi: 10.3354/dao03254.

Hersoug, B., Mikkelsen, E. Og T.C. Osmundsen (2021). What's the clue; better planning, new technology or just more money – The area challenge in Norwegian salmon farming. *Ocean and Coastal Management* 199: 105415.

Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G.L., Qviller, L., Dean, K.R., Jensen, B.B., Johnsen, I.A. (2020). Endret lokalitetsstruktur i PO3. Rapport fra Havforskningen nr. 2020-12.

Iversen, A., Andreassen, O., Hermansen, Ø., Larsen, T.A. og B.F. Terjesen (2013). Oppdrettsteknologi og konkurranseposisjon. *Nofima Rapport* 32/2013.

Kristiansen, D., Endresen, P.C., Lader, P., Su, B., Volent, Zsolt og V. Aksnes (2018). SJØFLO – Sjøegenskaper og forankring til flytende lukkede oppdrettsanlegg. Sintef-rapport 2018:00191.

Martin, S., & Scott, J. T. (2000). The nature of innovation market failure and the design of public support for private innovation. *Research policy* 29(4-5), 437-447.

Menon og Sintef (2020). Sameksistens og bærekraft i det blå. Rapport skrevet av Menon Economics og Sintef for Senter for hav og Arktis. <https://www.havarktis.no/prosjekter/sameksistens-og-baerekraft>.

Grünfeld, L.A. C.M. Lie, M. Nygård Basso, O. Grønvik, A. Iversen, Å.M.O. Espmark, M. Rossvoll Jørgensen (2021). Evaluering av utviklingstillatelser for havbruksnæringen og vurdering av alternative ordninger for fremtiden. Rapport. Menon-publikasjon nr. 150/21. Oslo: Menon Economics.

Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R. og K.R. Rolland (2020). Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag. Faglig sluttrapport. UiS Rapport nr. 88/2020. <https://doi.org/10.31265/usps.46>.

Misund, B. og R. Tveterås (2019). Et blått taktskifte. Samlede behov for investeringer mot 2030 og 2050.

Misund, B. og R. Tveterås (2021). Determinants of investment behaviour in Norwegian salmon aquaculture. Working Paper, Universitetet i Stavanger.

Nilsen, A., Nielsen, K.V., Biering, E. og A. Bergheim (2017a).

Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture* 466(41-50). doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.009.

Nilsen, A., Nielsen, K.V. og A. Bergheim (2017b). The impact of production intensity on water quality in oxygen enriched, floating enclosures for postsmolt salmon culture. *Aquacultural Engineering* 78, 221-227. doi: 10.1016/j.aquaeng.2017.06.001

Nilsen, A., Hagen, Ø., Johnsen, C.A., Prytz, H., Zhou, B., Nielsen, K.V. og M.Bjørnevik (2019). The importance of exercise: Increased water velocity improves growth of Atlantic salmon in closed cages. *Aquacultural Engineering* 78, 221-227. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.09.057.

Nilsen, A., Nielsen, K.V. og A. Bergheim (2020). A closer look at closed cages: Growth and mortality rates during production of postsmolt Atlantic salmon in marine closed confinement systems. *Aquacultural Engineering* 91. doi: 10.1016/j.aquaeng.2020.102124.

Nilsen, A. (2019). Production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in closed confinement systems (CCS) – salmon lice, growth rates, mortality and fish welfare. Norwegian University of Life Sciences, Doctoral thesis 2019:48

Nilsen, A. (2021). Teknologiske og biologiske utfordringer med lukka anlegg i sjø. Presentasjon, TEKSET (webinar), 11.02.2021.

Oppedal, F., Dempster, T. og L.H. Stien (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311(1-4), 1-18. doi: DOI 10.1016/j.aquaculture.2010.11.020.

Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., og L.H. Stien (2018). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 1-20. doi: 10.1111/raq.12299.

Philis, G., F. Ziegler, L.C. Gansel, M.D. Jansen, E.O. Gracey og A. Stene (2019). Comparing Life Cycle Assessment (LCA) of Salmonid Aquaculture Production Systems: Status and Perspectives. *Sustainability* 11, 2517; doi:10.3390/su11092517

Rosten, T.W., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Terjesen, B.F., Biering, E. og U. Winther (2011). Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg – forprosjekt. Sintef-rapport A21169.

Rosten, T.W., Terjesen, B.F., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Biering, E. og U. Winther (2013). Lukkede anlegg i sjø – økt kunnskap er nødvendig. *Vann* 01/2013, 5-13.

Sommerset, I., Jensen, B.B., Bornø, G., Haukaas, A. og E. Brun (2021). Fiskehelse rapporten 2020. Veterinærinstituttets årlige oversikt over fiskehelsen i Norge. Veterinærinstituttet rapport-serie nr 41a/2021.

Stedt, K. (2018). Integrated multi-trophic aquaculture. The potential of using *Saccharina latissima* and *Mytilus edulis* as bioremedative species in sea-based aquaculture systems. Degree

project for Master of Science, Department of Marine Sciences, University of Gothenburgh.

Stien, L. H., Gismervik, K., Tørud, B., Overton, K. T. Q., & Kristiansen, T. (2018). Dødelighet og fiskevelferd i laks- og regnbueørretproduksjon i sjø. In E. S. Grefsrud, K. A. Glover, B. E. Grøsvik, V. Husa, Ø. Karlsen, T. Kristiansen, B. Kvamme, S. Mortensen, O. B. Samuelsen, L. H. Stien & T. Svåsand (Eds.), *Risk assessment Norwegian aquaculture*: Institute of Marine Research, (in Norwegian).

Teknologirådet (2012). Fremtidens lakseoppdrett. Rapport 01/12.

Torrissen, O., Hansen, P.K., Aure, J., Andersen, S., Strohmeier, T. og R.E. Olsen (2016). Næringsutslipp fra havbruk – nasjonale og regionale perspektiv. Rapport fra Havforskningen 21/2016.

Treines, E. (2020). Gjelleutfordringer i lukkede anlegg – et praktisk eksempel. Innlegg ved Akvaveterinærenes høstkonferanse (web), 12.10.2020.

Tveterås, R. og G.E. Battese (2006). Agglomeration Externalities, Productivity and Technical Inefficiency, *Journal of Regional Science* 46(4), 605-625.

Øglend, A. og R. Tveterås (2009). Spatial diversification in Norwegian aquaculture. *Aquaculture Economics and Management* 13(2), 94-111.

Øvrebø, T.K. (2020). Growth performance and welfare of postsmolt (*Salmo salar* L.) reared in semi closed containment systems (FLO) – a comparative study. Masteroppgave, Universitetet i Bergen.

Øvrebø, T.K. (2021). Vekst og velferd i semi-lukkede systemer. *Norsk Fiskeoppdrett* 1- 2021, s 48 – 54.

Vedlegg 1



LUKKET ANLEGG I SJØ PRODUKSJON, FISKEVELFERD, ØKONOMISK POTENSIAL

Vedlegg til rapport: Verdiskapingspotensialet og kortsiktige flaskehalser for flytende lukket oppdrett (FLO) i sjø.

Oppdragsgiver:	Stim Aquacluster (v/ Blue Planet)
Utførende part:	Arve Nilsen, Veterinærinstituttet, Sigurd Handeland, Universitetet i Bergen og Tor Solberg, Tor-Sol AS
Dato:	23.03.2021

Innhold

1. Sammenndrag..... 3

2. Innledning..... 5

3. Dagens reguleringer – trafikklys og soneinndelinger..... 7

4. Potensial for smittereduksjon ved bruk av FLO-teknologi..... 9

5. Miljøavtrykk og gjenvinning av partikulært materiale fra FLO 12

6. Fiskevelferd i FLO 14

7. Oppsummering biosikkerhet og fiskevelferd 17

8. Produksjonsbiologi..... 17

8.1 Lus:..... 18

8.2 Biosikkerhet, mikrobielt miljø og fiskehelse: 19

8.3 Vannstrøm, svømmeaktivitet og tilvekst 20

8.4 Dødelighet: 21

8.5 Konklusjoner: 22

9. Alternative produksjonsstrategier med FLO..... 23

9.1 Strategi 1:..... 23

9.2 Strategi 2:..... 24

10. Referanser..... 27

1. Sammenndrag

Feltforsøk med FLO-teknologi har vært gjennomført siden 2012, og i dag er dette en godt dokumentert teknologi for produksjon av laks i sjø. Tidlig forskning og utvikling var rettet mot produksjon av postsmolt (fisk inntil 1 kg), men med større og mer utviklede FLO-anlegg har det også vist seg biologisk og økonomisk mulig å produsere større fisk, helt fram til slaktestørrelse. De biologiske resultatene varierer mellom prosjekter, år og sesonger. Det som har vist seg å være gjentakende funn er:

- Ved bruk av (urenset) marint dypvann fra 20 – 25 m er det mulig å unngå lakselus. Med det har man ikke bare fjernet en viktig trussel mot bestandene av vill laksefisk, man har også fjernet behovet for lusebehandlinger og rensefisk.
- I FLO-anlegg styres vanngjennomstrømming, vannhastighet og oksygenverdier slik at det er mulig å få en stabil vannkvalitet og en god svømmetrening for fisken. Dette har vist å gi bedre muskelutvikling, bedre tilvekst og bedre fiskevelferd.
- Med bruk av FLO-teknologi til deler av produksjonstiden i sjø, kan man redusere den totale produksjonstiden fra utsett til slakt og få bedre utnyttelse av eksisterende tillatelser og lokaliteter. Samtidig blir også den tida fisken står eksponert for lusesmitte i åpne merder betydelig redusert.
- Med bruk av FLO-teknologi i hele produksjonstiden i sjø vil all lusesmitte bli eliminert, det er også mulig med bedre kontroll av andre smittsomme sykdommer som i dag er vanlig forekommende i sjøfasen.

De ulike FLO prosjektene har ulik hastighet på utvikling av føringssystemer og slamoppsamling, men det er etter hvert god dokumentasjon på at det i anlegg med FLO-teknologi er mulig å redusere det lokale miljøavtrykket. Årsaken til det er at man ved bruk av lukkede merdenheter kan styre føringen og få bedre føreffektivitet, man kan samle opp sedimenterbare organiske partikler (slam), og med lukkede enheter unngår man behovet for kobberholdige impregneringsmidler.

Det er fortsatt både tekniske og biologiske utfordringer som må løses. Med lukkede enheter vil det kunne bli teknologiske eller økonomiske begrensinger på hastigheten av vannutskifting. Det kan føre til risiko for økt oppsamling av sykdomsframkallende agens, og forskning på dette bør prioriteres i nye prosjekter med FLO-teknologi i kommersiell skala.

Biosikkerhet mellom produksjonsperioder og smittestatus for fisk som er produsert fram som postsmolt i FLO-anlegg, og deretter skal flyttes til åpne anlegg, er også sentrale spørsmål som må avklares.

For å dra fullt utbytte av effektiviseringsgevinsten som implementeringen av FLO-teknologi gir for produksjonen av laks i sjø, er det også nødvendig med en gjennomgang av akvakulturregelverket. Noen sentrale regulatoriske utfordringer er satt opp nedenfor, men det vil også være ytterligere punkter der FLO-teknologi avviker såpass fra tradisjonelle, åpne anlegg, at det kan komme til å kreve tilpasninger i regelverket.

- Etablering av lokaliteter: Hva er sikker avstand til annen virksomhet og eventuelle krav til behandling av innløpsvann og avløpsvann?
- Driftsplaner: Skal postsmolt fra FLO-anlegg være underlagt samme restriksjoner for flytting som fisk fra åpne anlegg?
- Brakklegging: Hva vil være riktige krav for brakklegging på lokaliteter med FLO-teknologi der det blir produsert postsmolt i sykluser på et halvt år? Kan effektiv oppsamling av sedimenterbart materiale og god status på bunnmiljøet føre til behov for kortere brakklegging?



Figur 1: Semi-lukket anlegg for produksjon av laks fram til slaktestørrelse (MTB 2340 tonn) etablert i Vevelstad kommune i Nordland, juni 2018 (lokalitet nr. 3805). Foto: Akvafuture AS.

2. Innledning

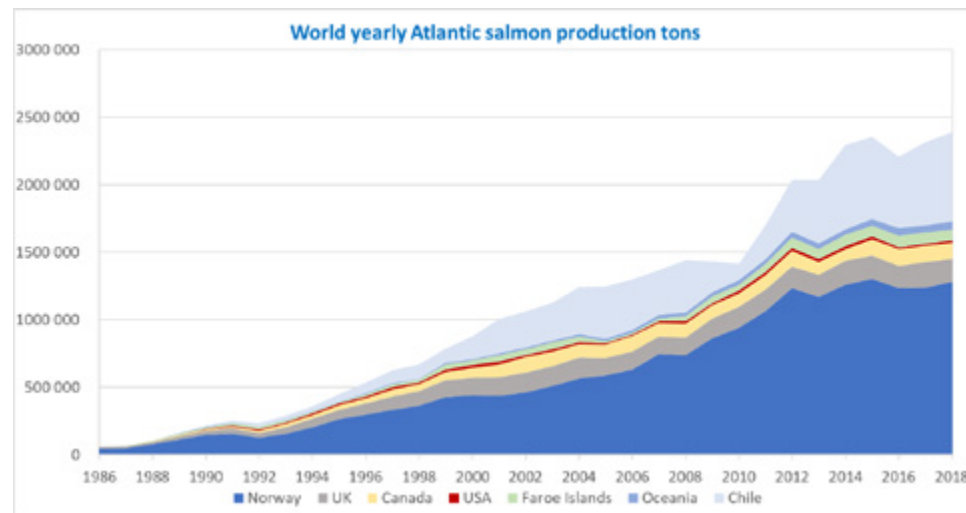
Salget av norsk laks har de siste 15 år stort sett gått veldig bra økonomisk med sterk etterspørsel og gode marginer til oppdretterne. Norskekysten med sin skjermete kystlinje og klima har vist seg spesielt godt egnet for lakseoppdrett i åpne, kostnadseffektive oppdrettssystemer. I 2012 kom rapporten «Verdiskaping basert på produktive hav i 2050» (Olafsen m.fl., 2012), fra en arbeidsgruppe oppnevnt av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA). Rapporten skisserte en mulig produksjon på 5 mill. tonn laksefisk i Norge i 2050, og dette ble i tiden etter hyppig sitert både av politikere og andre som et måltall for norsk havbruksproduksjon. I ettertid er det mange som mener at anslaget er for optimistisk gitt de utfordringer som norsk havbruk i dag står overfor, spesielt når det gjelder bekjempelse av lakselus. Et like relevant tankekors burde imidlertid være:

Hva må til for å oppnå en slik produksjon i 2050?

Dette er av de spørsmål som belyses i denne rapporten.

Dagens status er en norsk årlig produksjon på ca. 1,45 mill. tonn laks og regnbueørret, og hvor det globale markedet er preget av:

- Liten økning av verdensproduksjonen av laks etter 2012, inkl. Norge, til tross for sterk etterspørsel. Unntaket er Chile der det har vært økning etter sammenbruddet grunnet sykdom i 2009/2010 (Figur 2).
- Stagnert vekst i Norge skyldes i hovedsak utfordringer med lakselus og smittsomme sykdommer. I andre lakseproduserende land har også utfordringer med miljø og manglende tilgang på gode lokaliteter med tilstrekkelig infrastruktur vært begrensende faktorer.
- I Norge ble det i 2017 introdusert et produksjonsregulerende regime (trafikklyssystemet) basert på beregninger av hvor stor skade lakselus fra oppdrett gjør på vill laksesmolt.
- Inspirert av den økende etterspørselen med gode priser og stagnerende vekst, skjer det nå en etablering av landbasert matfiskproduksjon i utlandet nærmere markedene. Tilsvarende planer er også under utvikling i Norge. Norsk havbruk må derfor forberede seg på sterkere utenlandsk konkurranse gjennom ytterligere teknologiutvikling og produksjonsomlegging.



Figur 2: FN FAO (Food and Agriculture Organization) statistikk over verdens produksjon av atlantisk laks.

Utfordringene for vekst i norsk havbruksproduksjon og samlet verdiskaping vil være knyttet til:

- Tilgang på lokaliteter. Det er behov for oppdatering av kriteriene for godkjenning av lokaliteter til lukket produksjon på land og i sjø; krav til rensing av innløps- og avløpsvann, avstand til annet oppdrettsanlegg, og hvilke krav som skal stilles ved flytting av stor postsmolt fra lukket sjøanlegg til åpent konvensjonelt påvekstanlegg. I denne sammenheng er det viktig å avklare hvilke krav som settes til fisken som produseres i FLO sammenliknet med fisken fra landbasert RAS.
- Mer effektiv håndtering av negative miljøutfordringer som rømming, lus og utslipp for disse får så store biologiske eller politiske konsekvenser at det i neste omgang fører til strengere rammebetingelser for drift eller for videre vekst. Lusebelastning på ørret vurderes tatt inn i trafikklysmodellen, Veterinærinstituttet mener at velferd også bør vektlegges.
- Bedre overvåking av fiskehelse og fiskevelferd, herunder bedre koordinering av tiltak for forebygging og bekjempelse av sykdom og mer kunnskap om hvordan en kan sikre god fiskevelferd gjennom hele produksjonskjeden.
- Utvikling av og tilgang til bærekraftige råvarer med marin ernæringsprofil til fôrproduksjon.
- Større andel av foredlingen i Norge.
- Klimaendringer, herunder høyere sjøtemperaturer og økte utfordringer med ekstremvær
- Politiske utfordringer knyttet til nye EU krav

Muligheter for økt produksjon i Norge med FLO-teknologi innenfor dagens miljø- og oppdrettsregime kan være:

- Eliminering av luseproblemet og helsebelastende lusebehandling vil bidra til redusert dødelighet og bedre fiskevelferd, redusert miljøbelastning og økt tilvekstpotensial.
- Produksjon av stor postsmolt 0,4-2 kg i lukkede anlegg i sjø kan gi en betydelig produksjonsvekst innenfor dagens gjeldende produksjons- og MTB-tillatelser.
- Økt biomasse som følge av lukket produksjon i sjø fra utsett til slaktefisk, vil trolig ha større aksept i befolkningen enn tilsvarende strategi med åpen not (omdømme problematikk)
- Bruk av marint dypvann i FLO kan åpne for bruk av nye lokaliteter (lokaliteter periodevis preget av spesielt varmt eller kaldt overflatevann) og reduserer faren for ukontrollerbare effekter av algeoppblomstringer.
- Mer effektiv utnyttelse av arealene som i dag benyttes til lakseproduksjon, og utnyttning av ledige havbruksarealer som i dag er ubrukt grunnet risiko for spredning av lus og rømming. For Hordaland er en slik omlegging beregnet å kunne gi en produksjonsøkning på 50-75 % for førstnevnte. Sistnevnte representerer et areal på 1825 km². Produksjonspotensialet for dette arealet er imidlertid vanskelig å kvantifisere, blant annet pga. andre interesser, men det er betydelig (Endresen, 2017).

3. Dagens reguleringer – trafikklys og soneinndelinger

Nedtrekk av produksjonsvolum i røde soner er i dag et viktig regulatorisk tiltak for å få de negative effektene av lusesmitte ned på et akseptabelt nivå. I dagens trafikklysordning legges det til grunn lusesmitte og estimert effekt av smitte fra oppdrettsanlegg på overlevelse av vill laksesmolt. Innenfor hvert produksjonsområde er det også delt inn i mindre soner med koordinerte utsett- og brakkleggingssykluser, basert på sesong (vår – høst) og år (partall og oddetallsår), med hjemmel i Akvakulturdriftsforskriften §40 (NFD, 2008a). Lokaliteter skal brakklegges minimum 2 måneder etter hver produksjonssyklus, men en enkelt lokalitet kan pålegges lengre brakklegging dersom hensynet til fiskehelse tilsier det (forebygging eller bekjempelse av sykdom) eller dersom det er nødvendig for å få lang nok brakklegging innen ett koordineringsområde. Forskrift FOR-2008-06-17-823 (NFD, 2008b) beskriver følgende krav for plassering av akvakulturanlegg (gjelder både etablering og utvidelse):

- *For at godkjenning skal kunne gis må etableringen av akvakulturanlegget (...) ikke innebære uakseptabel risiko for spredning av smitte, herunder smitte inn til akvakulturanlegget (...) og dets omkringliggende miljø.*

- *I vurdering av smittefaren skal det legges særlig vekt på avstand til vassdrag, annen akvakulturrelatert virksomhet og til grupper av akvakulturanlegg. Det skal også legges vekt på hvilken art som skal produseres, driftsform og produksjonsomfang.*
- *For akvakulturanlegg i sjø (...) vurderes avstand til annen akvakulturrelatert virksomhet og vassdrag i hovedsak ut fra plassering av produksjonsenhetene. For akvakulturanlegg på land vurderes avstand til andre akvakulturrelaterte virksomheter og vassdrag i hovedsak ut fra vanninntak og avløp.*

Nærmere spesifiseringer er beskrevet i «Retningslinjer til behandling av søknader etter forskrift 17. juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m.» (Mattilsynet, 2019). Tillatelse til etablering eller utvidelse av anlegg i sjø gis som hovedregel dersom anlegget har egen base på land eller ute på anleggets flåte og oppfyller følgende tre avstandskrav:

1. Minst 5 km til andre akvakulturanlegg for laksefisk (både i sjø og på land), postsmolt- og stamfiskanlegg (alle arter), fiskeslakterier, tilvirkingsanlegg og store notvaskerier (avstand til landbaserte anlegg vurderes ut fra avstand til plassering av inntaks og/eller avløpsledning),
2. Minst 2,5 km til matfiskanlegg for marin fisk og for viktige lakseførende vassdrag og
3. Minst 1,5 km til låssettingsplasser, skjellanlegg og viktige transportruter for levende oppdrettsfisk.

Kravet om 5 km gjelder også for avstand mellom ulike koordinerte brakkleggingsgrupper. Men innen brakkleggingsgruppene er avstandskravet redusert til *«betydelig mindre enn 5 km, og kan være kortere enn 2,5 km»*. Størrelsen på brakkleggingsområder og antall anlegg innenfor disse varierer etter geografi, strømforhold og lokal sykdomssituasjon. For lokaliteter større enn 3600 MTB kan det stilles særskilte krav for dokumentasjon av forsvarlig drift; herunder oksygenforhold, annen vannkvalitet, dødelighet, sykdomsforekomst og lusepress (lusetall og hyppighet av behandling). Det som kreves her av økt sikkerhet for god vannutskifting og tiltak for å unngå økt lusebelastning er to av de viktigste forbedringene ved introduksjon av FLO-teknologi, og det bør utredes hvordan slike krav for «store lokaliteter» skal anvendes eller tilpasses ved etablering av lukkede sjøanlegg.

De samme avstandskravene som gjelder for åpne anlegg gjelder i prinsippet også for lukkede anlegg i sjø og for sjøvannsbaserte matfiskanlegg på land, men avstandskrav kan reduseres der anlegg desinfiserer innløp og/eller avløpsvann. FoU-tillatelser og andre spesialtillatelser er

også underlagt de samme kravene. For avstandskrav ved etablering av landbaserte anlegg har Veterinærinstituttet uttalt følgende i en høring til Mattilsynet:

«Veiledende avstandskrav mellom landbasert akvakultur ville potensielt forenkle saksbehandlingen for forvaltningen og gi forutsigbarhet for næringen. Veterinærinstituttet mener likevel at avstanden mellom landbaserte akvakulturanlegg bør vurderes i hvert enkelt tilfelle. Viktige elementer i slike vurderinger er type produksjon som skjer i anleggene, størrelse på produksjonen, anleggets teknologiske løsninger, arter og livsstadier (generasjoner), om anleggene er åpne mot omgivelsene eller helt innebygde mm. Muligheten for vannbåren smitte mellom anlegg vil være en sentral parameter for vurderingen av flere landanlegg i klynge. Fysisk nærhet mellom landbaserte akvakulturanlegg øker sannsynligheten for smitteoverføring, men strenge biosikkerhetstiltak kan redusere denne. Det understrekes at smitteskiller må respekteres, og det er avgjørende å unngå deling av utstyr og ansatte. Avstand vil ytterligere redusere sannsynligheten for smitteoverføring, men det er vanskelig å anbefale en minimumsavstand basert på vitenskapelige prinsipper. Smitte via vanninntak og vannutslipp er særdeles viktig å vurdere i hvert enkelt tilfelle, men luftbåren smitte er lite relevant i akvakultursammenheng».

Ved oppdrett i sjø helt uten produksjon av lusesmitte og med mulighet for redusert overføring av viktige virussykdommer kan det være aktuelt å utforme et eget regelverk. Korte produksjonssykluser med produksjon av postsmolt (fisk inntil 1 kg) vil kunne rettferdiggjøre andre brakkleggingskrav enn ved produksjon helt fra smolt til slaktefisk. En god oppsamling av sedimenterbare partikler kan også bidra til raskere nullstilling av miljøet på lokaliteten etter en gjennomført produksjon. Men så langt vi kjenner til er det ennå ikke gjort noen samlet faglig eller forvaltningsmessig vurdering av hvordan avstandskrav, brakklegging og flytting av fisk skal håndteres for anlegg basert på FLO-teknologi og ved ulike typer produksjon (postsmolt eller slaktefisk).

4. Potensial for smittereduksjon ved bruk av FLO-teknologi

Selv om det er lagt store ressurser ned i denne ordningen med sonevis brakklegging og koordinerte utsett har det vært vanskelig å dokumentere at slik koordinert drift innen avgrensede geografiske områder fører til en faktisk smittereduksjon. For lus er det vist at innsig av ny smitte fra områder utenfor koordineringssonen fører til rask smitteoppbygging ved utsett av ny etter brakklegging (Guarracino m.fl., 2018). Ved en modellering av både lusesmitte og virusmitte i PO3 (Huserbråten m.fl., 2020b) ble det funnet at smittenettverkene var delt inn i klynger av tett sammenkoblede lokaliteter, men at sammensetningen av disse klyngene i liten grad ble påvirket at nåværende utsett-strategi fordelt på sesong og

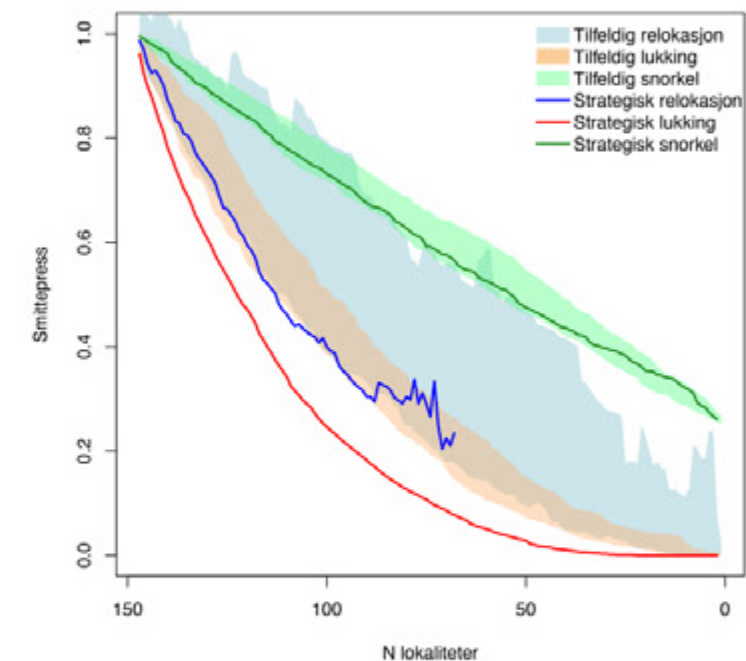
partall/oddetallsår. I en annen modell (Huserbråten m.fl., 2020a) ble det beregnet effekt på lusesmitte i PO4 dersom utvalgte lokaliteter ble (1) flyttet til større klynger med videre branngater mellom klyngene, (2) utvalgte lokaliteter ble delvis lukket ved bruk av snorkel-teknologi eller (3) utvalgte lokaliteter ble utrustet med FLO-teknologi. Det ble også regnet på forskjellen ved å endre plassering eller teknologi på tilfeldig valgte anlegg (skraverte felt) eller på strategisk valgte anlegg med stor smitteeksponering (heltrukne linjer). Kort fortalt vil alle slike tiltak føre til en markert reduksjon i modellert lusesmitte, en effekt som vil gagne alle anleggene i sonen. Strategisk endring gir bedre effekt enn tilfeldig endring, flytting gir bedre effekt enn snorkelteknologi, men klart best effekt på lusesituasjonen vil man få ved introduksjon av FLO-teknologi (Figur 3, rød linje). At FLO-teknologi gir best resultat skyldes at fisken blir godt adskilt fra lusesmitten, noe som foreløpig ikke kan dokumenteres med andre skjermingsteknologier. Ved flytting oppnås lignende smittereduserende effekt, men det oppstår i neste omgang nye klynge-problemer med økt smittepress ved større ansamling av fisk.

Trafikklysordningen er tatt i bruk fordi dagens metoder for forebygging av lakselus ikke er gode nok til å holde lusesmitten under kontroll, i tillegg har metodene for behandling eller bekjempelse av lus flere negative konsekvenser for fiskevelferd eller for miljø. Det er antatt at omfattende bruk av legemidler mot lus også fører til skade på miljøet i havet rundt oppdrettsanleggene og at lukkede anlegg og andre forebyggende tiltak er nødvendig for å sikre en bærekraftig vekst av lakseoppdrett i sjø (Urbina m.fl., 2018). Bruken av rensefisk er i dag ikke ansett som bærekraftig og må reduseres, på lang sikt er det anbefalt at bruken av rensefisk avvikles dersom næringen ikke løser utfordringene (VIs innspill til regjeringens nye havbruksstrategi).

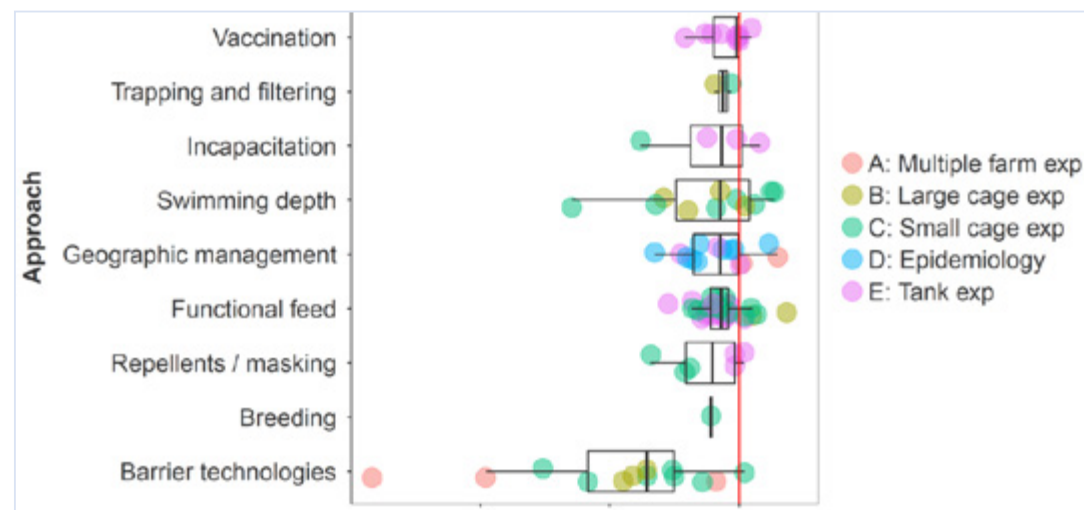
«Forebygging er bedre enn behandling» er tittelen på en fagartikkel fra Havforskningsinstituttet (Barrett m.fl., 2020) der det gjøres en oppsummering av hvilken effekt som er dokumentert mot lus ved bruk av ulike oppdrettsteknologier, fra avl og funksjonelt før til luseskjørt, snorkelmerder og semi-lukkede anlegg (Figur 4).

Hovedkonklusjonen er at ulike typer barriere-teknologi som stenger laksen ute fra det lusesmittede overflatevannet gir best dokumentert effekt. Det kan også være verdt å anmerke at de best dokumenterte studiene som samtidig har vist best effekt mot lus kommer fra de første årene med drift av FLO-anlegg (lukkede presenningsmerder). Det er samtidig vist at smitte (gjelleparasitter, virus og bakteriesykdommer) kan samle seg opp i det marine miljøet

rundt både åpne og eksponerte merdanlegg (Broch m.fl., 2020) og semilukkede anlegg på mer skjermede lokaliteter (Strand m.fl., 2020). Det er diskutert om sykdomsutbrudd i lukkede anlegg kan få en høyere intensitet som følge av høyere tetthet av fisk, begrenset vanngjennomstrømming og dermed økt akkumulering av agens. Dette er ikke godt nok kartlagt, og bør prioriteres i forskningsprosjekter med FLO-teknologi i kommersiell skala.



Figur 3: Endring av totalt smittepress mellom lokaliteter ved: (1) strategisk flytting/stenging av lokaliteter (dvs. stegvis flytting av biomassen fra «dårligst» lokalitet til «beste» lokalitet gitt nettverksmodellen, blå linje), (2) lukking av strategisk utvalgte lokaliteter (dvs., innføring av 0-utslippsteknologi som lukket merd på lokaliteten, rød linje), og (3) strategisk innføring av «snorkel-merd» teknologi på lokaliteter som mottar mest smitte (i.e., en 75% reduksjon i importerte lus på lokaliteten, grønn linje). Her er de tre kurvene basert på modellens utvalg av «beste»/«dårligste» lokasjon (cf. seksjon 3.1.3 «Nettverksanalyser»). Til sammenligning er mulig utfallsrom ved en tilfeldig flytting/stenging/innføring av teknologi på lokaliteter, indikert med fargede, skraverte felt (tilfeldig relokalisering=lyse-blått skravert felt, tilfeldig innføring av 0-utslippsteknologi =oransje skravert felt, eller innføring av «snorkelmerd» på tilfeldige lokaliteter=lyse-grønt skravert felt). Merk at utfallsrommet i de skraverte feltene er basert på N=100 tilfeldige simuleringer. Fra Huserbråten m.fl. (2020a).



Figur 4: Eksisterende dokumentasjon av effekt på forebygging av lus ved bruk av ulike preventive tiltak, fra vaksinerings (øverst) til barriereteknologier som skjørt, nedsenkede merder, snorkel eller lukkede anlegg (FLO). Hvert punkt representerer ett vitenskapelig forsøk, fargekodning er gitt ut fra antatt vitenskapelig tyngde; fra A (mest relevant) til E (minst relevant). Rød vertikal strek viser 0-effekt nivå, resultater til venstre indikerer redusert lusetall, til høyre økt lusetall. Forsøkene gjennomført for Akvafuture i tette poser er de lyserøde punktene (klasse A) under barriereteknologi (det nederste feltet). Fra: Barrett m.fl., 2020.

5. Miljøavtrykk og gjenvinning av partikulært materiale fra FLO

Med dagens FLO-teknologi er det mulig å samle opp og gjenvinne partikulært organisk materiale. Med en norsk årsproduksjon på 1,25 millioner tonn laks i 2016 ble det brukt 1,63 millioner tonn fôr, med en gjennomsnittlig økonomisk fôrfaktor på 1,30 ¹(Aas m.fl., 2019). Fôret har et tørrstoffinnhold på 93,4 %, mens laks ved slakt har et tørrstoffinnhold på omtrent 40 % (Nilsen m.fl., 2018). Ved produksjon i sjø vil laks under kommersielle forhold ha en biologisk fôrfaktor ² ned mot ca 1,06 (Mørkøre og Rørvik, 2001). En del av overskuddsfôret vil trolig bli spist av villfisk, mens noe vil falle til bunnen sammen med avføringen fra fisken. Fiskefôret er både næringsrikt og energirikt, med 33,5 % fett, 35,6 % protein og 1 % fosfor (Aas m.fl., 2019) og det høye proteininnholdet tilsvarer et samlet innhold av nitrogen på 6,1 % (Braaten m.fl., 2010). Fettet inneholder også høye verdier av viktige fettsyrer som EPA, DHA og n-6 fettsyrer. Risikovurderinger av det marine miljøet langs kysten (årlige risikovurderinger fra Havforskningsinstituttet) indikerer ikke noen stor negativ miljøbelastning ved dagens utslippsnivå, men det kan oppstå punktvis overbelastning på enkeltlokaliteter, noe som også støttes av tilgjengelige data fra utførte MOM-B undersøkelser

¹ Økonomisk forfaktor (ØFF) = mengde fôr som er brukt (kg) / mengde fisk produsert (kg)

² Biologisk fôrfaktor (BFF) = mengde fôr som er spist av fisken (kg) / samlet mengde fisk som er produsert (kg), både den som har overlevd og den som eventuelt har dødd underveis

(<https://barentswatch.no/havbruk/miljoovervakning>). En femdobling av norsk oppdrett med samme produktivitet som i dag vil føre til en stor økning i utslipp av organiske partikler i form av overskuddsfôr og avføring. Det virker derfor sannsynlig at det som en forutsetning for en betydelig økning i volum av norsk fiskeoppdrett samtidig må introduseres bedre systemer for oppsamling og gjenbruk av de ressursene som i dag havner i sjøen.

Miljøavtrykk fra oppdrett vil oppstå i hele produksjonskjeden og kan grupperes på ulike måter. En modell for inndeling som ble brukt i en review over miljøavtrykk (Philis m.fl., 2019) fra ulike produksjonssystemer for laks var (1) klima-effekt (kg CO₂-ekvivalenter), (2) forsuring (kg SO₂-ekvivalenter), eutrofiering (kg PO₄-ekvivalenter) og energibruk (MJ-ekvivalenter).

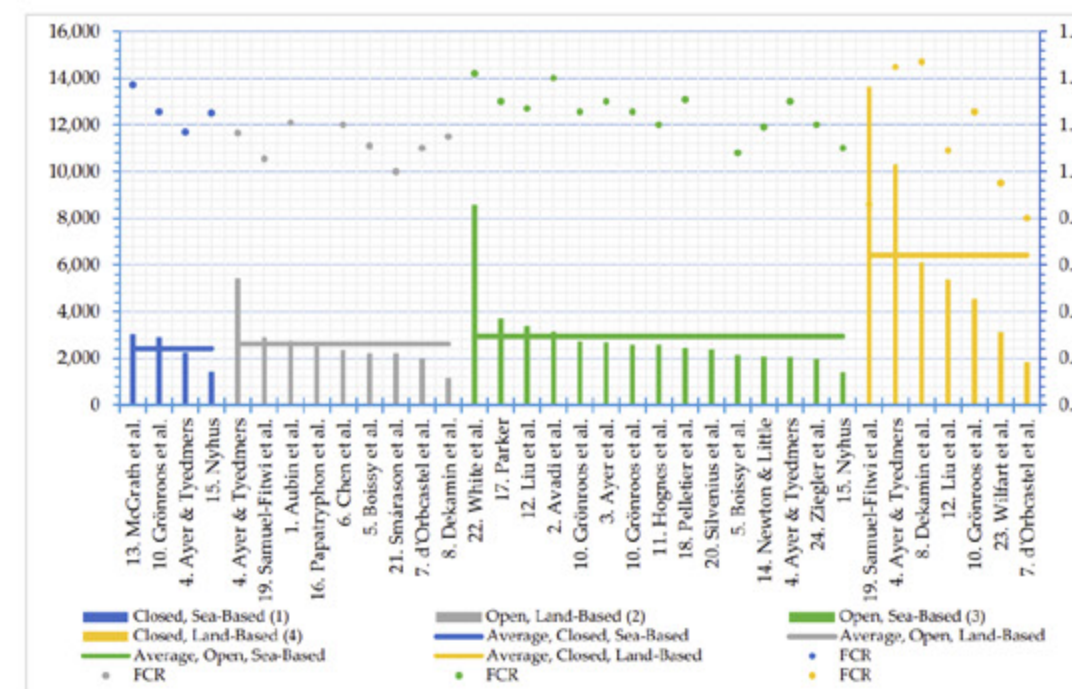


Figure 4. Salmonids global warming potential (GWP) impacts (kg CO₂-e) and FCR based on production technology clusters.

Figur 5. Samlet klimaeffekt (kg CO₂-ekvivalenter) ved fire ulike produksjonssystemer for oppdrett av laks; lukket i sjø, åpent i sjø, gjennomstrømming på land og RAS på land. Etter: Philis m.fl. (2019). Loddrette søyler viser beregnet utslipp av kg CO₂ per tonn produsert laks (venstre y-akse), hver søyle er ett studie mens horisontal linje er gjennomsnittsverdi for alle studier av en bestemt teknologi. Prikkene viser fôrfaktor i hvert studie (høyre y-akse). Merknad: landbaserte anlegg i denne studien er i hovedsak ferskvannsbaserte systemer, for store landbaserte sjøvannsanlegg er det få data tilgjengelig for livssyklusanalyser.

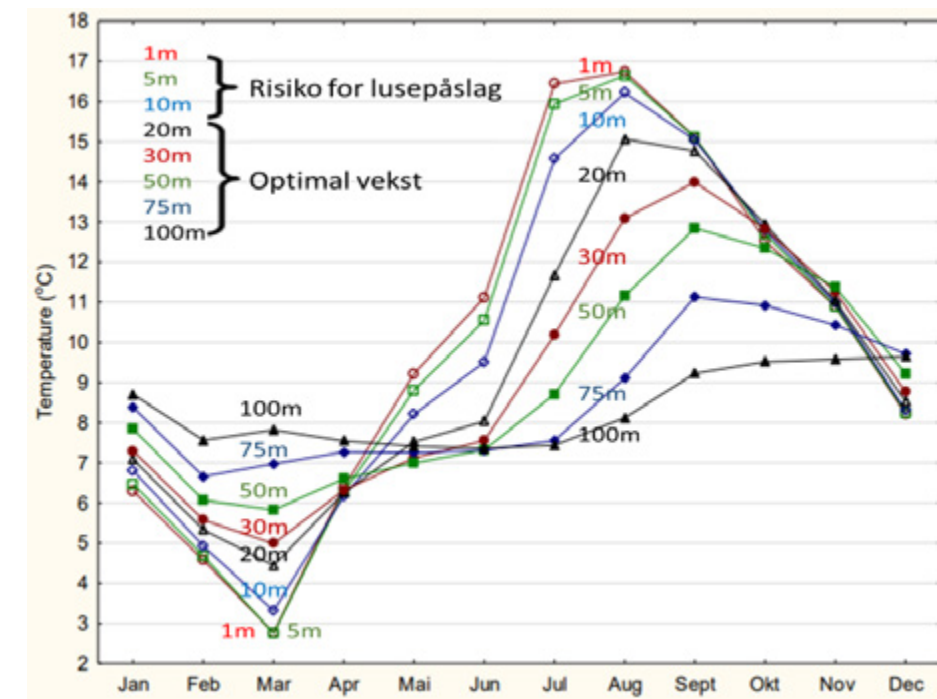
Fra 24 publiserte studier ble det i denne oversiktsartikkelen vist at lukkede anlegg i sjø kom ut med det samlet sett laveste miljøavtrykket. RAS-anlegg på land ble vist å ha god fjerning av næringsstoffer, men størst energiforbruk og dermed også størst negativ klima-effekt. Årsaken til dette er at RAS-anlegg har høyt forbruk av energi til pumping og rensing av vann mens pumping av selv store volum sjøvann koster lite energi for flytende anlegg i sjø.

6. Fiskevelferd i FLO

I alt fiskeoppdrett må det være et mål å sikre god velferd gjennom hele produksjonen, i alle enheter og alle fiskegrupper. God tilgang på tilstrekkelig mengde nytt vann er viktig for å sikre god tilvekst, velferd og helse hos fisken. Første begrensende faktor ved redusert vanntilførsel er redusert nivå av oksygen etterfulgt av økende nivå av CO₂ og TAN (total ammonium nitrogen). Ved økt produksjonsintensitet vil pH synke på grunn av akkumulering av CO₂, og derfor vil risikoen for forgiftning med NH₃ være lav.

Ved drift av åpne merder er man avhengig av det vannmiljøet som oppstår ved naturlig utskifting av vannet med havstrømmen (Oppedal m.fl., 2011; Stien m.fl., 2018). FLO-teknologi gir mulighet for bedre kontroll med viktige miljøfaktorer som oksygen (metning avtar med dypet) og vannhastighet. I tillegg vil bruk av marint dypvann gi bedre kontroll med oppdrettsbetingelsene bl.a. ved at:

- Man unngår de største variasjonene i vannkvalitet og temperatur, eksemplifisert ved årstidsvariasjoner i sjøvannstemperatur på Vestlandet fra 1 til 100 meters dyp (Fig. 6).
- Man får et mer konstant miljø som er bedre tilpasset laksens biologiske behov.
- Man reduserer/eliminerer smitte av lakselus, og unngår dermed gjentatte behandlinger med sulting og stress, noe som i dag anses som en av de viktigste risikofaktorene for dårlig velferd i sjøanleggene (Overton m.fl., 2018).



Figur 6: Sjøvannstemperatur gjennom året fra 1 til 100 meter fra målestasjon på Vestlandet.

Vekst av oppdrett i sjø forutsetter ikke bare kontroll med lus eller mindre utslipp av partikulært materiale. Ved bruk av FLO-teknologi er det ikke satt noen begrensning for tetthet i akvakulturdriftsforskriftens §25 (endret 19.04.2018), men «Fisketetthet skal være forsvarlig og tilpasset vannkvalitet, fiskenes atferdsmessige og fysiologiske behov, helsestatus, driftsform og fôringsteknologi». Nyere forskning har vist en gradvis reduksjon i tilvekst, økende plasmakortisolnivå og økt problem med finneslitasje hos laks ved tetthet høyere enn 75 kg/m³ (Calabrese, 2017). Det er flere elementer som er viktige ved bruk av FLO-anlegg for å sikre at merdmiljøet blir godt for fisken. For det første styres vanngjennomstrømming og vannhastighet på en annen måte enn ved drift av åpne anlegg. Tetthet (biomasse), fôrstyrke og spesifikt vannforbruk³ bestemmer i hvor stor grad vannet blir belastet med avfallsstoffer fra fiskens metabolisme. Tettheten stiger mens spesifikt vannforbruk synker. Det er viktig å ha sikre terskelverdier for maks tetthet og minimum vannutskifting, men det er etter vår erfaring like viktig å ha god kontroll med disse faktorene underveis i produksjonen, også ved moderat produksjonsintensitet. I forsøk med produksjon av postsmolt og slaktefisk hos Akvafuture AS har tettheten variert fra 1 til 50 kg/m³ (spesifikt vannforbruk fra 2 til 0,2 L/kg/min). Uten lufting av vannet vil et spesifikt vannforbruk under 0,2 L/kg/min gi for høye verdier av CO₂ (Nilsen m.fl., 2017b), ved et vannforbruk mellom 0,2 og 0,3 L/kg/min er det mulig å holde

³ Spesifikt vannforbruk (SVF) er et mål på hvor mye vann som byttes ut pr kg fisk definert som: SVF = liter vann / kg fisk / minutt

kontroll med CO₂, TAN og partikler (Thorarensen and Farrell, 2011), mens et vannforbruk over 0,3 L/kg/min kan gi større sikkerhet for å opprettholde god skinnkvalitet og fiskevelferd (Calabrese, 2017; Sveen m.fl., 2019). En god vannutskifting gjennom hele produksjonen er viktig for å opprettholde en god tilvekst og god fiskevelferd. En kort oppholdstid av vannet vil også kunne bidra til bedre fjerning av både partikler og eventuelle patogener. Pumper og innløp må derfor dimensjoneres og plasseres slik at det blir en god utskifting av vann, en god partikkelfjerning og en styrt vannhastighet.

Trening av fisk er vist å gi bedre vekst og velferd gjennom hele produksjonstiden og er en av de viktige tilleggs-gevinstene ved overgang til lukkede eller semi-lukkede anleggstyper (Calabrese, 2017; Nilsen m.fl., 2019; Timmerhaus m.fl. 2021). Styrt oksygentilsetning tilpasset vannets temperatur og fiskens størrelse og metabolisme vil bidra til god fiskevelferd (Akvafuture AS, 2020; Hvas m.fl., 2018; Remen, 2012; Thorarensen and Farrell, 2011).

Det er videre dokumentert at produksjonen, både av postsmolt og slaktefisk i FLO-anlegg, kan gjennomføres med god vannkvalitet (spesifikt vannforbruk, oksygen, CO₂, ammonium og partikler) innenfor verdier som sikrer god fiskevelferd (Nilsen m.fl., 2017a; Nilsen m.fl.; 2017b, Nilsen m.fl., 2019; Nilsen m.fl., 2020).

7. Oppsummering biosikkerhet og fiskevelferd

Innføring av FLO-teknologi vil gi en rask og markert reduksjon i smittepress fra lakselus, en reduksjon som vil komme alle anlegg i området til gode og redusere den negative effekten av lusesmitte fra oppdrett til vill laksefisk. Ved å unngå lakselus forebygger man den viktigste årsaken til skader, sykdom og dårlig velferd i dagens lakseoppdrett. At FLO-anlegg ikke er avhengige av rensefisk er også en svært positiv bieffekt. For virus- og bakteriesykdommer er det antatt at FLO-teknologi kan bidra til redusert smittespredning for enkelte agens, men det er ikke gjort gode nok studier av dette ennå. Det er vist at FLO-teknologi som sikrer strømsetting, jevnere temperatur og oksygen i merdene kan gi bedre fiskevelferd, lavere dødelighet og raskere vekst.

FLO-teknologi åpner for å utnytte andre typer lokaliteter på en tryggere måte enn det som er mulig med dagens åpne anlegg fordi:

1. Anleggene er basert på pumping av dypvann som gir fullgod beskyttelse mot lakselus
2. Med bruk av oksygen og god strømsetting inne i anleggene får fisken et stabilt og godt merdmiljø, uavhengig av vannhastighet og oksygenforhold i sjøen utenfor
3. Redusert fare for rømming av fisk, spesielt grunnet bortfall av risiko knyttet til større avlusingsoperasjoner.
4. Teknologi for oppsamling av slam gjør det mulig å redusere negativ påvirkning på bentisk miljø under anleggene

8. Produksjonsbiologi

I dette kapittelet gjennomgås produksjonsresultater og erfaringer fra to prinsipielt ulike FLO-konsept, Lerøy Seafoods racewaysystem (Preline) og posesystemene hos Akvafuture AS, senere i teksten benevnt hhv. raceway og lukket pose. Bakgrunnen for sammenlikningen er at disse konseptene er testet over en lengre periode og har tilgang på lengre tidsserier med biologiske data fra produksjonen. Erfaringene fra systemene har imidlertid vist seg å speile tilsvarende erfaringer fra andre lukkede systemer som Ecomerden, Neptun og FishGlobe.

Raceway, lokalitet Samnangerfjorden:

På denne lokaliteten ble det i perioden 2015 til 2017 gjennomført seks storskala forsøk med postsmolt av laks. Tre grupper ble satt ut som vårfisk (mars), og tre som høstfisk (oktober/november). I hvert utsett ble det satt ut ca 200 000 fisk, med størrelse ca 100-150 gram, fordelt på to like grupper; en i raceway og en referansegruppe i åpent konvensjonelt anlegg. Vannet i racewayanlegget hentes fra ca. 30 meter dyp vha. strømsettere som skyver vannet gjennom anlegget og gjør at fisken svømmer kontinuerlig (treningseffekt).

Referansefisken ble satt ut i et konvensjonelt åpent oppdrettsanlegg, og fikk mindre påtvunget mosjon. Etter ca. 4 måneder, ved sluttvekt 350-800 gram, ble fisken i Raceway overført til konvensjonell oppdrettsmerd. De ulike utsettene har stort sett vært gjennomført uten større tekniske justeringer av racewayanlegget med konsekvenser for den kvalitative sammenligningen og bedømmelsen av resultatene.

Lukket pose, lokalitet Brønnøysund:

På til sammen 5 lokaliteter er det gjennomført forsøk i tre ulike typer merdanlegg: En første pilot i enkeltmerder med volum 1500 – 3000 m³ og parallellgrupper i åpne merder (Nilsen m.fl., 2017a, Nilsen m.fl., 2017b) i 2012 – 2015, med parallellgrupper i åpne merder og et mer kommersielt postsmolt-anlegg med fire lukkede merder à 3000 m³ i perioden 2014 – 2017 (Nilsen m.fl., 2020). Dagens tre eksisterende lokaliteter innehar et volum på til sammen 30 merder à 6000 m³. Hver av de semi-lukkede merdene har vanninntak på 20-25 meters dyp som innrettes for å gi en sirkulær og optimal vannbevegelse i merdene med kontinuerlig mosjon for fisken. Det har vært en skrittvis utvikling av teknologi og driftsrutiner underveis. Gjennomført teknisk utvikling har vært knyttet til: Vannutskifting, oksygenering, etablering av vannstrøm med riktig svømmehastighet og god partikkelfjerning.

8.1 Lus:

Resultat fra lukket pose viser at bruk av dypvann fra 20 – 25 meter gir god beskyttelse mot inntak av lakselus (Nilsen m.fl., 2017a, Nilsen m.fl., 2020). I forsøk med introduksjon av moderat punktsmitte, dvs. ved å flytte fisk med lus fra åpne merder til poser, forsvant smitten gradvis uten noen tegn til ny reproduksjon av lus inne i merdene (Nilsen m.fl., 2017a). Den viktigste forklaringen er trolig at egg som slippes fri inne i posen vil bli skylt ut av merden før de rekker å utvikle seg til infektive luselarver. Det er i andre forsøk også vist at begroing og organisk materiale på notvegger ikke representerer et reservoar for oppsamling av lusesmitte (Jevne m.fl., 2020).

Også fisken i raceway var for alle praktiske formål lusefri. I den grad lus forekom, var registreringene lave (inntil 0,03 modne hunnlus pr fisk) og godt under tiltaksgrensen (0,2 hunnlus pr fisk). Referansefisken fikk som forventet «normalt» påslag av lus med påfølgende behov for lusebehandling fra utsett og frem til slakt. Tilsvarende positive resultat er også vist under test av de lukkede anleggene EcoMerd og Neptun (Handeland, 2017). Ett interessant funn fra forsøkene i raceway er at fisken også etter overføring til åpent anlegg fortsatte å ha klart lavere lusenivå enn referansefisken, noe som også førte til færre lusebehandlinger.

Mulige årsaker til lavere lusetall kan være at det tar tid å generere modne hunnlus på nyutsatt fisk, og/eller det kan ha sammenheng med bedre motstandsdyktighet mot lus hos FLO-fisken fra raceway som utviklet ett tykkere hud- og slimlag den første perioden i sjø. (Karlsen et al 2018).

Det ble ikke benyttet rensefisk verken i raceway eller poser.

8.2 Biosikkerhet, mikrobielt miljø og fiskehelse:

Dagens FLO-anlegg er i hovedsak basert på inntak av urensset sjøvann. En årsak er det store behovet for friskt vann i denne type anlegg. Eksempelvis vil et anlegg med 100 tonn stående biomasse og et behov for 0.5 L/kg fisk/min pumpe inntil 50 m³ sjøvann pr minutt. Effektiv rensing av slike vannmengder er teknisk utfordrende og gjør at nye smittestoff fra sjøen kan introduseres i anlegget. Videre er det viktig å sikre gode back-up system mot pumpestans og fallende oksygenivå. Sertifisert dimensjonering og sikring mot brekkasje er viktig for å forebygge materialtretthet. Anlegget er i konstant bevegelse som følge av bølgebevegelser hvilket er en utfordring for stive konstruksjoner i vann.

Det mikrobielle miljøet i merder og på lokaliteter blir påvirket av både det marine miljøet og fisken i merdene. Ved screening av fisk fra lukket anlegg i sjø er det påvist både virus, gjelleagens og sår bakterier. En studie av fisk i raceway viste at referansefisken fra åpne merder hadde et betydelig større repertoar av patogener. Etter screeningen ble FLO fisken overført til et konvensjonelt åpent oppdrettsanlegg. Denne studien fant også at overføring til sjøanlegg resulterte i ett påslaget av patogener hos FLO fisken tilsvarende referansefisken i åpne merder.

I FLO-anlegg er det observert utvikling av multifaktorielle sykdommer som finneråte og sår (Nilsen m.fl., 2017; Nilsen m.fl., 2020; Nilsen, thesis 2019) og kompleks gjellebetennelse (Treines, presentasjon 2020). Andre vanlige sykdommer som hjerte og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og infeksøs pankreas nekrose (IPN) er også påvist. Smitteveiene inn i FLO-anleggene er foreløpig ikke godt nok kartlagt, og heller ikke potensialet for sykdomsutbrudd sammenlignet med konvensjonelt oppdrett.

Bruk av dypvann reduserer risikoen for inntak av skadelige alger fordi disse er avhengige av sollyset i de øvre vannlag. Maneter er derimot en potensiell risikofaktor i FLO. Maneter er uavhengige av lys, og beveger seg i de vannlagene de finner mat, også ned til større dyp.

Neslecellene i manetenes fangtråder kan gi gjelleskader på fisken, og har ved større ansamlinger skapt problemer i FLO-anlegg. Her kan det være en mulighet med kortvarige justeringer av inntaksdypet.

8.3 Vannstrøm, svømmeaktivitet og tilvekst

Fisk i FLO-anlegg får mer kontinuerlig svømmetrening enn fisk i konvensjonelle anlegg. Pattedyr er født med et endelig antall muskelceller, og vekst av muskelvev kan bare skje ved størrelsesvekst (hypertrofi). For fisk kan det i store deler av levetida også skje muskelvekst i form av nydannelse av muskelceller (hyperplasi). Muskelprøver fra raceway- og referansegruppe (trent og utrent gruppe) viste at den trente fisken fikk en høyere andel små muskelfibre enn referansefisken. Tilsvarende resultater er framlagt i forsøk gjennomført av Gerrithaus m.fl. (2020). Dette tolkes både som et sunnhetstegn og som et grunnlag for bedre vekst senere. Hyperplasi av muskelvev som respons på økt svømmeaktivitet anses som en av årsakene til den økte sluttvekten hos FLO fisk, opptil 800 g høyere sammenliknet med utrent fisk i åpen not (Øvrebø, 2020). I forsøk med FLO-teknologi i småskala er det også vist raskere vekst med økt vannhastighet (Nilsen m.fl., 2019). Molekylære analyser av hjertemuskel viste genuttrykk som indikerte styrket hjertemuskulatur hos trent fisk (Balseiro m.fl., 2018), og redusert nivå av cathepsin-enzymmer i muskelvev indikerer bedre fiskevelferd (Nilsen m.fl., 2019).

Sentrale miljøparametere som styrer tilvekst hos laksefisk, er temperatur, oksygenliv og lyssetting. Sammenliknet med konvensjonelle åpne anlegg, vil dypvannet i FLO-anlegg generelt gi høyere temperatur og raskere vekst om vinteren, og lavere temperatur med tilsvarende langsommere vekst om sommeren, med skjæringspunkter i midten av mai og midten av september. Gevinsten om vinteren vil generelt være større enn tilveksttapet om sommeren. Eksempelvis kan optimalisering av inntaksvannet på vinterstid redusere produksjonstiden med 4-6 uker.

Feltforsøk i stor skala med FLO-teknologi viser gjennomsnittlig lavere økonomisk førfaktor sammenliknet med fisk i åpen not. En mulig forklaring er enklere kontroll og oversikt over utføring og eliminert mulighet for lekkasje av förpartikler gjennom notvegg. På sikt er målet ytterligere kontroll og lavere förspill enn det som forekommer i åpne anlegg, men dette forutsetter videreutvikling av utstyr og metoder for förtildeling i denne typen anlegg. I forsøk

med poser i perioden 2014 – 2019 var gjennomsnittlig VF3⁴ 3,03 (min – maks: 2,59 – 3,94), mens for siste postsmoltproduksjon i poser, som startet på to lokaliteter i 2020 (16 merder, 1 247 436 fisk med snittvekt 143 g), var det ved utgangen av februar 2021 en gjennomsnittlig VF3 på 3,93 (min – maks: 3,73 - 4,39). Økonomisk förfaktor var 1,17 (min – maks: 1,07 - 1,29).

De samlede data viser at det ved bruk av FLO-teknologi, er det mulig å oppnå god tilvekst og lav förfaktor sammenliknet med åpne merder. Foreløpige forsøk indikerer mulighet for mer presis förtildeling og lavere förfaktor på sikt.

8.4 Dødelighet:

Tallene for dødelighet av fisk ved forsøk med FLO-anlegg varierer, og vi mangler fortsatt tilstrekkelig datagrunnlag for å kunne gjøre gode sammenligninger av dødeligheten (både antall og årsaksfordeling) i FLO-anlegg og dødeligheten i tradisjonelle, åpne anlegg. Vi har mange tidsserier fra forsøk med postsmolt, men færre data fra forsøk med slaktefisk og det varierer i hvor stor grad vi har gode parallelle referansegrupper. De studiene som er publisert indikerer at dødelighet ved drift av FLO-anlegg vil være på nivå med eller lavere enn i konvensjonelt åpent oppdrett, også ved produksjon fram til slaktestørrelse (maksimal tetthet på 50 kg/m³) Ved produksjon av postsmolt i poser i perioden 2012 til 2017 (2 822 837 postsmolt i 39 merder, produksjonstid = 159 dager) var median dødelighet 2,9 % (Nilsen m.fl., 2017; Nilsen m.fl., 2020; Nilsen, presentasjon Tekset, 2021). I de fleste produksjonene fra 2012 til 2020 var det tendens til lavere dødelighet av høstsmolt enn av vårutsatt fisk der det oftere var forekomster av mangelfull smoltkvaliteten og sår. Episoder med høyere dødelighet var særlig knyttet til sår og gjelleproblemer (Treines, 2020). Før nye utsett i 2020 (to lokaliteter, 16 merder, 1,27 millioner fisk) ble det gjort en grundig smittesaning, og median dødelighet (min – max) ved utgangen av 2020 (140 dager produksjonstid) var nede på 1,3 % (0,5 – 5 %).

I raceway forsøkene var den samlede dødeligheten noe lavere hos referansefisken (1,8 %) sammenliknet med raceway (3,2%). For begge grupper var dødeligheten høyere hos høstutsett enn hos vårutsett. Etter overføring til åpen not og frem til slakt var den samlede dødeligheten ved slakting vesentlig lavere hos raceway-fisk (10,7%) enn hos referansefisken

⁴ Vekstfaktor3 (VF3) = $1000 \cdot (W_1^{1/3} - W_0^{1/3}) / (T \cdot t)$, der W1 = sluttvekt, W0 = startvekt, T = temperatur i C og t = antall dager

(16.8 %). En oversikt over vektutvikling, tilvekst, dødelighet, forutnyttelse og lusebelastning hos 6 generasjoner fisk fra raceway-forsøkene sammenliknet med tilsvarende grupper i åpen not er gitt i tabellen under.

Tabell 1: Fra Øvrebø, 2020

Phase 1	System		Significance	Season		Significance	Significance interaction
	Prelim	Reference	PL vs. Ref	Spring	Fall	Season	System x Season
Initial weight (g)	115.3	117.4	NS	124.6	108.1	0.05	NS
Final weight (g)	505.9	536.9	NS	582.2	460.5	NS	NS
Gain weight (g)	390.6	419.5	NS	457.6	352.4	NS	NS
SGR	1.32	1.33	NS	1.49	1.17	NS	NS
TGC	2.859	2.835	NS	2.95	2.74	NS	NS
Mortality	3.22	1.86	NS	1.3	3.78	NS	NS
FC	1.18	1.19	NS	1.17	1.2	NS	NS
Sea lice	0.019	0.39	0.05	0.093	0.32	NS	NS
Phase 2	System		Significance	Season		Significance	Significance interaction
	Prelim	Reference	PL vs. Ref	Spring	Fall	Season	System x Season
Initial weight (g)	508.7	543.2	NS	461	590.7	NS	NS
Final weight (g)	4,763	3,944	0.05	4,256	4,451	NS	NS
Gain weight (g)	4,254	3,401	0.05	3,795	3,860	NS	NS
SGR	0.764	0.684	NS	0.778	0.67	NS	NS
TGC	2.938	2.562	NS	2.671	2.829	NS	NS
Mortality	10.72	16.88	NS	11.52	16.08	NS	0.05
FC	1.17	1.25	NS	1.125	1.308	0.01	NS
Sea lice	1.24	1.54	NS	1.24	1.55	NS	NS

8.5 Konklusjoner:

1. Vanninntak fra 20-30 m gir god skjerming mot lus, og eliminerer behovet for både renseskifisk og lusebehandling i FLO. Oppholdet i FLO synes også å bremse lusepåslag etter overføring til åpen not.
2. Med god vannhastighet og stabile oksygenverdier får fisken riktig trening og et godt merdmiljø, noe som er vist å gi bedre tilvekst og velferd.
3. Med lukkede systemer skal det være mulig å ha bedre kontroll med føring og dermed redusere forbruket.
4. Den samlede dokumentasjonen med FLO-teknologi viser at med god kontroll på smoltkvalitet og god biosikkerhet ved oppstart av ny produksjon, vil dødeligheten kunne bli lavere enn i konvensjonelt åpent oppdrett, også ved produksjon fram til slaktestørrelse (maksimal tetthet på 50 kg/m³)
5. Med FLO-teknologi er det mulig å etablere bedre systemer for oppsamling og gjenbruk av partikulært organisk materiale enn det er ved bruk av tradisjonelle åpne merder eller ved offshore-anlegg

9. Alternative produksjonsstrategier med FLO

Fremtidige produksjonsmodeller for FLO vil kunne innbefatte ulike strategier. Mange studier har dokumentert at teknologien er godt egnet til produksjon av postsmolt av forskjellig størrelse. Det er også vist at fisken kan produseres fram til slaktestørrelse i FLO-anlegg med god velferd, tilvekst og slaktekvalitet. I dette arbeidet har vi utredet følgende to FLO-strategier basert på empiriske data fra forsøkene i raceway:

- **Strategi 1:** Det beregnes hvorvidt og i hvor stor grad svømmetreningen i FLO-anlegg påvirker den senere veksten i åpent konvensjonelt oppdrettsanlegg. Det sammenlignes med referansekisk/referansegruppe som ikke har vært innom FLO-anlegg.
- **Strategi 2:** Det beregnes hvor stor postsmolten fra RAS-anlegget (landbasert resirkuleringsanlegg for settefisk) som forsyner FLO-anlegget må være, og hvor stor postsmolten fra FLO-anlegg som forsyner et konvensjonelt åpent oppdrettsanlegg må være, for å kunne gjennomføre 2 produksjonssykluser pr. år i det konvensjonelle åpne oppdrettsanlegget, og hva dette gir i økt produksjonsvolum pr. år for oppdretteren.

9.1 Strategi 1:

I denne modellen er biomassen i raceway versus åpen not basert på estimater fra empiriske produksjonsdata fra forsøkene med postsmolt i raceway (fase 1) og påvekst i åpen not (fase 2). Startvekten og antall individer (200.000 fisk) er lik for begge utsett, raceway og referansegruppe. Den estimerte biomassen er kalkulert basert på antall individer, registrert dødelighet og estimert sluttvekt gitt i tabell 2 (Øvrebø 2021).

Beregninger basert på erfaringstallene fra vårutsettene viser at den estimerte biomassen ved avsluttet vekstfase i sjø favoriserer raceway-strategien (796 764 kg) mot referansen i åpen merd (693 787 kg). Dette på tross av en noe høyere registrert dødelighet i raceway anlegget. Totalt gir dette en biomassetilvekst fra raceway-anlegget som er nesten 100 000 kg (~12 %) høyere enn referanse til tross for noe lavere temperatur i racewayfasen.

Denne trenden ser vi også for høstutsettene. Fisken fra raceway-anlegget oppnår en estimert biomasse på 905 704 kg, mens referansegruppen oppnår en estimert biomasse på 603 532 kg. Forskjellen er nesten 300 000 kg biomasse tilvekst (~40 %) i favør raceway-fisken, og skyldes både høyere temperatur i raceway på vinterstid, og det høyere vekstpotensialet som oppnås for fisken i raceway.

Konklusjon: Svømmetreningen i raceway synes dermed å resultere i en fisk med større vekstpotensial enn det som oppnås for fisk i konvensjonelt åpent anlegg.

Tabell 2: Estimert produksjon (vår og høst) i fase 2 – racewayfisk og referanse. Data fra Øvrebo (2021).

Fase	Sesong	Antall fisk	Dødelighet %	Estimert Sluttvekt, kg	Estimert Biomasse, kg
Raceway	Vår	200 000	14.4	4.65	796 764
Referanse	Vår	200 000	8.64	3.79	693 787
Raceway	Høst	200 000	7.05	4.87	905 704
Referanse	Høst	200 000	25.12	4.03	603 532

9.2 Strategi 2:

I det følgende er det gjort produksjonsmessige beregninger av en 3-trinns produksjonsplan med settefisk fra landbasert RAS-anlegg (resirkulering), til FLO-anlegg (postsmolt) og avslutningsvis til konvensjonelt matfiskanlegg, og som skal kunne gi 2 årlige produksjonssykluser med slaktevekt ca. 5 kg i det konvensjonelle åpne oppdrettsanlegget. Beregningene er basert på standard tilveksttabeller for laks og en gjennomsnittlig temperaturprofil fra Hardanger.

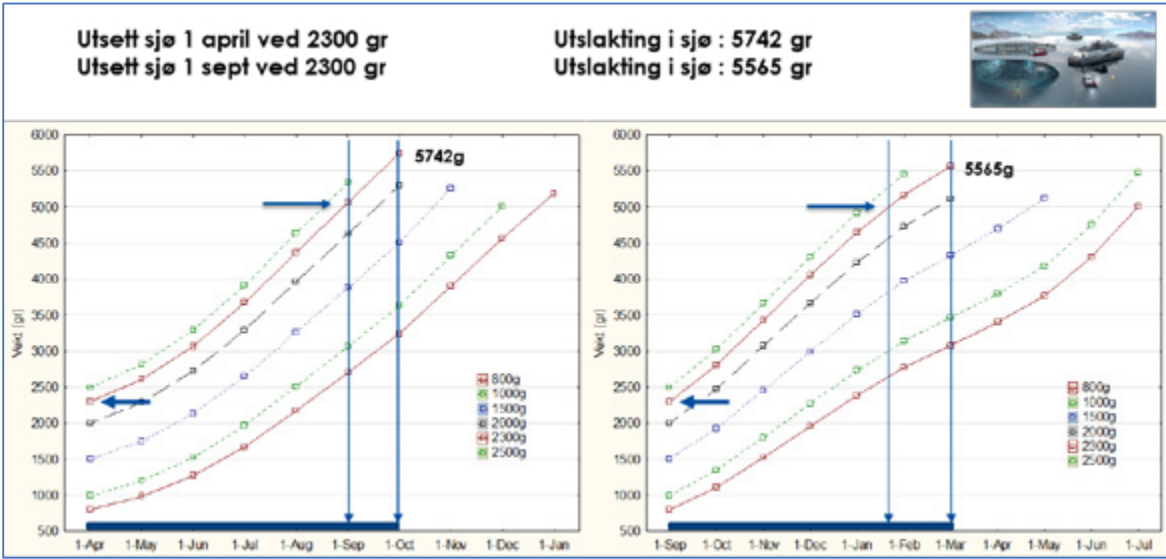
Spørsmål 1: Hvor stor må fisken fra FLO-anlegg være for å bli ca. 5 kg etter 5-6 måneder i åpen not i sjø?

Beregningene vist i figur 7 på neste side viser at postsmolt på 2300 gram vil kunne gi en slaktefisk på over 5 kg i løpet av 5-6 måneder i åpen not både for høst- og vårutsett.

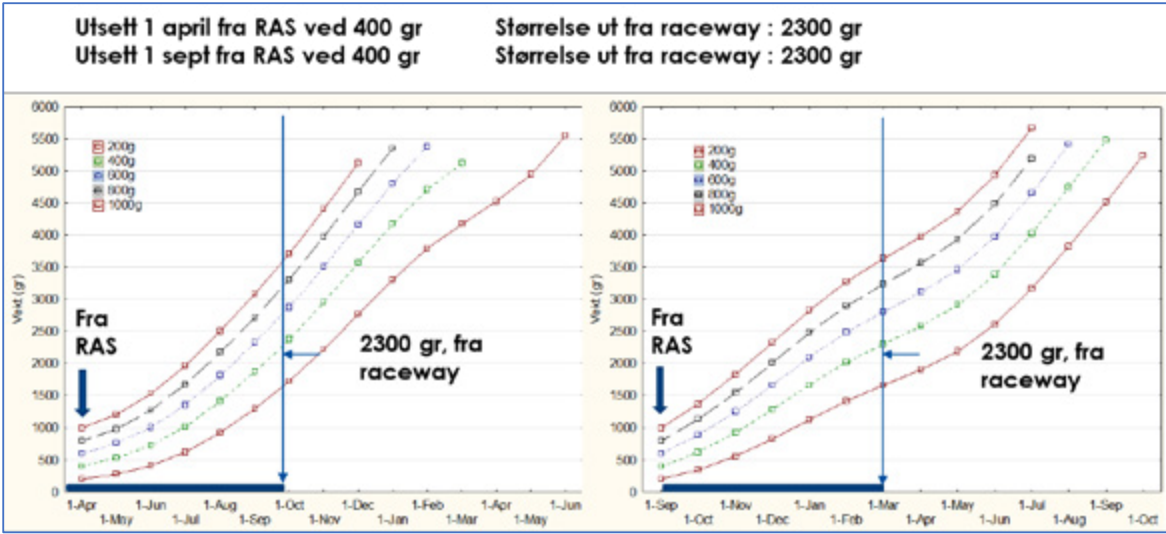
Spørsmål 2: Hvor stor må settefisken som overføres fra RAS-anlegg til FLO være for å bli 2300 gram etter 5.5 måneder i FLO-anlegg?

Beregningene vist i figur 8 på neste side viser at RAS postsmolt på 400 gram satt ut i FLO-anlegg 1. april og 1. september vil nå en vekt på 2,3 kg etter ca. 6 måneder, hhv. 1. oktober og 1. mars.

Modellen legger opp til rask overflytting av fisk til sjø og igangsetting av ny gruppe fra RAS (2 uker).



Figur 7: Vekstkurver for forskjellige størrelser postsmolt etter utsett vår og høst i konvensjonelt åpent oppdrettsanlegg.



Figur 8: Vekstkurver for forskjellige størrelser settefisk fra RAS-anlegg etter utsett vår og høst i FLO-anlegg.

Hovedkonklusjon: Produksjonstiden i sjø i konvensjonelt oppdrettsanlegg kan halveres og antall produserte fisk doubles ved leveranse av postsmolt på 2300 gram fra FLO-anlegg til det konvensjonelle anlegget. Dette vil gi en signifikant effekt på selskapet sin inntjening.

En implementering av Strategi 2 vil dermed forventes å bidra til:

- 1. Redusert lusebelastning gjennom å redusere antall lusegenerasjoner på oppdrettsfisken.
- 2. Økt produksjon av laks og derav økt utnyttelse av lokaliteten.

3. En produksjonstid i åpne merder på 5-7 måneder, kombinert med tilstrekkelig områdebrakklegging forventes å redusere utfordringene med virussykdommer.

Dagens restriksjoner på flytting av fisk i sjø gjelder også flytting fra FLO-anlegg til konvensjonelle åpne merder. Dette legger betydelige begrensninger på full implementering av FLO-teknologi i oppdrettsselskapenes produksjonsstrategier og vil uansett kreve gjennomarbeidete planer. For eksempel vil en mulighet for FLO-produksjon av postsmolt i indre fjordområder på lokaliteter som ikke egner seg for åpen produksjon, og med overføring av ferdig postsmolt til åpne anlegg i ytre fjordsystem, både gi den ønskete lusebeskyttelsen og en mer effektiv utnyttelse av oppdrettsarealet i området. Dette vil være vanskelig med dagens soneinndelinger.

10. Referanser

- Aas, T.S., Ytrestøl, T., Åsgård, T. (2019). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. Aquaculture reports, 15, doi: 10.1016/j.aquarep.2019.100216
- Akvafuture AS (2020). Sluttrapport Prosjekt semilukkede merder. Åpent tilgjengelig på «Kunnskap fra utviklingsprosjektene» (fiskeridir.no).
- Balseiro, P., Moe, O., Gamlem, I., Shimizu, M., Sveier, H., Nilsen, T. O., Kaneko, N., Ebbesson, L., Pedrosa, C., Tronci, V., Nylund, A., & Handeland, S. O. (2018). Comparison between Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolts reared in open sea cages and in the Preline raceway semi-closed containment aquaculture system. Journal of Fish Biology, 93(3), 567-579. doi: 10.1111/jfb.13659
- Barrett, L.T., Oppedal, F., Robinson, N., Dempster, T. (2020) Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. Reviews in Aquaculture, 12, pp. 2527-2543. doi: 1111/raq.12456.
- Bergheim, A., Fivelstad, S. (2014). Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in aquaculture: metabolic rate and water flow requirements. In: Woo, P.T.K., Noakes, D.J. (Eds.), Salmon Biology, Ecological Impacts and Economic Importance. Nova Science Publishers Inc., pp. 155-172 (ISBN 978-1-63117-570-1)
- Braaten, B., Lange, G., Bergheim, A. (2010). Vurdering av nye tekniske løsninger for å redusere utslippene frå fiskeoppdrett til sjø. IRIS-rapport 2010/134, KLIF – Klima og forurensningsdirektoratet prosjekt nr 794.1868
- Broch, O.J., Klebert, P., Michaelsen, F.A., Alver, M.O. (2020). Multiscale modelling of cage effects on the transport of effluents from open aquaculture systems. PLoS ONE 15(3): e0228502. doi: 10.1371/journal.pone.0228502.
- Calabrese, S. (2017). Environmental and biological requirements of postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in closed-containment aquaculture systems. (Doctoral dissertation), University of Bergen, Bergen, Norway.
- Endresen, S.E. (2017). Egget ® - bidrag til arealeffektivitet og økt produksjon i Hordaland. Rapport nr.: SJØAREAL-EGGET-311017-2-SVERE.Rev. 2, DNV GL Business Assurance Norway AS.
- Fivelstad, S., Thomassen, J. M., Smith, M. J., Kjartansson, H., & Sando, A. B. (1990). Metabolite Production-Rates from Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L) and Arctic Char (*Salvelinus Alpinus* L) Reared in Single Pass Land-Based Brackish Water and Sea-Water Systems. Aquacultural Engineering, 9(1), 1-21. doi: Doi 10.1016/0144-8609(90)90008-N
- Fivelstad, S., Olsen, A. B., Asgard, T., Baeverfjord, G., Rasmussen, T., Vindheim, T., & Stefansson, S. (2003). Long-term sublethal effects of carbon dioxide on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.): ion regulation, haematology, element composition, nephrocalcinosis and growth parameters. Aquaculture, 215(1-4), 301-319. doi: Pii S0044-8486(02)00048-0.
- Forsberg, O. I. (1995). Farming of postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in land-based flow-through tanks: studies of fish growth, metabolic rates, water quality and optimal production strategies. (Dr.philos), University of Bergen.
- Guarracino, M, Qville, L., Lillehaug, A. (2018). Evaluation of aquaculture management zones as a control measure for salmon lice in Norway. Dis. Aquat. Org. Vol. 130: 1-9, doi: 10.3354/dao03254.
- Handeland, Sigurd O. 2017. Overview of CtrlAQUA research in postsmolt welfare, performance, and water quality in commercial scale, floating, semi-closed containment systems: CtrlAQUA Preline, Neptune and Eco-Cage. Aquaculture Innovation Workshop; 2017-11-29 - 2017-11-30.
- Handeland, S. O., Berge, A., Bjornsson, B. T., & Stefansson, S. O. (1998). Effects of temperature and salinity on osmoregulation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in seawater. Aquaculture, 168(1-4), 289-302. Doi 10.1016/S0044-8486(98)00356-1
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Johnsen, I.A. (2020a). Lokalitetsstruktur i PO4. Rapport fra Havforskningen nr. 2020-48.
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G.L., Qviller, L., Dean, K.R., Jensen, B.B., Johnsen, I.A. (2020b). Endret lokalitetsstruktur i PO3. Rapport fra Havforskningen nr. 2020-12.

- Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A., & Oppedal, F. (2017). The effect of thermal acclimation on aerobic scope and critical swimming speed in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Experimental Biology*, 220(Pt 15), 2757-2764. doi: 10.1242/jeb.154021
- Hvas, M., Nilsen, T. O., & Oppedal, F. (2018). Oxygen Uptake and Osmotic Balance of Atlantic Salmon in Relation to Exercise and Salinity Acclimation. *Frontiers in Marine Science*, 5. doi: 10.3389/fmars.2018.00368
- Jevne, L.S., Øvreliid, M.S., Hagemann, A., Bloecher, N., Steinhovden, K.B., Båtnes, A.S., Olsen, Y., Reitan, K.I. (2020). Biofouling on Salmon Pen Nets and Cleaner Fish Shelters Does Not Harbor Planktonic Stages of Sea Lice. *Front. Mar. Sci.* 01 September 2020. doi: 10.3389/fmars.2020.00727
- Karlsen, C., Ytteborg, E., Timmerhaus, G., Høst, V., Handeland, S. O., Jørgensen, S. M. and A. Krasnov. 2018. Atlantic salmon skin barrier functions gradually enhance after seawater transfer (Scientific Report, 8-9510, 10.1038/s41598-018-27818-y).
- Mattilsynet (2019). Retningslinje Etableringsøknader – saksbehandling I tilsynet: Retningslinje til behandling av søknader etter forskrift 17. Juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m.. Mattilsynet internt saksnr: 2014/30636.
- Nilsen, A., Nielsen, K.V., Biering, E., Bergheim, A. (2017a). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture* 466 (2017) 41-50. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.009
- Nilsen, A., Nielsen, K.V., Bergheim, A. (2017b). The impact of production intensity on water quality in oxygen enriched, floating enclosures for postsmolt salmon culture. *Aquacultural engineering* 78, 221-227. doi: 10.1016/j.aquaeng.2017.06.001
- Nilsen, A., Hagen, Ø., Johnsen, C.A., Prytz, H., Zhou, B., Nielsen, K.V., Bjørnevik, M. (2019). The importance of exercise: Increased water velocity improves growth of Atlantic salmon in closed cages. *Aquacultural Engineering* 78, 221-227. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.09.057.
- Nilsen, A., Nielsen, K.V., Bergheim, A., 2020. A closer look at closed cages: Growth and mortality rates during production of postsmolt Atlantic salmon in marine closed confinement systems. *Aquacultural Engineering* 91. doi: 10.1016/j.aquaeng.2020.102124
- Nærings- og fiskeridepartementet (2008a). Forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften). FOR-2008-06-17-822. Sist endret FOR-2020-12-18-3041 (fra 01.01.2021)
- Nærings- og fiskeridepartementet (2008b). Forskrift om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m.. FOR-2008-06-17-823. Sist endret FOR-2018-04-19-674
- Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., Skjermo, J. (2012). Verdiskaping basert på produktive hav i 2050. Rapport fra en arbeidsgruppe oppnevnt av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA)
- Oppedal, F., Dempster, T., & Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311(1-4), 1-18. doi: DOI 10.1016/j.aquaculture.2010.11.020
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2018). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review *Reviews in Aquaculture*, 1-20. doi: 10.1111/raq.12299
- Philis, G., Ziegler, F., Gansel, L.C., Jansen, M.D., Gracey, E.O., Stene, A. (2019). Comparing Life Cycle Assessment (LCA) of Salmonid Aquaculture Production Systems: Status and Perspectives (Review). *Sustainability* 11, 2517. Doi: 10.3390/su11092517.
- Remen, M. (2012). The oxygen requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the on-growing phase in sea-cages. (PhD thesis), University of Bergen.
- Remen, M., Solstorm, F., Bui, S., Klebert, P., Vågseth, T., Solstorm, D., Hvas, M., & Oppedal, F., (2016). Critical swimming speed in groups of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aq. Env. Interact.*, 8, 659-664.
- Solstorm, F., Solstorm, D., Oppedal, F., Ferno, A., Fraser, T. W. K., & Olsen, R. E. (2015). Fast water currents reduce production performance of postsmolt Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions*, 7(2), 125-134. doi: 10.3354/aei00143
- Solstorm, F., Solstorm, D., Oppedal, F., Olsen, R. E., Stien, L. H., & Ferno, A. (2016). Not too slow, not too fast: water currents affect group structure, aggression and welfare in postsmolt Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 339-347. doi: 10.3354/aei00178
- Stien, L. H., Gismervik, K., Tørud, B., Overton, K. T. Q., & Kristiansen, T. (2018a). Dødelighet og fiskevelferd i laks- og regnbueørretproduksjon i sjø. In E. S. Grefsrud, K. A. Glover, B. E. Grøsvik, V. Husa, Ø. Karlsen, T. Kristiansen, B. Kvamme, S. Mortensen, O. B. Samuelson, L. H. Stien & T. Svåsand (Eds.), *Risk assessment Norwegian aquaculture: Institute of Marine Research*, (in Norwegian).
- Strand, D.A., Sørum, H., Nielsen, K.V., Næss, A., Johnsen, T.O., Singdahlsen, J.O., Fjelldalselv, B., Brønmo, J., Robertsen, I., Nilsen, A. (2020). Fiskehelse og mikrobielt miljø i lukkede merder. Presentasjon på HAVBRUK 2020 (web), 10.06.2020.
- Sveen, L. R., Timmerhaus, G., Torgersen, J. S., Ytteborg, E., Jørgensen, S. M., Handeland, S., Stefansson, S.O., Nilsen, T.O., Calabrese, S., Ebbesson, L., Terjesen, B.F., & Takle, H. (2016). Impact of fish density and specific water flow on skin properties in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) postsmolts. *Aquaculture*, 464, 629-637. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.08.012
- Sveen, L. R., Timmerhaus, G., Krasnov, A., Takle, H., Handeland, S., & Ytteborg, E. (2019). Wound healing in postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Scientific Reports*, 9. doi: Artn 356510.1038/S41598-019-39080-X
- Thorarensen, H., & Farrell, A. P. (2011). The biological requirements for postsmolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture*, 312(1-4), 1-14. doi: DOI 10.1016/j.aquaculture.2010.11.043
- Timmerhaus, G., Lazado, C.C., Cabillon, N.A.R., Reiten, B.K.M., Johansen, L.H. (2021). The optimum velocity for Atlantic salmon postsmolts in RAS is a compromise between muscle growth and fish welfare. *Aquaculture* 532, doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.736076
- Treines, E. (2020). Gjelleutfordringer i lukkede anlegg – et praktisk eksempel. Innlegg ved Akvaveterinærenes høstkonferanse (web), 12.10.2020.
- Urbina, M.A., Cumillaf, J.P., Pasche, K., Gebauer, P. (2018). Effects of pharmaceuticals used to treat salmon lice on non-target species: Evidence from a systematic review. *Science of the Total Environment* 649, pp 1124 – 1136. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.334
- Veterinærinstituttet (2021). Innspill til ny havbruksstrategi, Brun, E., og Biering, E., internt notat.
- Øvrebø, T.K. (2020). Growth performance and welfare of postsmolt (*Salmo salar* L.) reared in semi closed containment systems (FLO) – a comparative study. Master thesis, Department of Biology, University of Bergen, Norway.
- Øvrebø, T.K. (2021). Vekst og velferd i semi-lukkede systemer. *Norsk fiskeoppdrett* 1- 2021, s 48 – 54.

Vedlegg 2



NOTAT

Til:	Stiim Aquaculture (v/ Blue Planet)
Fra:	Wikborg Rein Advokatfirma AS v/ Grunde Bruland og Martin H. Bryde
Dato:	18. mars 2021
Ansvarlig advokat:	Grunde Bruland

LUKKEDE ANLEGG I SJØ: JURIDISK VURDERING - STATUS OG MULIGHETER

1 INNLEDNING

Næringsklyngen Stiim Aquaculture (Stiim) har påtatt seg et oppdrag fra en gruppe næringsaktører med teknologi for lukket/semilukket¹ oppdrett av laks i sjø (FLO Sjø).

I forbindelse med annonsering av at regjeringen skulle starte arbeidet med en Havbruksstrategi, varslet fiskeri- og sjømatministeren at det skal vurderes en mulig ordning for stimulering av oppdrett i lukkede merder i sjø. Det er ventet at Havbruksstrategien legges frem før sommeren 2021, og at innspill bør gis til NFD vinteren 2021. Megatrendene innen internasjonal akvakultur er store prosjekter med landbasert oppdrett og store offshore havbruksinstallasjoner, og det faktum at Norge kan miste sine naturgitte fortrinn for laks og ørretproduksjon og ha et svakere kostnadsbilde enn andre oppdrettsnasjoner, danner bakgrunnen for det politiske ønsket om en ny Havbruksstrategi.

Regjeringens arbeid henger også sammen med at det i lang tid har vært trukket frem to miljømessige forhold som utgjør hovedutfordringene med norsk lakseoppdrett; lakselus og rømming. I tillegg ønsker myndighetene en effektiv utnyttelse av sjøareal til akvakulturformål. Anvendelse av Lukket Produksjon kan bidra i et slikt perspektiv.

Stiim har opprettet en arbeidsgruppe som skal utarbeide en bred redegjørelse for potensialet for slik produksjonsform og anbefalinger som kan sendes til myndighetene som ledd i arbeidet med ny havbruksstrategi.

Wikborg Rein Advokatfirma AS har vært med i arbeidsgruppen og vi er bedt om å utrede de *juridiske* sidene av dette problemkomplekset. I dette notatet skal vi derfor oppsummere dagens regelverk, hvilke utfordringer dagens regelverk gir for Lukket Produksjon, og gi eksempler på, og anbefalinger til, hvilke endringer i regelverket som kan foretas dersom man ønsker å gi insentiver for en økt satsning på Lukket Produksjon i Norge.

¹ Heretter i fellesskap betegnet "Lukket Produksjon".

2 STATUS GJELDENE RETT

2.1 Utgangspunktet

Akvakulturloven² er hjemmelsgrunnlaget for all havbruksaktivitet i Norge. Hovedregelen er at ingen kan drive akvakultur (oppdrett av fisk) uten at det foreligger en tildelt og registrert akvakulturtillatelse, jfr. lovens § 4, 2. ledd³.

Det grunnleggende utgangspunktet etter gjeldende rett er at Lukket Produksjon reguleres likt med åpne anlegg i sjø. Akvakulturloven § 7 har en særlig bestemmelse om akvakulturtillatelser til produksjon av *laks og ørret i sjø* og laksetildelingsforskriften⁴ er den sentrale forskrift hvor tildeling av nye tillatelser og lokaliteter reguleres⁵. I denne forskriften⁶ skilles det mellom:

- Tillatelser til oppdrett av matfisk i på lokaliteter i sjøvann (kapittel 3)
- Tillatelser til oppdrett av matfisk i ferskvann (kapittel 4)
- Tillatelser (i både sjø og ferskvann) til særlige formål (kapittel 5)
- Og tillatelser til oppdrett av fisk (settefisk, matfisk og stamfisk) på land (kapittel 6)

Det er altså ikke noen egen form for kommersielle tillatelser for Lukkede Produksjon i sjø. Konsekvensen av dette er at produksjonskapasiteten på tillatelsesnivå knyttet til slike anlegg inngår i det alminnelige konsesjonssystemet, på linje med vanlige kommersielle tillatelser (åpne anlegg). Formelt sett er det laksetildelingsforskriften kapittel 3 som regulerer tildeling av alle nye konsesjoner i sjø. Den sentrale bestemmelsen er § 14 som lyder slik:

"§ 14. Tildeling og fordeling av tillatelser

Departementet bestemmer når tillatelsen til akvakultur av matfisk på lokaliteter i sjøvann skal tildeles og den geografiske fordelingen av disse.

Departementet kan fastsette nærmere vilkår og kriterier for tildeling av tillatelser til akvakultur av matfisk på lokaliteter i sjøvann"

Det er to viktige innledende poenger som må fremheves.

Det første er at denne tillatelseskapasiteten (for ordinære kommersielle tillatelser) er antallsbegrenset og kun tildeles i tildelingsrunder når Nærings- og fiskeridepartementet bestemmer det⁷, jfr. akvakulturloven §§ 4-7 og laksetildelingsforskriften § 14. Dette er i motsetning til det som gjelder for særtillatelser⁸ og landbasert produksjon som enhver kan søke på *fortløpende*, uavhengig av hvor mange andre tillatelser av den aktuelle type det finnes fra før. Antallsbegrensningen danner selvsagt

² Lov av 17. juni 2005 nr. 79

³ Vi går ikke inn på hvordan konsesjonssystemet er regulert, men nevner kort at en tillatelse gir adgang til å ha et maksimalt tillatt biomassenivå (MTB) stående i sjø til enhver tid.

⁴ Forskrift av 22 desember 2004, nr. 1798

⁵ I det følgende legger vi til grunn at det er produksjon av laks, ørret og regnbueørret det er snakk om, dersom vi ikke presiserer det motsatte.

⁶ Det er også et eget kapittel om lokalitetstillatelser i kapittel 7

⁷ Det er riktignok hjemmel i loven til å tildele tillatelser direkte til enkeltaktører, men det er ikke tradisjon for det.

⁸ FoU-tillatelser, visningstillatelser, undervisningstillatelser og utviklingstillatelser

grunnlaget for det faktum at akvakulturtillatelser i dag representerer et stort økonomisk gode, som oppdretterne er villig til å betale et vesentlig vederlag for å få tilgang til.⁹

Det andre som må fremheves er at akvakulturloven og laksetildelingsforskriften § 14 ikke utelukker at man kan ha ulike tildelingsordninger for ulike typer akvakulturtillatelser (eks; åpne konvensjonelle anlegg på en side og Lukket Produksjon på den annen side). Så vel akvakulturloven § 7 som laksetildelingsforskriften § 14 omfatter jo alle typer konsesjoner i sjø og tillatelser til *særlige formål* har jo eksempelvis en annen tildelingsordning enn kommersielle konsesjoner Det er derfor regulatorisk adgang til å nyansere mellom ulike produksjonsformer, og for eksempel innføre særlige ordninger for Lukket Produksjon.

2.2 Produksjonsområdeforskriften i trafikklyssordningen

I dag er det produksjonsområdeforskriften¹⁰ (trafikklyset) som setter rammene for tildelingsrundene for kommersielle akvakulturtillatelser, herunder for Lukket Produksjon. Det fremgår av produksjonsområdeforskriften § 13 at det skal tildeles 6% vekst på konsesjonsnivå i "grønne" områder:

"Dersom produksjonskapasiteten i et produksjonsområde justeres opp etter denne forskriften, endres denne med 6 prosent totalt, inkludert økt kapasitet på eksisterende tillatelser og nye tillatelser. Ved prosentvis økning på eksisterende tillatelser, avrundes det til nærmeste tonn,"

I praksis er det derfor gjennom deltakelse i slike tildelingsrunder at aktører kan skaffe seg konsesjonskapasitet til Lukket Produksjon. Den eneste andre måten å skaffe konsesjonskapasitet på er kjøp av kommersielle akvakulturtillatelser i markedet.¹¹

Nye konsesjoner tildeles i dag i trafikklyssystemet annen hvert år. Med unntak av unntaksvekst etter § 12 er det kun i "grønne" produksjonsområder man kan få ervervet nye tillatelser. Det betales vederlag for økt tillatelseskapasitet, og de siste tildelingsrundene har kapasiteten vært tildelt a) delvis til fastpris til etablerte aktører og b) delvis gjennom auksjon hvor alle kan delta.

Måten dette gjøres på er at det i forbindelse med hver tildelingsrunde fastsettes en (eller flere) særlig(e) tildelingsforskrift(er) som gir utfyllende, detaljerte regler som gjelder for den aktuelle tildelingsrunden. Som eksempel kan vi vise til tildelingsrunden i 2020 hvor dette ble regulert i forskrift av 15. mai 2020 nr. 1012. I forskriftens § 3 fremgår det at departementet på forhånd avgjør hvor stor veksten skal være:

§ 3 Fordeling av produksjonskapasitet i denne tildelingsrunden

Departementet vil i forkant av auksjonen bestemme at det innenfor produksjonsområdene 1,2, 6, 7, 8, 9, 11, 12 og 13¹² kan tildeles inntil et gitt antall tonn produksjonskapasitet"

⁹ I tildelingsrunden for 2020 var den gjennomsnittlige betaling i auksjonen som ble avholdt MNOK 219.759 per tonn, som tilsvarer MNOK 171 for en ordinær akvakulturtillatelse a 780 tonn.

¹⁰ Forskrift av 16. januar 2017 nr. 61.

¹¹ Kjøp av tillatelser er tillatt i henhold til akvakulturloven § 19.

¹² De "grønne" produksjonsområdene dette året.

Og i § 5 fremgår det hvordan den avsatte nye tillatelseskapasiteten skal fordeles:

§ 5 Tildelingsform

"Innenfor hvert produksjonsområde auksjoneres det ut et bestemt antall tonn produksjonskapasitet til akvakultur med laks, ørret og regnbueørret, jfr. § 3. Produksjonskapasitet vunnet gjennom auksjonen tildeles til aktuelle budgivere gjennom tilsagn til aktuelle budgivere gjennom tilsagn fra Fiskeridirektoratet i etterkant av auksjonen"

Det eksisterer også en ordning med vekst uavhengig av miljøtilstand som reguleres direkte av produksjonsområdeforskriften § 12. Det gis unntak fra nedtrekk og tilbud om å kjøpe kapasitet uavhengig av fargen på trafikklyset i det aktuelle produksjonsområdet dersom gitte krav oppfylles. Kravene er knyttet til en lav grad av påvirkning på lakselusesituasjonen i produksjonsområdet. Lokalteter med anlegg basert på lukket teknologi er anlegg som typisk vil kunne ha god mulighet til å kvalifisere til oppfyllelse av kravene, dersom man først har fått tillatelse og lokalitet. Det betales imidlertid den samme fastprisen for denne veksten som man tilbyr til aktører i de "grønne" produksjonsområdene¹³.

2.3 Lokalitetsklarering osv.

Akvakulturloven opererer med et to-sporet system for tillatelser til akvakulturdrift. I tillegg til å ha en generell tillatelse til å produsere fisk (se kapittel 3.1 – 3.2 ovenfor), må man ha tillatelse til å drive oppdrett på et bestemt sted (lokalitet), også kalt lokalitetsklarering. De godkjente lokaliteter har en egen MTB-grense, og en akvakulturtillatelse kan benyttes på flere lokaliteter.

Det er laksetildelingsforskriften kapittel 7 som regulerer tillatelser på lokalitetsnivå. Etter dette regelverket forutsettes det innhentet en rekke tillatelser fra sektormyndigheter, før fylkeskommunen gir den endelige lokalitetsklareringen. De mest relevante sektormyndigheter er Mattilsynet (fiskehelse og fiskevelferd), Statsforvalteren (utslippstillatelse etter forurensningsloven), og Kystverket (havne og farvannsloven), og i tillegg skal det innhentes en kommunal uttalelse.

Det er et par andre viktige regelverk som skal "passeres" før man kan igangsette drift på en lokalitet i medhold av en akvakulturtillatelse:

- Anlegget må ha anleggssertifikat etter en sertifiseringsprosess fastsatt etter NYTEK-forskriften¹⁴ og NS-94:2009.
- Det må foreligge en godkjent driftsplan (som beskriver utsettstidspunkt, antall fisk, produksjonstid, flytting av fisk, brakklegging, osv.) etter akvakulturdriftsforskriften § 40.

Også aktører med akvakulturtillatelser som skal benyttes til Lukket Produksjon må gjennom en slik prosess med lokalitetsklarering, godkjent anleggssertifikat og driftsplan.

¹³ Fastprisen var i 2020 MNOK 156.000 per tonn MTB, som utgjør MNOK 121,6 for en standard 780 tonns tillatelse.

¹⁴ Forskrift av 16. august 2011 nr. 849

2.4 EU's regelverk om taksonomi

EU-kommisjonen la i mars 2018 fram en omfattende handlingsplan med tiltak som skal underbygge et finansielt system som støtter bærekraftig vekst. Handlingsplanen skal blant annet bidra til innfrielse av forpliktelsene i Parisavtalen om reduserte klimautslipp. Som et resultat av dette ble EUs forordning 2020/852 om kriterier for å avgjøre i hvilken grad en økonomisk aktivitet kan anses bærekraftig (taksonomien) vedtatt 18. juni 2020. Formålet med forordningen er å etablere en felles forståelse av hvilke aktiviteter og investeringer som kan regnes som bærekraftige.

For å avgjøre hvorvidt en investering kan defineres som bærekraftig, stiller forordningen krav til at den økonomiske aktiviteten må bidra vesentlig til minst ett av seks definerte miljømål, aktiviteten må ikke være til vesentlig skade for noen av de andre miljømålene, den må oppfylle visse tekniske screening-kriterier, og aktiviteten må overholde minimumsvilkår til sosiale rettigheter. Det er så langt utarbeidet spesifikke kriterier for 67 økonomiske aktiviteter innen 7 sektorer som adresserer de to første miljømålene (begrensning av klimaendringer og klimatilpasning). Havbruksnæringen er foreløpig ikke blant disse, men det forventes at næringen inkluderes etter hvert.

Forordningen vil få betydning for havbruksnæringen enten fordi den omfattes av forordningen direkte, eller/og fordi forordningen vil endre etablert praksis gjennom krav til å dokumentere bærekraft overfor investorer. Hvilke kriterier som stilles for havbruksnæringen vil med andre ord få stor betydning for tilgang til kapital og hvilke krav som stilles til næringen.

Det er grunn til å tro at Lukket Produksjon vil kunne være en av måtene norsk havbruksnæring vil kunne oppfylle kriteriene.¹⁵

3 REGULATORISK STATUS FOR LUKKET PRODUKSJON OG DE UTFORDRINGER DETTE MEDFØRER

3.1 Tillatelsessystemet

Den største regulatoriske utfordringen for Lukket Produksjon er at man konkurrerer om antallsbegrensede konsesjoner med vanlig kommersiell oppdrettsvirksomhet. Tillatelsene har en svært høy markedspris som følge av at det over tid har vært lønnsomt å produsere laks og ørret med konvensjonelt utstyr.

En rekke aktører som ønsker å drive med Lukket Produksjon har ikke akvakulturtillatelser fra før. Slike aktører kan ikke kjøpe tillatelseskapasitet til fast pris i trafikklyssystemet, og er overlatt til å delta i auksjon i full konkurranse med andre aktører.

Lukket Produksjon har noen åpenbare biologiske og miljømessige fordeler, men har på den annen side noen økonomiske "draw backs" sammenlignet med tradisjonell oppdrettsvirksomhet. Gjennomgående vil det utstyr som skal benyttes ha en høyere investeringsgrad enn konvensjonelt utstyr. Dette forsterkes i vesentlig grad ved at store, etablerte aktører allerede har en infrastruktur (lokaliteter, utstyr osv.) som ny konsesjonskapasitet kan benyttes på. De svært høye prisene som man har sett i de seneste

¹⁵ Det har for eksempel vært uttalt at man ikke vil ha en økt energibruk ved Lukket Produksjon sammenlignet med konvensjonelt utstyr, hvilket sannsynligvis ikke er tilfellet ved landbasert produksjon.

auksjonene skyldes i stor grad nettopp slike synergieffekter. Det sier seg selv at man kan være villig til å betale et betydelig beløp for å få adgang til å ha mer fisk på eksisterende lokaliteter (uten betydelige investeringer) enn dersom man må etablere lokalitet og utstyr fra bunnen av for å kunne utnytte konsesjonene.

Lukket Produksjon har mye til felles med landbasert akvakultur, enten dette gjelder produksjon av post-smolt (som flyttes til åpne merder når fisken når en viss størrelse) eller matfisk. I begge tilfeller snakker vi om produksjon uten inntak av vann med luselarver, doble barrierer for å hindre rømming, og muligheter for oppsamling av sedimenterbart, partikulært organisk materiale. Det kan derfor oppleves som et konkurransevidende paradoks at landbaserte akvakulturtillatelser kan søkes og etableres fortløpende uten vederlag, mens tillatelser til Lukket Produksjon blir likestilt med vanlige kommersielle tillatelser.

Regulatorisk faller dermed Lukket Produksjon "mellom to stoler", og har ikke et regelverk som er tilpasset de åpenbare miljømessige fordeler som dette har.

3.2 Andre forhold

Det er en rekke andre forhold som kan gi utfordringer med tanke på å etablere anlegg med Lukket Produksjon.

Mattilsynet har blant annet utvist en stor skepsis mot å godkjenne driftsplaner som innebærer flytting av fisk. En rekke av teknologikonseptene med Lukket Produksjon vil gjelde postsmolt-produksjon og vil således forutsette at fisken skal flyttes til annet anlegg etter en viss påvekstfase i det lukkede anlegget. Mattilsynet har til en viss grad åpnet opp for at fisk som kommer fra lukkede anlegg kan flyttes noe lenger enn fra tradisjonelle "barnehagelokaliteter". Men i den gjeldende veileder for godkjenning av driftsplaner¹⁶ er det kun uttalt at man kan påregne godkjenning av driftsplanen dersom flyttingen skjer til ett enkelt område uten naturlig smittekontakt med avsenderanlegget.¹⁷ En slik praktisering av regelverket vil kunne begrense muligheten til å selge fisk til samarbeidspartnere og utgjøre en "show stopper" for en del prosjekter. Det bør derfor utredes om det kan åpnes for utvidet mulighet til å flytte fisk fra Lukket Produksjon siden det kan være forbundet med mindre risiko for smitteoverføring enn ellers.

I Mattilsynets etableringsforskrift¹⁸ fremgår det at det ved godkjenning av lokalitet skal legges særlig vekt på avstand til vassdrag, annen akvakulturrelatert virksomhet og til grupper av akvakulturanlegg. Mattilsynet har utarbeidet en egen retningslinje¹⁹ til denne Etableringsforskriften, hvor det oppstilles anbefalte minimumsavstander. Blant annet oppstilles i utgangspunktet like strenge krav til avstand (fra inntak og utslippspunkt) for nye eller utvidede landbaserte anlegg som ved etablering av nye sjøbaserte anlegg.²⁰ Dette til tross for at landbaserte anlegg i mye større grad kan redusere utslipp av vann/avfall og også rense inntaksvannet. En slik streng praksis vil kunne være en utfordring også for

¹⁶ Brev av 18. mars 2019 til Sjømat Norge, Norsk Industri og Sjømatbedriftene.

¹⁷ Veilederen punkt 2.4.1

¹⁸ Forskrift av 17. juni 2008 nr. 823 ("Etableringsforskriften").

¹⁹ "Etableringssøknader – saksbehandling i tilsynet", veileder av 15. januar 2019.

²⁰ Veilederens punkt 6.2 a). For landbaserte anlegg vurderes avstanden fra plasseringen av inntaks og/eller avløpsledningen.

etablering av anlegg med Lukket Produksjon, siden det allerede er et betydelig press på å sikre seg lokaliteter i norske fjorder.

Ved lokalitetsgodkjenning er det en forutsetning at lokaliteten ikke er i strid med gjeldende kommuneplan, og kommunen skal også avgi en uttalelse om man støtter søknaden. Kommunene får i dag betydelige inntekter ved å legge til rette for oppdrettsaktivitet, gjennom reglene om havbruksfondet.²¹ Det kan imidlertid være skepsis i lokalområdet mot etablering av enheter med Lukket Produksjon siden slike installasjoner kan gi større visuelle påvirkninger i landskapsbildet. Det vil åpenbart kunne medføre utfordringer for utvikling av denne viktige delen av akvakulturnæringen, dersom kommunene helst prioriterer konvensjonelle aktører som også gir en raskere vei inn i havbruksfondets midler.

Enkelte kommuner har også møtt motstand når man har forsøkt å definere områder i kystsoneplaner som å være reservert for akvakultur med Lukket Produksjon. Utfordringen ligger her i plan og bygningslovens muligheter for å sette teknologikrav i reguleringssammenheng. Det vil også være et egnet tiltak (for å gjøre det lettere å etablere Lukket Produksjon) dersom det fra departementalt hold gis signaler om at det skal være lettere å dispensere fra kystsoneplanen ved slike etableringer.

I dagens regelverk er det en grense for hvor mange fisk det kan være i hver produksjonsenhet (200.000)²² og hvilken tetthet man kan ha i merdene (25 kg/m3)²³. I de offshore prosjekter som er godkjent som utviklingsprosjekter er det normalt dispensert fra regelen om antall fisk, som er ment som et tiltak for å redusere rømmingsfare. I Lukket Produksjon vil det også kunne være behov for slike dispensasjoner, hvilket vil være naturlig siden rømmingsfaren med doble barrierer er vesentlig redusert.

Et siste punkt som kan nevnes er brakkleggingstid²⁴. I Lukket Produksjon vil man i varierende grad også kunne samle opp sedimentert organisk materiale og i tillegg ha mindre smittepress for sykdommer og lakselus. Formålet med brakklegging er å la lokaliteten hvile både med tanke på belastning av sedimentet og smittepress. Ettersom dette formålet ikke slår like sterkt inn mot Lukket Produksjon, kan det å åpne opp for kortere brakkleggingstid være et tiltak for å lette etablering av slik drift.

4 MULIGE ENDRINGER I DE REGULATORISKE RAMMEVILKÅR

4.1 Historikk

Spørsmålet om Lukket Produksjon bør ha andre rammebetingelser enn konvensjonelle anlegg har blitt drøftet ved flere anledninger tidligere. Blant annet var det et tema i Havbruksmeldingen i 2015. På dette tidspunkt ble rammebetingelsene for landbasert oppdrett endret slik at også kommersielle matfisktillatelser på land ble løpende og vederlagsfri. Før dette ble tematikken drøftet da 250 grams-regelen ved smoltanlegg ble opphevet og erstattet av en mulighet til å produsere post-smolt opp til

²¹ Siste instruks fra Nærings – og Fiskeridepartementet av 11. september 2020.

²² Akvakulturdriftsforskriften § 47a.

²³ Akvakulturdriftsforskriften § 25. Tetthetskravet har i praksis vært fraveket i Lukket Produksjon siden 2018.

²⁴²⁴ Akvakulturdriftsforskriften § 40, 3. ledd forutsetter 2 mnd. brakklegging. I tillegg kommer det at Mattilsynet gjennom driftsplans godkjenning "innfører" brakkleggingssoner som forutsetter synkronisert brakklegging mellom flere anlegg.

1kg. Ved begge disse anledninger ble gjort endringer av rammebetingelser for oppdrett på land, uten at det ble innført endringer for Lukket Produksjon i sjø.

Lukket Produksjon ble også fremhevet som en av flere typetilfeller som kunne kvalifisere for utviklingstillatelser.²⁵ Formålet med denne ordningen var imidlertid å gi konsesjonskapasitet for testing av nytt, innovativt, produksjonsutstyr, og utviklingstillatelsene kan senere konverteres til ordinære kommersielle tillatelser. Søknader knyttet opp mot teknologi for Lukket Produksjon har imidlertid fått tildelt et begrenset antall tillatelser sammenlignet med for eksempel offshore installasjoner, siden enhetene er mindre og det kun er behov for å teste få enheter for oppfylle formålet med ordningen.

I kapittel 4.2 berører vi behovet for å definere hva som er Lukket Produksjon. I kapitlene 4.3 til 4.6 vil vi så komme med noen forslag på hvordan regelverket kan endres for å imøte de behov som er beskrevet ovenfor.

4.2 Definisjonen av Lukket Produksjon

Forutsetningen for å kunne ha andre regulatoriske rammevilkår for Lukket Produksjon er at slik drift må skille seg fra åpne merder i sjø på en måte som begrunner en ulik regulering. Slik vi ser det ligger utfordringen nettopp i at det enda ikke er definert hva Lukket Produksjon er, og hvilke tekniske og/eller biologiske karakteristikker et slikt anlegg skal ha. Dersom dette ikke defineres godt nok, vil nye ordninger kunne "misbrukes" ved at produksjonstyper som ikke er ment å skulle tilgodeses ved regelendringen, likevel faller inn under de definisjoner som settes.

En slik definisjon vil kunne komme inn på flere nivåer i en søknadsbehandling:

- Ved fortløpende, vederlagsfrie søknader (se for eksempel i kapittel 4.3 og 4.4 nedenfor): som ledd i tildelingsmyndighetenes godkjennelse av søknaden.
- Ved egne auksjoner i trafikklyssystemet: som ledd i en prekvalifisering før auksjonen starter (kapittel 4.5).
- Ved å kvalifisere til særlige konsesjonsordninger (teknologiutviklingskonsesjoner, se kapittel 4.6).

I alle tilfeller må det legges opp til at søkerne må kunne *sannsynliggjøre* at den teknologi man ønsker å benytte vil kunne oppfylle de krav som settes. Det kan for eksempel legges opp til en bekreftelse fra et akkreditert sertifiserings- og inspeksjonsorgan som har vurdert de planer som ligger til grunn for søkeren. En mulig modell kan være krav langs følgende linjer:

- En teknologisk modenhetsgrad tilsvarende byggeklar produkt/enhet vurdert etter gjeldende standarder (NS9415 m.fl.);
- Produktsertifikat, alternativt «Design verification report (DVR)», som også tar opp i seg objektive effektkrav som gjelder for ordningen, som også må være;
- Verifisert av sertifiserende tredjepart organ (ikke eksternt konsulentselskap)

²⁵ Laksetildelingsforskriften §§ 23b og 23c.

Det er imidlertid en grense mellom det å kunne prekvalifisere og det å *godtgjøre* teknologien eller effektene av denne allerede på søknadstidspunktet. For eksempel må man naturligvis innhente NYTEK-godkjenning etter søknaden er innvilget (men før drift igangsettes). Myndighetene kan også gi seg selv muligheter for tilbaketrekking av tillatelseskapasitet dersom innehaveren av tillatelsene ikke oppfyller de krav som settes. Det vises også til akvakulturdriftsforskriften § 20 om forsiktig utprøving av nye metoder, installasjoner og utstyr.

Myndighetene har tradisjonelt vært skeptisk til å oppstille teknologikrav siden regelverket skal være teknologinøytralt. Problemet med effektkrav er imidlertid at dette gir en større mulighet for tilpasning og misbruk av ordninger som etableres. Et eksempel på teknologikrav som likevel er relativt teknologinøytralt er at søknad/prekvalifisering forutsetter at det:

ikke skal være kontakt mellom fisk og sjøvann, med mindre dette hentes under lokalitetens lusebelte

Dette kan evt. kombineres med ett eller flere effektkrav om for eksempel:

- Null spredning av lakselus. Reproduksjon av lakselus unngås.
- Null rømming. Tett barriere mellom oppdrettsvolum og omkringliggende miljø.
- Oppsamling av sedimenterbart organisk materiale.

4.3 Regelendringer for tilpassing til landbasert produksjon

En måte å tilpasse regelverket er å i større grad likestille Lukket Produksjon med landbasert akvakultur. Argumentet mot en slik likestilling har tradisjonelt vært at etablering på land skjer i medhold av privat eiendomsrett, mens etablering i sjø forutsetter bruk av fellesskapets arealer. Dette argumentet blir svekket ved innføring av produksjonsavgift.

Vi vil her eksemplifisere og foreslå hvordan dette kan gjøres (røde markeringer er våre tillegg). I laksetildelingsforskriften § 28d kan man gjøre følgende endring:

"§ 28d. Tildeling av tillatelse til akvakultur på land *eller i lukket produksjonsenhet i sjø*
Det kan gis tillatelse til produksjon av laks, ørret og regnbueørret på land, i lukket produksjonsenhet i sjø, eller i kombinasjon:
a) på en bestemt lokalitet, og
b) enten til
1. akvakultur av settefisk
2. akvakultur av matfisk, eller,
3. akvakultur av stamfisk
Tillatelse til landbasert akvakultur av matfisk avgrenses i maksimalt tillatt biomasse.
Ved utvidelse av tillatelsens avgrensning, må innehaver søke om ny klarering"

Laksetildelingsforskriften § 31 må også endres:

Klarering av lokalitet for settefisk skal ikke gis til sjøvannslokalitet eller merdbasert ferskvannslokalitet, med mindre det gjelder lukket produksjonsenhet i sjø

Forholdet til laksetildelingsforskriften § 31a må også vurderes. Den lyder:

Tillatelser gitt til landbasert akvakulturvirksomhet kan ikke overføres til eller benyttes i sjø, med mindre det er gitt tillatelse til akvakultur på land og lukket produksjonsenhet i sjø i kombinasjon.

En ny § 28 e) kan da inneholde definisjonen av Lukket Produksjon (se over).

Videre kan det vurderes om det vil være hensiktsmessig å forhindre at tillatelseskapasitet tildelt til Lukket Produksjon inngår i felles biomassetak med øvrige tillatelser i sjø. Bakgrunnen for dette vil i så fall være å forhindre utilsiktet negativ miljøpåvirkning ved at tillatelseskapasiteten til Lukket Produksjon i realiteten utnyttes på lokaliteter hvor det ikke foregår Lukket Produksjon. Dersom det skal etableres en slik skranke vil det være nødvendig med mindre justeringer av akvakulturdriftsforskriften §§ 47, 48, 48a og 48b. Det bør imidlertid ikke være noe i veien for å gi mulighet for felles biomassetak mellom tillatelser tildelt til Lukket Produksjon, og dette bør det etter vår vurdering være grunnlag for å tillate.

Effekten av en slik regulering vil være at:

- Søknader om tillatelse til Lukket Produksjon kan skje fortløpende, utenfor tildelingsrunder, og uten vederlag.
- En tillatelse til Lukket Produksjon vil være stedbundet til én eller flere definerte lokaliteter, og kan bare inngå i et felles biomassetak med andre tillatelser til Lukket Produksjon
- Settefisktillatelser vil gi rett til produksjon av et visst antall fisk eller et visst antall tonn per år
- Matfisktillatelser vil gi rett til å ha en viss mengde stående biomasse i sjø (MTB)
- Som ledd i søknadsprosessen innhentes tillatelser fra sektormyndigheter (herunder kommunal uttalelse)
- Innehaver av tillatelse må få anleggssertifikat og godkjent driftsplan før man kan sette ut fisk

4.4 Etablere en egen gruppe av særtillatelser²⁶

En annen måte å regulere Lukket Produksjon på er å gjøre dette til en del av laksetildelingsforskriftens kapittel om tillatelser til særlig formål. Dette virker noe mindre logisk enn den løsning som er presentert i punkt [4.3], siden slike tillatelser (som begrepet viser) skal ivareta andre formål enn kommersiell akvakulturproduksjon. Typisk gjelder dette forskning og utvikling, undervisning og visning. Det er imidlertid på det rene at det er svært mange tillatelser til særlige formål som også gir betydelig kommersiell gevinst. Videre kan det også argumenteres for at en særordning for tillatelser for Lukket Produksjon kan begrunnes i behovet for å stimulere til utvikling av slik teknologi og driftsformer – utover det som følger av øvrige ordninger. Hensikten vil da i så fall være å etablere en ordning for å dekke et hull mellom på den ene siden forskningstillatelser og den nå avsluttede ordningen med utviklingstillatelser og ordinær kommersielle tillaterser på den andre siden.

Laksetildelingsforskriften § 22 lister opp de ulike typene av matfiskproduksjon som kan få tillatelser til særlig formål. Eksempelvis fremgår det at "Akvakultur av matfisk til visningsformål skal bidra til å

²⁶ Merk av Nærings- og Fiskeridepartementet den 8. mars 2021 innførte en instruks om stans av tildeling av særtillatelser i påvente av den kommende Havbruksstrategien.

4.5 Egen ramme i kommende tildelingsrunde(r) innenfor trafikklyssystemet

Som nevnt ovenfor er Lukket Produksjon henvist til å søke om tillatelser i trafikklyssystemet i konkurranse med aktører som vil bruke tillatelser i konvensjonell produksjon. Et klart alternativ kan derfor være å avsette en ramme fra denne veksten til Lukket produksjon, hvor det da enten selges konsesjonskapasitet til en egen (lavere) fastpris, eller ved egne auksjoner for denne produksjonstypen.

Det er viktig å huske på at den delen av trafikklyssystemet som gjelder kjøp av tillatelser til fastpris, kun er et tilbud til de som allerede har tillatelser fra før av. Innenfor Lukket Produksjon er det mange aktører som vil være nyetablerte, og som dermed kun kan delta i auksjon.

Det kan tenkes ulike modeller for dette, enten hver for seg eller i kombinasjon:

- At det avsettes egen vekstmulighet for Lukket produksjon også i produksjonsområder som blir kategorisert med moderat (gul) eller uakseptabel (rød) miljøpåvirkning.
- At *en del av* den totale vekstrammen (6%) blir forbeholdt Lukket Produksjon i produksjonsområder med akseptabel (grønn) miljøpåvirkning.
- At det gis en vekstramme *ut over* den ordinære (6%) som blir forbeholdt Lukket Produksjon.

Hvis man velger alternativ 1 ovenfor må det gjøres en endring i produksjonsområdeforskriften § 11, 1. ledd:

"§ 11. Tilbud om kapasitetsøkning
Ved akseptabel miljøpåvirkning i et produksjonsområde kan departementet i forskrift lyse ut tilbud om nye tillatelser og økning av produksjonskapasiteten i etablerte tillatelser i produksjonsområdet. Departementet kan også lyse ut tilbud ved moderat eller uakseptabel miljøpåvirkning til tillatelser som skal benytte lukkede produksjonsenheter i sjø"

Hvis man velger alternativ 3 ovenfor må produksjonsområdeforskriften § 13 endres:

§ 13. Størrelsen på kapasitetsjusteringen
Dersom produksjonskapasiteten i et produksjonsområde justeres opp etter denne forskriften, endres denne med [8] prosent totalt, inkludert økt kapasitet på eksisterende tillatelser og nye tillatelser. [2] prosent av den totale kapasitetsøkningen forbeholdes tillatelser som skal bruke lukkede produksjonsenheter i sjø.

Ved bruk av alternativ 2 eller 3 ovenfor, må det også gjennomføres en endring av Tildelingsforskriftene. Som eksempel nevnes auksjonsforskriften 2020 §§ 3 og 5:

§ 3. Fordeling av produksjonskapasitet i denne tildelingsrunden
Departementet vil i forkant av auksjonen bestemme at det innenfor produksjonsområdene²⁸ kan tildeles et gitt antall tonn produksjonskapasitet, hvor

²⁸ De "grønne" produksjonsområdene.

deler av produksjonskapasiteten kan forbeholdes tillatelser som skal benytte lukkede produksjonsenheter i sjø.

§ 5. Tildelingsform

Innenfor hvert produksjonsområde auksjoneres det ut et bestemt antall tonn produksjonskapasitet til akvakultur med laks, ørret og regnbueørret, jf. § 3, gjennom hhv. åpen auksjon og auksjon forbeholdt tillatelser som skal bruke lukkede produksjonsmetoder i sjø. Produksjonskapasitet vunnet gjennom auksjonen tildeles til aktuelle budgivere gjennom tilsagn fra Fiskeridirektoratet i etterkant av auksjonen.

Så må det utarbeides en egen bestemmelse med definisjon av Lukket Produksjon (se over), og etableres en ny § 12 om prekvalifisering til budrunde:

§ 12. Tilleggskrav for å bli registrert som budgiver for tillatelser som skal bruke lukkede produksjonsmetoder

For å bli registrert som deltaker i auksjonen for tillatelser som skal bruke lukkede produksjonsmetoder, må teknologien som personen eller foretaket skal benytte være prekvalifisert.

For å bli prekvalifisert skal budgiver opplyse hvilken produksjonsteknologi som skal benyttes og det må sannsynliggjøres at utstyret vil sikre at kvalifikasjonsvilkårene oppfylles. Søker skal vedlegge bekreftelse fra akkreditert sertifiserings og inspeksjonsorgan om dette.

Følgende kvalifikasjonsvilkår gjelder:

- *Det skal ikke være kontakt mellom fisk og sjøvann, med mindre dette hentes under lokalitetens lusebelte.*
- *[evt. annet]*

Dokumentasjon for prekvalifisering sendes sammen med søknad om registrering som budgiver. Fiskeridirektoratet avgjør om søkeren oppfyller kvalifikasjonsvilkårene.

Dersom det etableres en slik tillatelsesordning, vil dette innebære følgende:

- Aktører med Lukket Produksjon kan søke om egne kommersielle tillatelser i trafikklyssystemet kun i konkurranse med annen Lukket Produksjon
- Det vil etableres en egen pris for slik vekst, enten gjennom fast-pris eller gjennom separate auksjoner (auksjonsteknisk er dette uproblematisk å legge opp til)
- Konesjonene vil være tidsavgrensede, men forbeholdt at man oppfyller de krav som er satt for ordningen

4.6 Spesialtillatelsesordning

En siste mulighet er at det etableres en særlig søknadsrunde med formål å teste ut Lukket Produksjon. En slik ordning kan utformes på ulike måter, og et eksempel på dette er laksetildelingsforskriften § 23b om utviklingstillatelser. Dette minner om den type tillatelser til "særlig formål" som vi har redegjort for ovenfor (4.4) men er da ikke en tillatelsestype som kan omsøkes fortløpende men i stedet gjennom en engangs utlysning fra myndighetenes side.

Skal det etableres en slik ordning, må det etableres en egen paragraf om dette i laksetildelingsforskriften (som § 23b). Det som har vært diskutert er en ordning for *teknologiutviklingstillatelser* til Lukket Produksjon (kanskje i tillegg til en tilsvarende ordning for offshore oppdrett). Formålet med en slik ordning vil da være å stimulere til utvikling av Lukket

Produksjon og driftsformer – utover det som følger av øvrige ordninger. Det vil mao. innebære å etablere en ordning for å dekke et hull mellom på den ene siden forskningstillatelser og den nå avsluttede ordningen med utviklingstillatelser og ordinær kommersielle tillaterser på den andre siden.

En åpenbar utfordring er at en generell tildelingsordning til nye konsepter, lett kan føre til et renn av søknader fra ulike typer teknologier. Det er derfor viktig at en ordning:

- Definerer inn Lukket Produksjon på en skikkelig måte (se over), slik at det ikke blir en generell ordning hvor man blant annet må konkurrere med offshore prosjekter.
- Inneholder et vederlag for tillatelsene som ikke ødelegger økonomien i prosjektene, men som samtidig er så høyt at det ikke gjør det fristende å søke med useriøse prosjekter.
- Ikke inneholder en konverteringsordning til ordinære kommersielle akvakulturtillatelser. I stedet kan det være en ordning hvor man gjennom et tidsbegrenset teknologiutviklingsprosjekt skal validere at teknologien kan brukes i kommersiell akvakulturvirkosomhet, og en adgang til å konvertere tillatelsene til varige kommersielle akvakulturtillatelser for bruk til Lukket Produksjon etter test-perioden.

Nye bestemmelser i laksetildelingsforskriften kan for eksempel se slik ut (vi har her tatt utgangspunkt i tillatelsene om utviklingstillatelser:

§ 1. Særskilte tildelingsvilkår for tillatelse til *teknologiutvikling*

Søker kan få tildelt tillatelse til akvakultur av matfisk til prosjekter som kan bidra til å utvikle teknologi for akvakulturproduksjon som skal bruke lukkede produksjonsenheter. Formålet er å legge til rette for at ny kunnskap, eksisterende kunnskap fra forskning eller praktisk erfaring kan brukes til å utvikle teknologi for slike lukkede produksjonsenheter som kan bidra til å løse miljøproblemer med lakselus og rømming, samt de arealutfordringene som akvakulturnæringen står overfor. Tillatelsene skal gis for konstruksjon av prototyper og testanlegg, industriell design, utstyrsinstallasjon og fullskala prøveproduksjon. Formålet er videre å avdekke om den omsøkte teknologien er egnet for kommersiell, fullskala akvakulturdrift.

Teknologiutviklingsarbeidet skal skille seg vesentlig fra tidligere kunnskap og teknologi på akvakulturområdet som er i alminnelig kommersiell bruk og kan ikke bare være en naturlig videreføring av det som er benyttet tidligere.

Søker skal dokumentere hvordan virksomheten vil ivareta den faglige kompetansen som er nødvendig for å oppfylle formålene i § 1 og § 22, herunder kompetansekrav gitt i forskrift 17. juni 2008 nr. 822 om drift av akvakultur § 6. Prosjektet må inneha relevant faglig kompetanse for å gjennomføre prosjektet.

Teknologiutviklingsprosjektet skal dokumenteres på en metodisk forsvarlig måte. Kunnskapen skal deles slik at den kommer hele næringen til gode.

Ved tildeling av tillatelse skal det fastsettes, etter dialog med søker, hvordan innehaver av tillatelsen skal rapportere til Fiskeridirektoratet om fremdriften i teknologiutviklingsprosjektet. Det skal fastsettes målkriterier for når prosjektet anses gjennomført.

Det skal fastsettes en varighet **og vederlag** for tillatelsen. Ved vurdering av varighet av tillatelsen, skal tidsperspektivet for **teknologiutviklingsaktiviteten** tillegges vekt.

Fiskeridirektoratet kan ut fra behovet som den enkelte søknad reiser innhente råd og vurderinger fra kompetente rådgivere med egnet spesialkompetanse.

§ [] Kvalifikasjonskrav for lukkede produksjonsenheter

Følgende kvalifikasjonsvilkår gjelder:

- Det skal ikke være kontakt mellom fisk og sjøvann, med mindre dette hentes under lokalitetens lusebelte.
- [evt. annet]

§ 23c. Konvertering av teknologiutviklingstillatelse

Fiskeridirektoratet kan etter søknad gi tillatelse til at en teknologiutviklingstillatelse kan konverteres **til en varig kommersiell tillatelse til akvakultur av matfisk i sjø for benyttelse av den lukkede produksjonsenheten som har vært gjenstand for teknologiutviklingsprosjektet**. Søknaden kan kun innvilges dersom målkriteriene som er fastsatt for prosjektet er oppfylt **og prosjektet viser at teknologien er egnet for bruk i kommersiell fullskala akvakulturvirksomhet**. Søknad om konvertering må være Fiskeridirektoratet i hende senest 6 måneder før utviklingstillatelsen går ut. Fiskeridirektoratet kan gi oppreisning for fristoverskridelse.

Ved tildeling av ordinær tillatelse til akvakultur av matfisk i sjø, skal det betales vederlag til statskassen på kroner **x** millioner. Vederlaget skal justeres i tråd med konsumprisindeksen fra denne forskrifts ikrafttredelse og frem til konverteringstidspunktet. Betaling må skje innen 90 dager (inkludert helligdager) etter endelig forvaltningsvedtak om tilsagn om kommersiell tillatelse. Dersom vederlaget ikke betales innen fristen, faller tilsagnet bort. Fiskeridirektoratet kan i særlige tilfeller gi oppreisning for fristoverskridelse.

Den ordinære tillatelsen til akvakultur av matfisk i sjø kan ikke tas i bruk før vederlaget er betalt"

Ved innføringen av en slik ordning vil aktører med ønske om Lukket Produksjon, kunne:

- Få en tidsbegrenset konsesjonskapasitet mot vederlag til å utvikle og teste den teknologi man baserer driften på. Ordningen vil ikke omfatte teknologi som allerede er i kommersielt bruk.
- Kunne konvertere disse tillatelsene til varige kommersielle tillatelser dersom målkriteriene er oppfylt og prosjektet viser at teknologien er egnet for bruk i kommersiell fullskala akvakulturvirksomhet. Det må betales et vederlag også for slik konvertering.

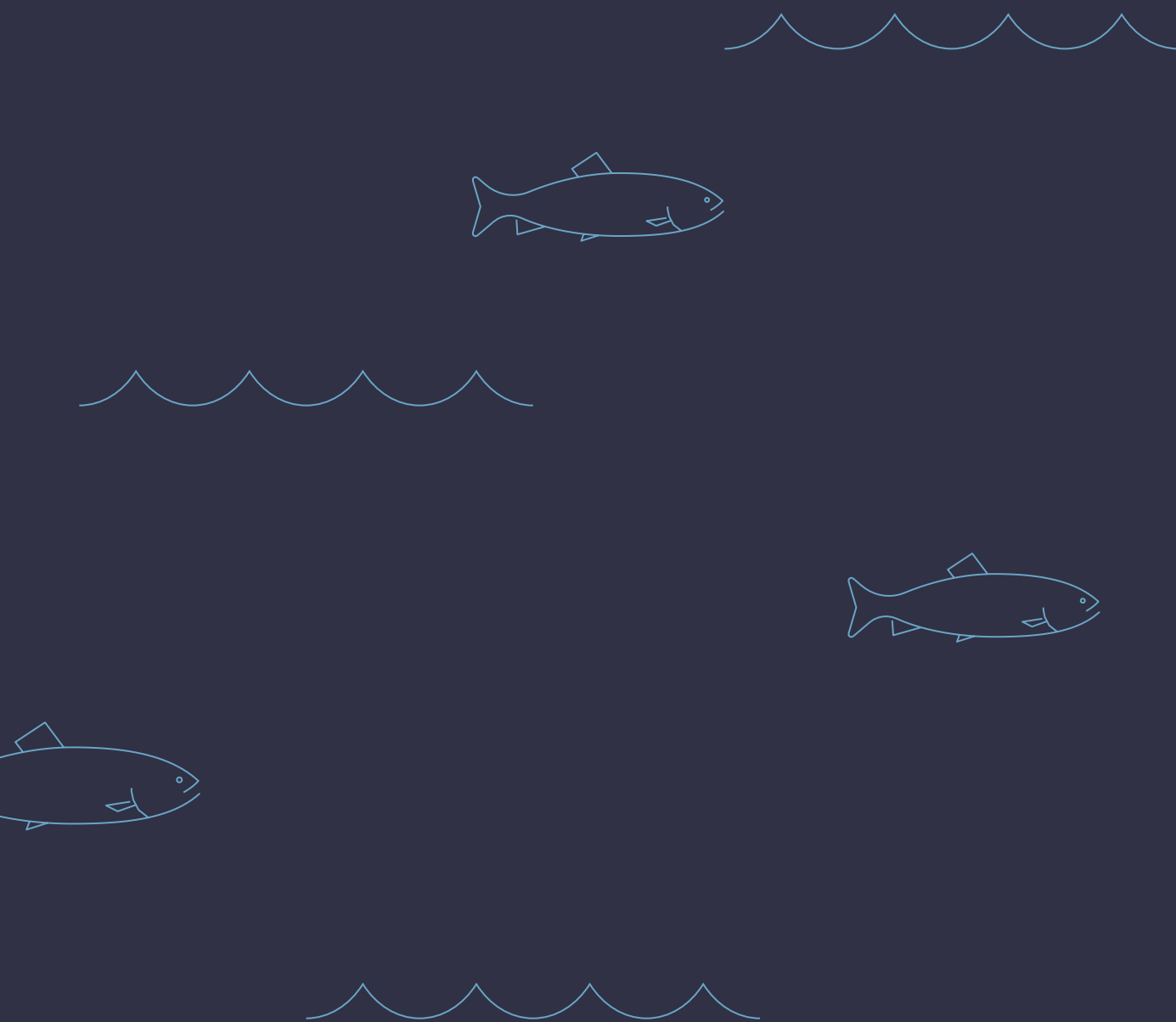
4.7 Oppsummering

Lukket Produksjon har vanskelig for å konkurrere med konvensjonelle tillatelser ved kjøp av ny konsesjonskapasitet.

Den enkleste måten å åpne opp for økt Lukket Produksjon vil være å likestille dette med landbaserte akvakulturtillatelser slik at det er mulig med fortløpende tildeling av vederlagsfrie tillatelser så fremt

vilkårene for Lukket Produksjon er sannsynliggjort. I notatet har vi også redegjort for andre alternative måter man kan tildele nye tillatelser forbeholdt Lukket Produksjon. Det vil i ytterste konsekvens være et politisk spørsmål hvilke av ordningene som anses mest formålstjenlig.

Vedlegg 3



Scenarier for flytende lukkede oppdrettsanlegg i sjø

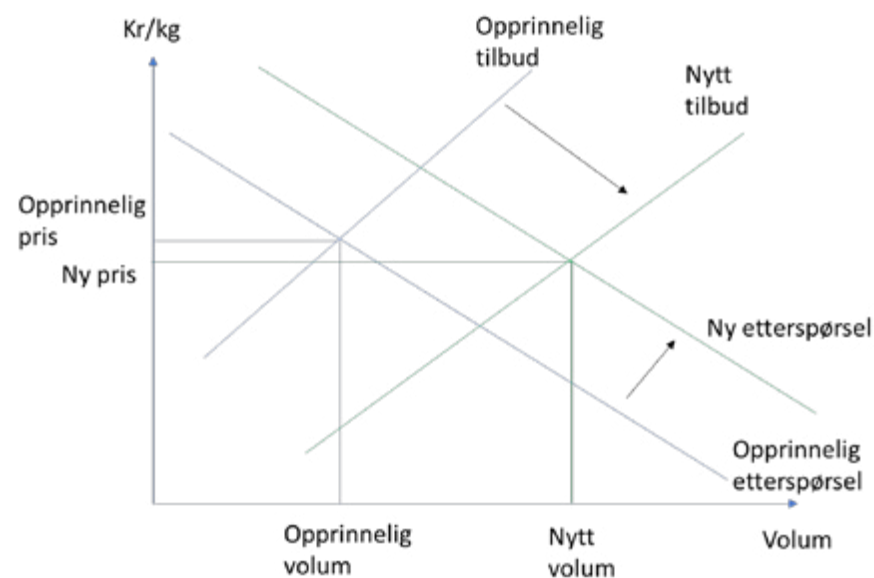
Ragnar Tveterås og Bård Misund

I dette notatet presenterer vi mulige scenarier for produksjonen av laksefisk til flytende lukkede oppdrettsanlegg fram mot 2050 og hva det kan bety i form av investeringer. Veksten i lukket produksjon i sjøen avhenger også av den generelle utviklingen i markedsutviklingen i det globale laksemarkedet. Derfor utvikler vi først scenarier for total etterspørsel og tilbud globalt. Tilbudssiden for laks splittes opp i produksjon på land, innaskjærs og utaskjærs (offshore). For lukkede anlegg i sjø skilles det mellom produksjon av matfisk og postsmolt. Spesielt utaskjærs matfisk produksjon vil være avhengig av postsmolt produksjon fra lukkede anlegg i sjø eller landbaserte anlegg.

1. Sentrale faktorer på tilbuds- og etterspørselssiden for atlantisk laks

Veksten i volum og pris for sjømat bestemmes av utvikling på både tilbuds- og etterspørselssiden, som illustrert i figur 1. Over tid har vi sett en enorm vekst i produksjonen av sjømat fra akvakultur globalt som har blitt drevet av både etterspørselsvekst og innovasjoner og investeringer på tilbudssiden (Tarlock m.fl., 2020). I en scenarieanalyse er det nødvendig å gjøre analyser og antagelser om både tilbud og etterspørsel. Posisjonen og helningen til tilbudskurven bestemmes av priser på innsatsfaktorer (f.eks. fôr, smolt, arbeidskraft) og i hvilken grad produsenter kan øke produksjonen uten at produktiviteten synker. Her vil både menneskeskapte, biologiske og regulatoriske kapasitetsbeskrankninger påvirke helningen. Posisjonen til etterspørselskurven bestemmes både av preferanser og inntekt. Normalt vil økt inntekt føre til et positivt skift i etterspørselen. I hvilken grad dette fører til at det omsettes økt volum vil avhenge av hvor elastisk (bratt) tilbudskurven er og i hvilken grad denne kan skifte utover i takt med økt etterspørsel.

For atlantisk laks var positive skift i både etterspørsels- og tilbudskurven medvirkende til en stor økning i produsert volum til lavere priser fram mot omtrent 2005. Etter dette har tilbudssiden i laksenæringen hatt større utfordringer med å øke kapasiteten volummessig og med tilstrekkelig lave kostnader. Dette har ført til at volumveksten har vært lavere, og prisen på atlantisk laks har økt. Årsakene til dette er både biologiske utfordringer knyttet til sykdom og lakselus, og at myndighetene i produsentlandene har vært relativt restriktive med å tillate økning i produksjonen (Osmundsen, Almklov og Tveterås, 2017).



Figur 1. Både skift i etterspørselskurven og tilbudskurven for sjømat påvirker volum og pris

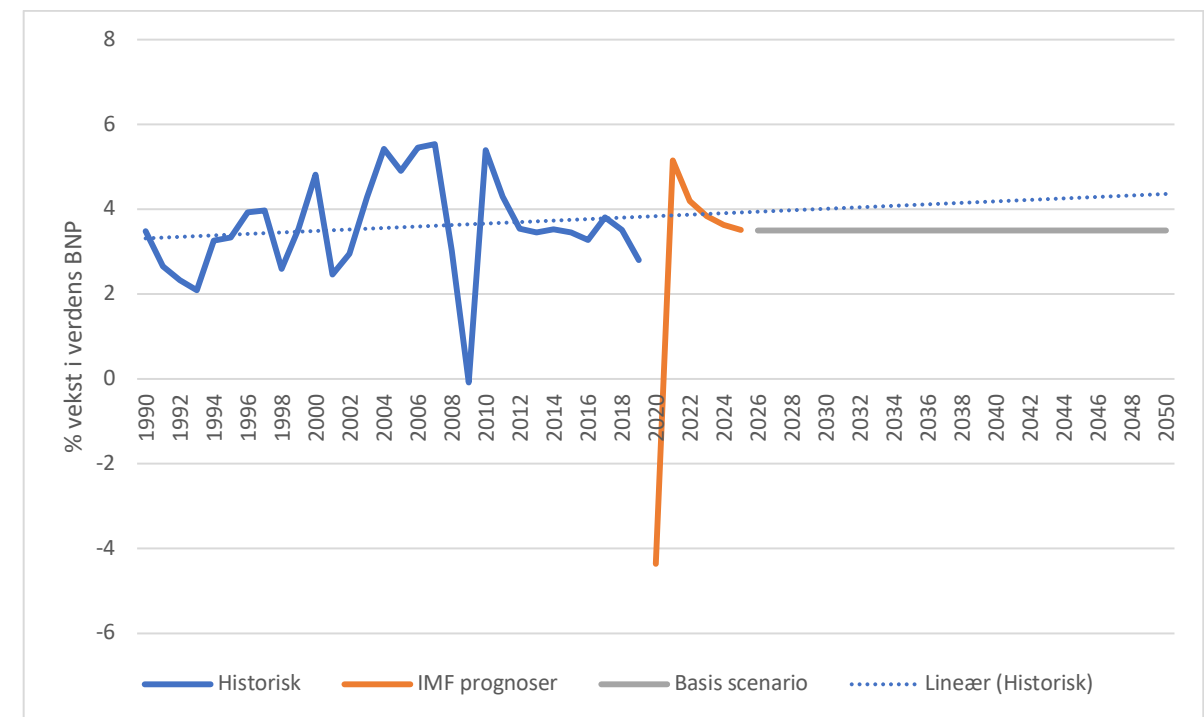
Vi vil peke på følgende faktorer som sentrale drivere for scenariene våre:

- På etterspørselssiden vil utviklingen i befolkning og inntekt være sentrale faktorer som påvirker etterspørselen etter sjømat generelt og laks spesielt.
- På tilbudssiden vil investeringer, innovasjoner og faktorpriser påvirke utvikling i produksjonskostnader og kapasitet, og her vil også myndighetenes politikk og reguleringsregimer være avgjørende.
- Vi skiller mellom utviklingen i tre produksjonsformer: (1) innaskjærs oppdrett i sjøen, (2) landbasert oppdrett og (3) utaskjærs (offshore) oppdrett. Markedsandelene til disse tre produksjonsformene vil avhenge av kostnadsutvikling og reguleringer.

2. Etterspørselssiden – vekst i inntekt og etterspørsel etter laks

En vekst i global etterspørsel etter laks er drevet fram av en voksende middelklasse, økt kunnskap om laks som sunn mat, og produktinnovasjoner som har gitt globale konsumenter et stadig større produktspekter av lakseprodukter.

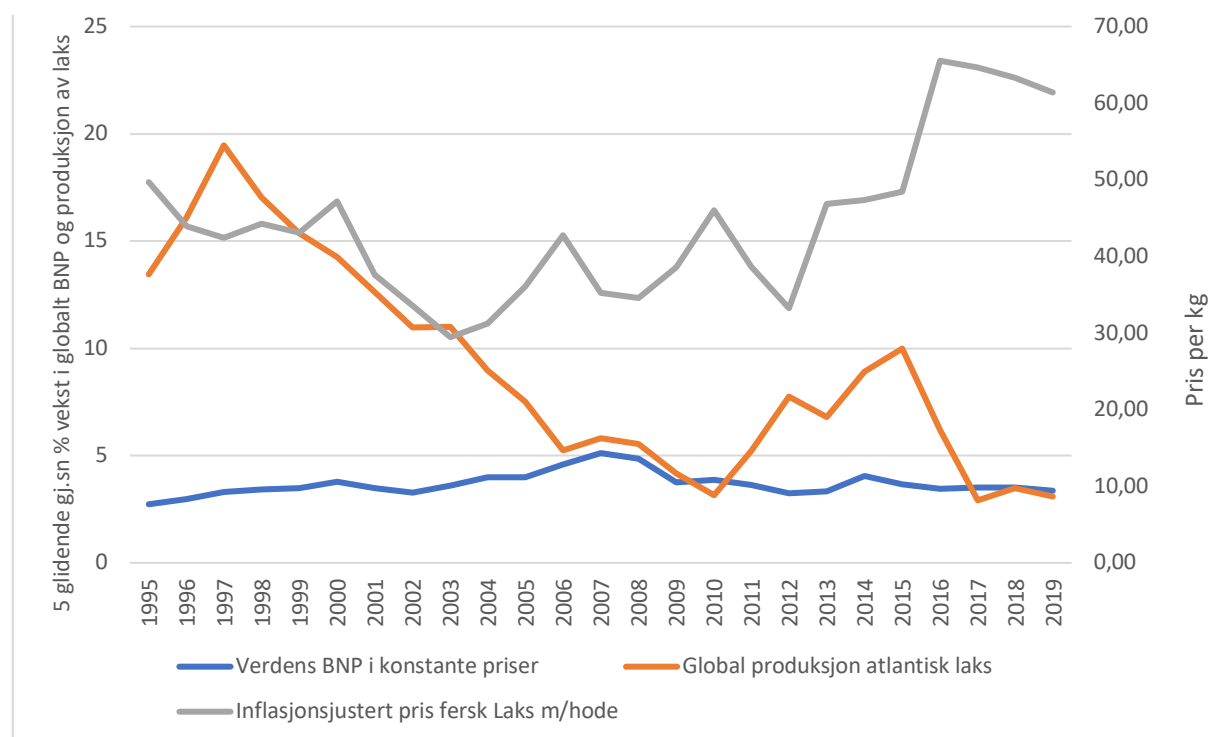
I våre scenarier er utviklingen i verdens inntekt, representert ved bruttonasjonalproduktet (BNP), en avgjørende driver for utviklingen i verdens etterspørsel etter laks. Veksten i verdens BNP er for årene 2020-2025 basert på International Monetary Fund (IMF) sin prognose, og deretter antar vi i basis scenariet en årlig vekst på 3.5%, jfr. figur 2.



Figur 2. Historisk vekst i verdens BNP, IMF BNP prognoser 2020-2025, og basis scenario BNP 2026-2050 (Kilde historikk og prognose 2020-2025: International Monetary Fund)

Et viktig forhold er sammenhengen mellom inntektsvekst og vekst i etterspørselen etter sjømat generelt og atlantisk laks spesielt. Forskningsstudier finner typisk at etterspørselstettheten for laks varierer rundt 1, altså at 1% økning i inntekt fører til 1% økning i etterspørselen etter laks (Xie et al., 2009; Sha et al., 2015).

Figur 3 viser den prosentvise utviklingen i verdens inntekt representert ved brutto nasjonalprodukt (BNP) og global produksjon av laks fra 1995 til 2019. Det framgår av figuren at lakseetterspørselen fram til 2005 vokste raskere enn verdens BNP, mens deretter har den prosentvise veksten i lakseetterspørselen vært på linje med eller over den globale BNP veksten. Figuren viser også en representativ laksepris, og det er verdt å merke seg at veksten i prisene fra 2013 har nok redusert veksten i lakseetterspørselen de senere årene. De siste ti årene har produksjonen av atlantisk laks i gjennomsnitt økt årlig med 5,8%, mens verdens BNP økte med 3,6%.

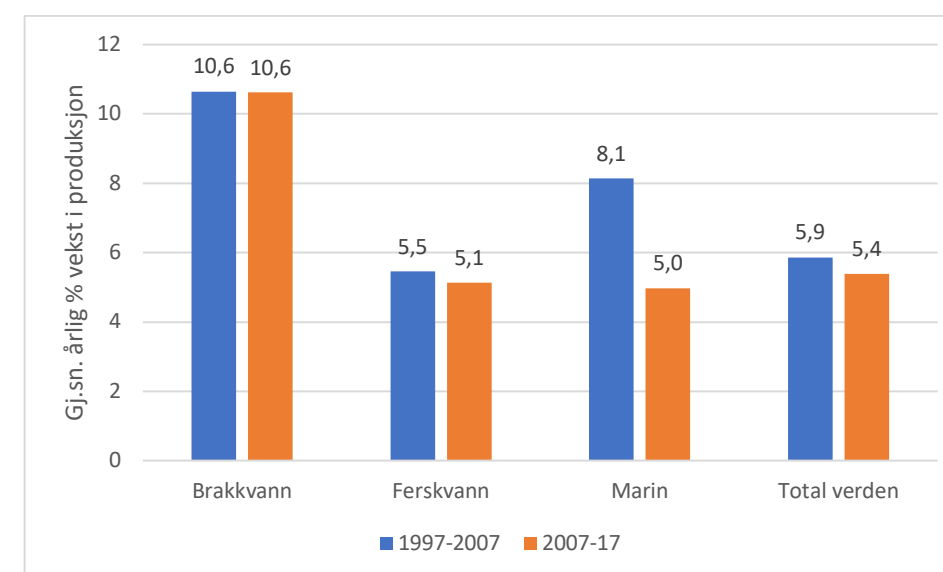


Figur 3. Prosentvis vekst i verden BNP og produksjonen av laks, samt prisutviklingen for fersk laks. Kilder: IMF, Kontali.

I basisscenariet antar vi at etterspørselen etter atlantisk laks øker noe raskere enn verdens BNP, med 4% per år. Det betyr at for hver 1% inntektsøkning, representert ved globalt BNP, øker verdens lakseetterspørsel med 1,1%.

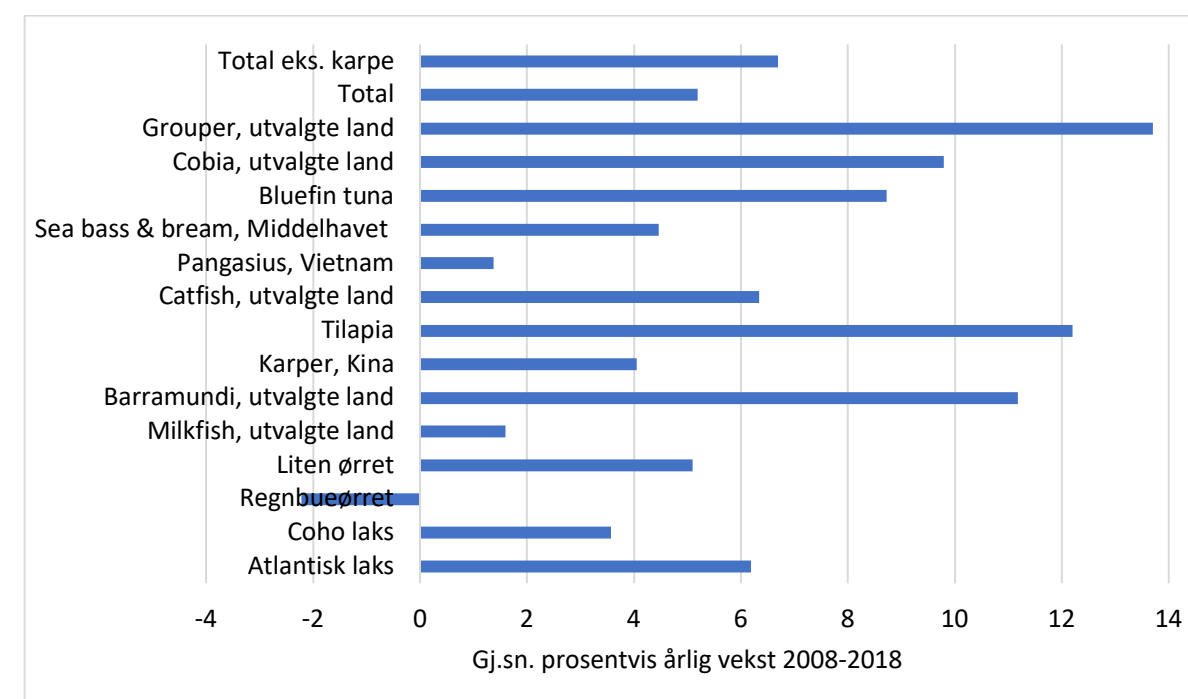
For å sette vekstratene til atlantisk laks i perspektiv, skal vi se på vekst i et større globalt perspektiv. Verdens globale produksjon av fisk og andre arter i 2018 var på 179 millioner tonn. Av dette var 96 millioner tonn (54%) fra fangstsektoren, mens 82 millioner tonn ble produsert i akvakultur (46%). Fangstsektoren er ikke i stand til å øke produksjonen sin framover, og har i et par tiår opplevd stagnasjon, fordi verdens bestander av villfisk er fullt utnyttet eller overutnyttet. Dette betyr at akvakultursektoren må stå for fremtidig produksjonsvekst for å møte økt etterspørsel fra verdens befolkning. Dette har også vært en viktig driver for høye vekstrater i akvakulturproduksjon de siste tiårene.

Figur 4 viser gjennomsnittlig prosentvis årlig vekst i produksjon av oppdrettsfisk i verden. Vi ser her at verdens produksjon av oppdrettsfisk økte med 5,9% i tiårsperioden 1997-2007, og med 5,4% i perioden 2007-2017. Produksjonen i marine farvann, som også omfatter atlantisk laks, økte med 8,1% i tiårsperioden 1997-2007, og med 5% i perioden 2007-2017.



Figur 4. Gjennomsnittlig prosentvis årlig vekst i produksjon av oppdrettsfisk i verden. Kilde: FAO

Figur 5 viser gjennomsnittlig årlig prosentvis vekst i produksjonen av utvalgte oppdrettsarter for perioden 2008-2018. Vi ser at atlantisk laks lå omtrent på samme nivå som total veksten for disse artene, rundt 6%.



Figur 5. Gjennomsnittlig årlig vekst i produksjonen av oppdrettsarter 2008-2018. (Kilder: Kontali, Global Aquaculture Alliance)

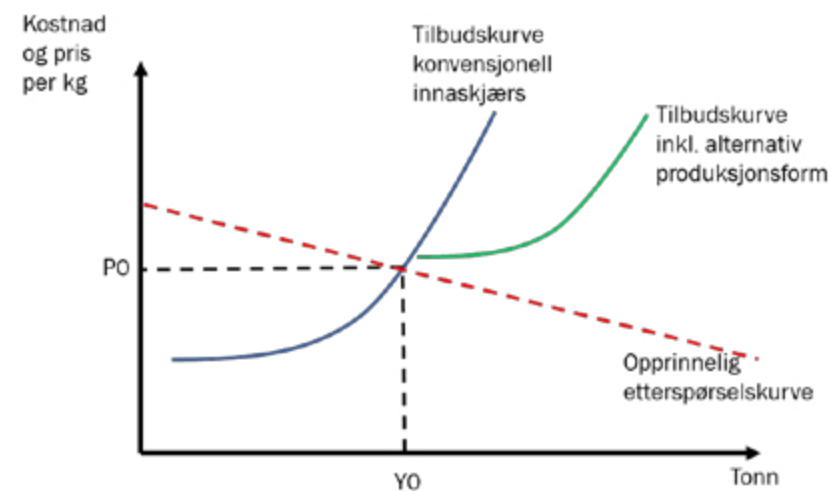
Det kan også nevnes at når Verdensbanken i 2013 laget sine scenarier for veksten i verdens sjømatproduksjon mot 2030, i rapporten «Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture», så forutsatte man en vekstrate på 3% årlig for akvakultur sektoren globalt, og antok videre at laks ville opprettholde sin markedsandel (World Bank, 2013; Kobayashi m.fl.,

2015). I rapporten «OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029» antas en gjennomsnittlig årlig vekstrate for akvakultur produksjon av fisk på 2,3% fra 2020 til 2029 (OECD-FAO, 2020). Vi antar videre at lakseprisen fram mot 2050 holder seg omtrent på dagens nivå i konstante 2020 priser, rundt 60 kroner målt ved eksportpris på fersk laks med hode.

3. Tilbudssiden – produktivitsutvikling i ulike sektorer

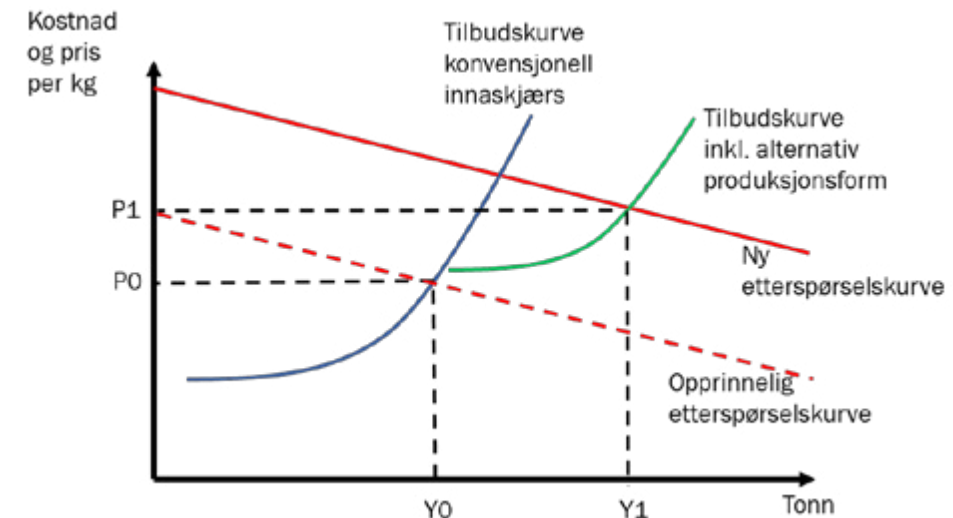
Ut fra vurderinger og forutsetninger om produktivitsutviklingen til innaskjærs lakseoppdrett i sjø, landbasert lakseoppdrett og utaskjærs (offshore) lakseoppdrett gjør vi en fordeling av produksjonen mellom disse tre sektorene både for Norge og øvrige verden. Den økende produksjonen og markedspenetrasjonen til landbasert og offshore havbruk er basert på en forutsetning om at produktiviteten reflektert i lavere produksjonskostnader utvikler seg relativt bedre enn i innaskjærs havbruk. Dette betyr ikke at produksjonskostnadene i offshore og landbasert oppdrett må komme på linje med innaskjærs havbruk. Men det må innebære at produksjonskostnadene blir tilstrekkelig lave i forhold til betalingsviljen i markedene til at det blir rom for vekst i disse sektorene.

Dette er illustrert i figur 6, hvor det er en tilbudskurve som representerer produksjonskostnadene (eller mer presist grensekostnadene) for konvensjonell innaskjærs oppdrett. I tillegg er det en tilbudskurve for alternative produksjonsformer – landbasert og offshore oppdrett – som ligger på et høyere nivå enn konvensjonelt. Med den etterspørselskurven for laks som er vist i figur 6 er det ikke rom for de alternative produksjonsformene. Produksjonskostnadene til de alternative teknologiene er for høye, så all laks produseres av konvensjonell sektor.



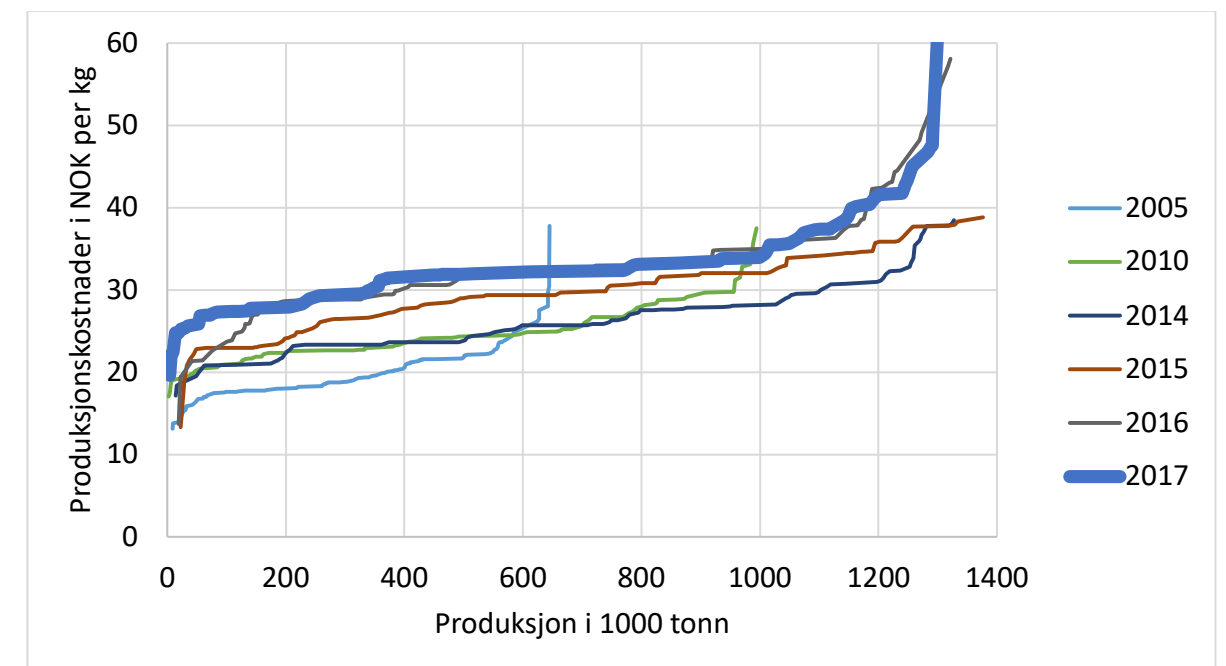
Figur 6. Laksemarked med etterspørsel som ikke gir rom for alternative teknologier

Men hvis verdens etterspørsel etter laks øker tilstrekkelig blir det også rom for de alternative produksjonsformene, som vist i figur 7. Fremdeles er innaskjærs oppdrett i sjø den dominerende sektoren (med produksjonsvolum Y_0), men nå er det også en betydelig produksjon til de alternative sektorene (med produksjonsvolum $Y_1 - Y_0$) til noe høyere kostnader.



Figur 7. Laksemarked med etterspørsel som gir rom for alternative teknologier

For innaskjærs havbruk er det rimelig å anta at noe av produksjonen i fremtiden kan bli lukket eller semi-lukket, drevet av smittepress og miljømessige utfordringer. Men det er grunn til å anta at lukket og semi-lukket produksjon i sjø vil ha en noe høyere produksjonskostnad enn høyproduktive anlegg med åpne merder. Figur 8 viser produksjonskostnadene per kg i norsk innaskjærs lakseoppdrett når selskapene er sortert fra laveste til høyeste kostnader. Kostnadskurvene kan betraktes som "kvasi" tilbudskurver. Figuren viser hvordan kostnadskurven har skiftet oppover fra 2005 til 2017. Videre manifesterer de biologiske eksternalitetene seg i en volatilitet i produktivitet, kostnader og lønnsomhet, både for lokaliteter, selskaper og regioner (jfr. Kumbhakar og Tveterås, 2003; Flaten, Lien og Tveterås, 2011)¹.



¹ De siste ti årene har også prisusikkerheten økt (Asche, Misund og Oglend, 2018; Misund, 2018). Hovedårsaken til den økte volatiliteten er en stram tilbudsside.

Figur 8. Produksjonskostnadene i norsk kystsoneoppdrett har økt betydelig fra 2005. Inflasjonsjusterte kostnader, 2017=100 (Datakilde: Fiskeridirektoratet).

Lakseoppdrett innaskjærs har et betydelig vekstpotensial som en bærekraftig produksjonsform med konkurransedyktige kostnader. Men for å være bærekraftig må det gjøres store investeringer i forskning og innovasjon, og i fullskalaanlegg. I framtiden må man forvente høyere kostnader enn det man hadde rundt tusenårsskiftet, og betydelig biologisk drevet volatilitet i kostnader.

Norge har siden 1990 hatt en global markedsandel på mellom 40% og 70% for atlantisk laks. I 2019 var markedsandelen 52%. Vi antar i basisscenariet at Norge har en andel av verdens lakseproduksjon på 40-50% fram mot 2050, med noe variasjon over tid. Dette innebærer at Norge klarer å opprettholde sin konkurranseevne over tid.

4. Verdiskaping

Scenarieanalysen omfatter også utviklingen i verdiskapingen knyttet til havbruk, for hele verdikjeden og inklusive ringvirkninger. Verdiskaping (eller bruttoproduktet) for en bedrift er salgsinntekt minus kjøp av varer og tjenester. Verdiskapingen fordeles mellom eiere i form av kapitalinntekter (overskudd), sysselsatte i form av lønn og til offentlig sektor i form av skatter og avgifter.

Estimatene bygger på tall fra Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse for matfisk og Sintefs rapport "Nasjonal betydning av sjømatnæringen" (Richardsen m.fl. 2019, 2020). Den totale verdiskapingen knyttet til havbruksnæringen kan defineres som: Total verdiskaping = Verdiskaping leverandører til matfisk + Verdiskaping i matfisk + Verdiskaping i bearbeiding og eksport + Verdiskaping i andre næringer som leverer til havbruksverdikjeden (Ringvirkninger).

For årene 2016-2018 har Richardsen m.fl. (2019) i en Sintef rapport estimert følgende verdiskaping i sektorer knyttet til akvakultur:

Tabell 1. Verdiskaping i sektorer knyttet til akvakultur i løpende mill. NOK

Sektor	2016	2017	2018
Akvakultur	29140	30070	31570
Fiskeforedling	1240	1750	1720
Eksport-/handelsledd	1530	1590	1650
Ringvirkninger andre næringer	31270	32140	33920
TOTAL	63180	65550	68860
TOTAL EKS AKVAKULTUR	34040	35480	37290

Kilde: Richardsen m.fl. (2019).

For våre verdiskapingscenarier baserer vi oss på historiske forholdstall mellom eksportverdi og verdiskaping i ulike ledd av verdikjeden og ringvirkninger fra Sintef sine analyser.

Verdiskaping i matfiskleddet er definert som følger:

$Verdiskaping\ i\ matfiskleddet = (Produksjon\ laks) * (Verdiskaping\ i\ matfiskleddet\ per\ produsert\ kg)$

Verdiskaping i matfiskleddet per produsert kg er definert som følger:

$Verdiskaping\ i\ matfiskleddet\ per\ produsert\ kg = (Inflasjonsjustert\ eksportpris\ fersk\ laks\ med\ hode) * (Forholdstall\ eksportpris/verdiskaping\ matfisk)$

Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger er definert som følger:

$Verdiskaping\ i\ øvrig\ verdikjede\ og\ ringvirkninger = (Produksjon\ laks) * (Verdiskaping\ i\ øvrig\ verdikjede\ og\ ringvirkninger\ per\ produsert\ kg)$

Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkninger per produsert kg er definert som følger:

$Verdiskaping\ i\ øvrig\ verdikjede\ og\ ringvirkninger\ per\ produsert\ kg = (Inflasjonsjustert\ eksportpris\ fersk\ laks\ med\ hode) * (Forholdstall\ eksportpris/verdiskaping\ øvrig\ verdikjede\ og\ ringvirkninger)$

5. Kapital og investeringer

Når havbruksproduksjonen over tid vokser er det nødvendig med investeringer i kapitalutstyr i hele verdikjeden og ringvirkningsnæringer, f.eks. fôrfabrikker, smolt- og postsmoltproduksjon, matfiskanlegg, brønnbåter, og slakterier.

I scenarioanalysen ser vi bare på investeringer i kapitalutstyr – i bygninger, fartøy, kjøretøy, maskiner, mm. – ikke på investeringer kjøp av tillatelser for å produsere laks (MTB) eller biomasse. Hvis tillatelser og biomasse er inkludert er totale investeringer og kapitalbinding mye høyere.

I scenarioanalysen foretas investeringer i ulike ledd i verdikjeden og ringvirkningsnæringer både for å (1) øke produksjonskapasiteten og (2) erstatte produksjonsutstyr som har blitt utslitt eller av andre grunner må skiftes ut.

Investeringer i produksjonsutstyr for å øke produksjonskapasiteten i år t er gitt ved:

$(Investering\ økt\ produksjonskapasitet)_t = (Investering\ per\ nytt\ tonn\ produsert) * [(Produksjon\ laks)_{t+1} - (Produksjon\ laks)_t]$

Investeringer i år t for å erstatte produksjonsutstyr som har blitt utslitt eller av andre grunner må skiftes ut, er gitt ved:

$(Investering\ for\ å\ erstatte\ kapitalslit)_t = (Kapital)_{t-1} * (Kapitalslit\ i\ \% \ av\ kapital)_{t-1}$

Totalkapital i år t er gitt ved:

$(Kapital)_t = (Kapital)_{t-1} + (Investering \text{ økt produksjonskapasitet})_t + (Investeringer \text{ for å erstatte kapitalslit})_t - (Kapitalslit)_t$.

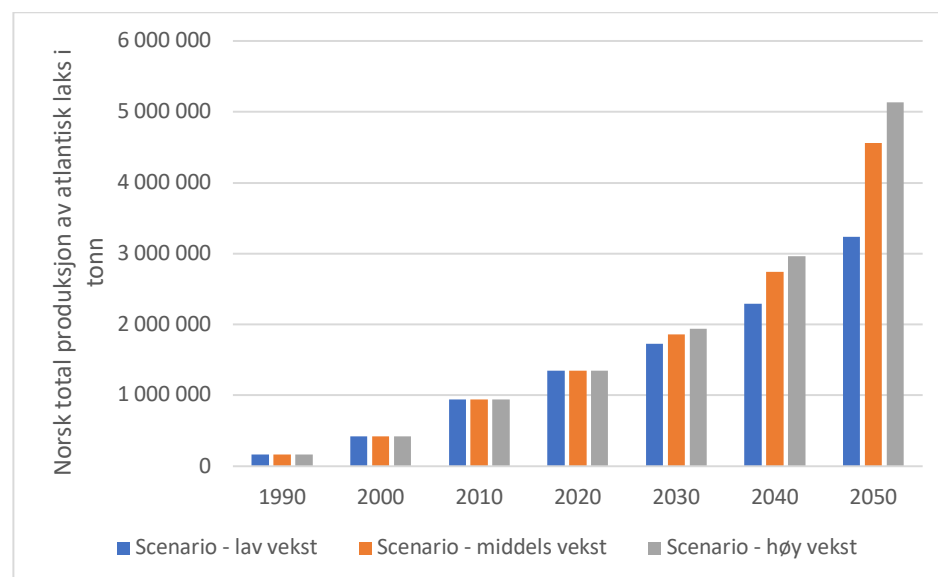
6. Scenarier for produksjon, verdiskaping og investeringer

Vi presenterer i det følgende scenarieanalyser for global og norsk lakseoppdrett mot 2050. Vi kvantifiserer hva scenariene kan bety for hele verdikjeden i form av verdiskaping og investeringer. Utviklingen i volum og pris for laks og annen sjømat bestemmes av utvikling på både tilbuds- og etterspørselssiden. Over tid har vi sett en enorm vekst i produksjonen av sjømat fra akvakultur globalt, og laks spesielt, som har blitt drevet av både etterspørselsvekst og innovasjoner og investeringer på tilbudssiden.

I våre scenarier er vi relativt nøkterne når det gjelder utviklingen i etterspørselen etter laks i forhold til vekst i verdensøkonomien. Historisk har lakseetterspørselen vokst hurtigere i forhold til inntektsutviklingen i de globale markedene enn det vi bygger inn i scenariene. Men på tross av en relativ nøkternhet gir scenariene store perspektiver når det gjelder den framtidige verdikjeden for laks.

7.1. Norsk total produksjon av laksefisk

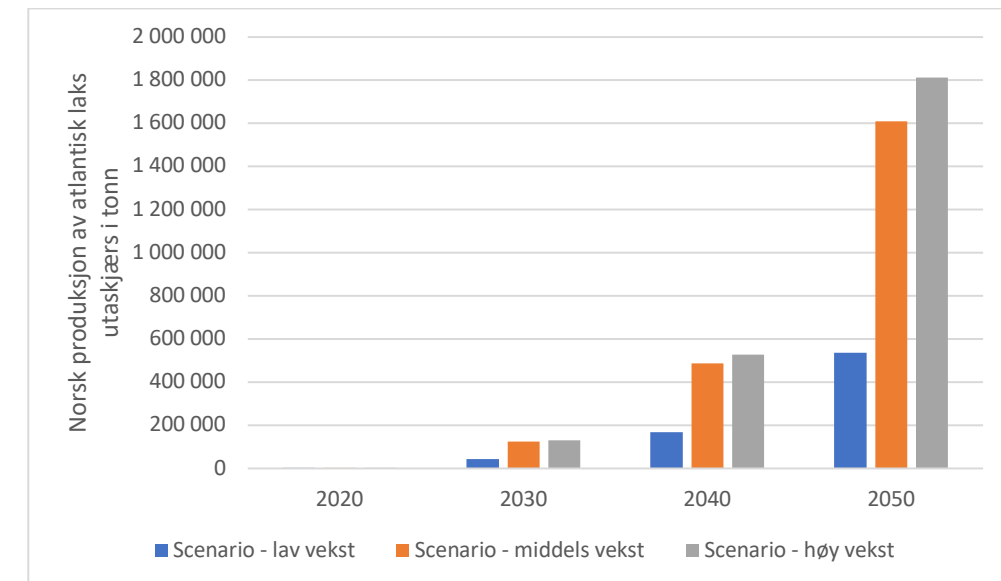
Vi presenterer her tre scenarier med ulik vekst i global og norsk produksjon av laks. Som vist i figur 9 spenner de tre scenariene «Lav», «Middels» og «Høy» vekst fra en produksjon på litt over 3 millioner tonn til litt over 5 millioner tonn laks i 2050.



Figur 9. Tre scenarier for norsk total matfisk produksjon av atlantisk laks

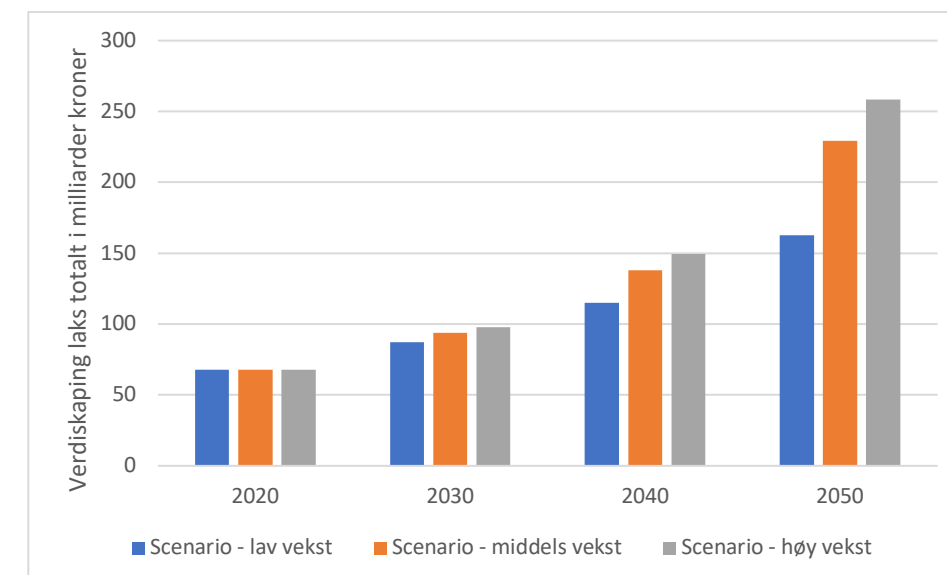
Vi fokuserer først på matfisk produksjon i havbruk til havs, fordi denne sektoren vil være helt avhengig av postsmolt grunnet de biofysiske forholdene til havs. Postsmolten vil produseres av både lukke anlegg i sjø og landbaserte anlegg. Havbruk til havs tar i scenariene en økende andel av produksjonen. Dette bygger på ulike forutsetninger om offentlige rammevilkår og produktivitetsvekst i havbruk til havs, også relativt til innaskjærs og landbasert produksjon. I lavvekstscenariet antar vi også delvis at havbruk til havs får en svært treg start fordi

prosessene med tilrettelegging av reguleringsregime og andre rammevilkår i Norge skjer i et sakte tempo, og at reguleringene ikke får en tilstrekkelig effektiv utforming som sikrer nok konkurransekraft og bærekraftig vekst utaskjærs. I våre tre scenarier går utaskjærs havbruk fra omtrent ingen produksjon i 2020 til en produksjon – avhengig av scenario – på 50-130 tusen tonn i 2030, og videre mot 2050 fra lavvekst-scenariet på 540 tusen tonn til høyvekst scenariet på hele 1,8 millioner tonn, som vist i figur 10.



Figur 10. Tre scenarier for norsk utaskjærs matfisk produksjon av atlantisk laks

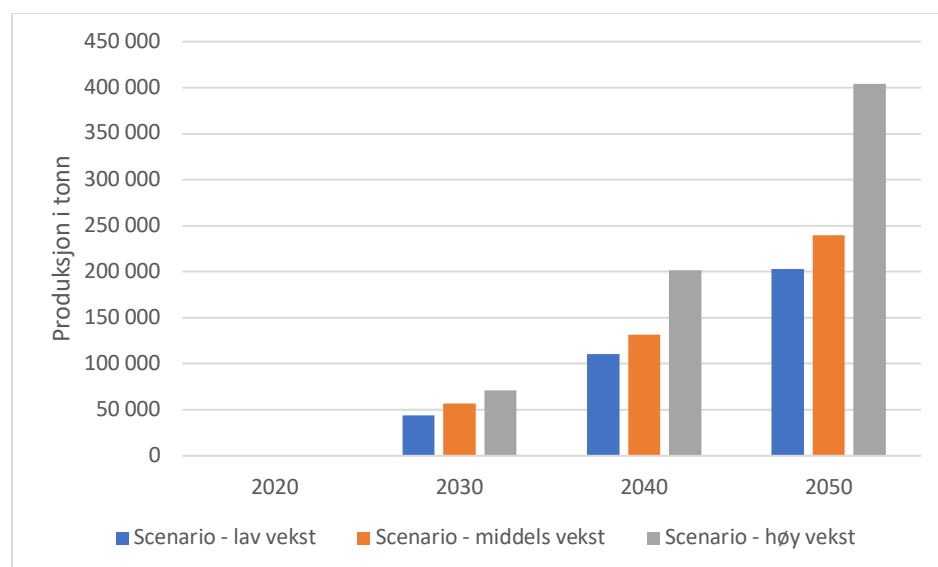
Disse scenariene leder til en verdiskaping for den totale norske lakseverdikjeden med ringvirkingsnæringer – målt i faste 2020 kroner - på 87-100 milliarder kroner i 2030 til 160-260 milliarder kroner i 2050, som vist i figur 11.



Figur 11. Tre scenarier for verdiskaping i den norske verdikjeden for atlantisk laks

6.2. Produksjon av matfisk i lukkede anlegg i sjø i Norge

Vi ser så på produksjonen av matfisk i lukkede anlegg i sjø. Vi antar i våre scenarier at åpne anlegg fremdeles vil stå for det meste av matfisk produksjonen innaskjærs mot 2050. I lav vekst scenariet oppnår lukkede anlegg en andel på bare 9% av innaskjærs produksjon, i middels vekst scenariet oppnår de 10% andel, og i høy vekst scenariet 14% av innaskjærs produksjon. I de tre scenariene beveger lukkede anlegg i sjø seg fra omtrent ingen produksjon i 2020 til en produksjon – avhengig av scenario - på 44-71 tusen tonn i 2030, og videre mot 2050 fra lavvekst-scenariet på 203 tusen tonn til høyvekst scenariet på 404 tusen tonn, som vist i figur 12.

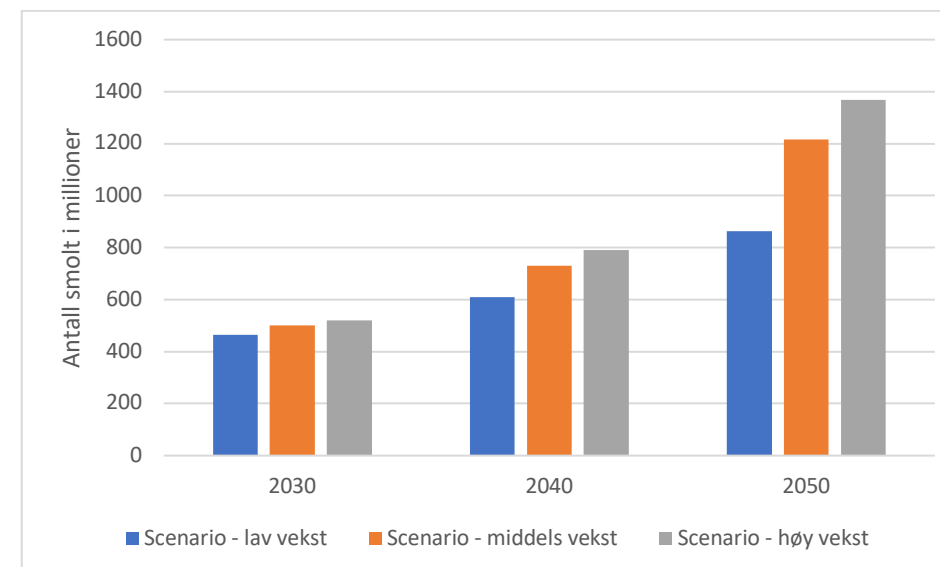


Figur 12. Tre scenarier for norsk matfisk produksjon av atlantisk laks i lukkede anlegg i sjø

6.3. Produksjon av postsmolt i lukkede anlegg i sjø i Norge

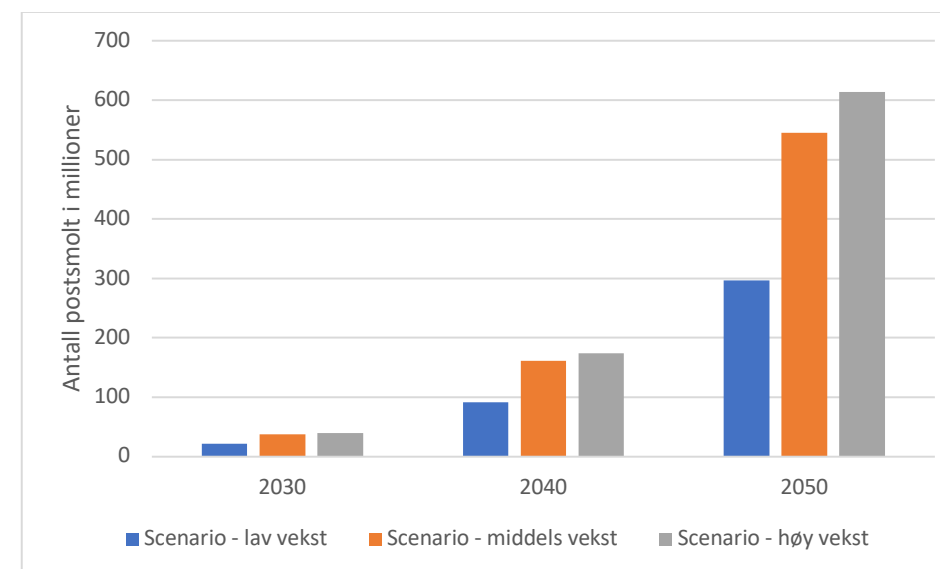
Vi har også laget scenarier for etterspørsel etter smolt (herunder storsmolt) og postsmolt i de ulike scenariene. Veksten i lakseproduksjonen fører til en tilsvarende økning i etterspørselen etter smolt, mens havbruk til havs vil være en viktig driver for en større prosentvis vekst i etterspørselen etter postsmolt. Vi antar imidlertid også at deler av innaskjærs havbruk vil etterspørre mer postsmolt for å kutte produksjonstiden i åpen merd i sjø og redusere eksponeringen mot lakselus mm.

I 2030 spenner våre scenarier fra 465 til 521 millioner individer smolt (herunder storsmolt) som blir etterspurt fra matfisk anlegg, jfr. figur 13. Dette øker videre til et spenn fra 610 til 790 millioner individer smolt som blir etterspurt fra matfisk i 2040. I 2050 spenner våre scenarier fra hele 862 millioner til 1,37 milliarder individer smolt som blir etterspurt fra matfisk anlegg.



Figur 13. Etterspørsel etter smolt og storsmolt i millioner individer

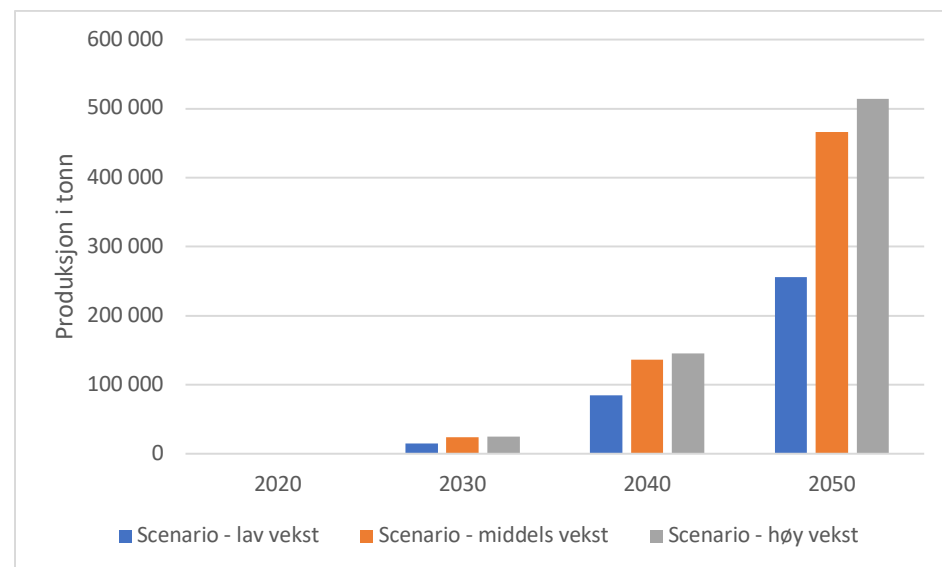
Postsmolt vil i framtiden produseres både i landbaserte anlegg og lukkede sjøanlegg. Når det gjelder postsmolt er havbruk til havs den sektoren som relativt sett vil etterspør mest. Siden denne sektoren er relativt liten i 2030 er også etterspørselen mer beskjeden, men allikevel betydelig i antall individer. I 2030 spenner våre scenarier fra 22 til 40 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisksektoren, jfr. figur 14. Dette øker videre til et spenn fra 92 til 175 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisk i 2040. I 2050 spenner våre scenarier fra hele 297 til 613 millioner individer postsmolt som blir etterspurt fra matfisk.



Figur 14. Norsk etterspørsel etter postsmolt i millioner individer

Vi tror at svært mye av postsmolten vil bli produsert i flytende lukkede anlegg i sjø. Landbaserte anlegg vil på grunn av energikostnader og andre forhold ha en mindre andel av postsmolt produksjonen mot 2050. Andelen av postsmolt produksjonen i lukkede sjøanlegg øker jevnt fra rundt 20% tidlig på 2020 tallet til 75% i 2050. Under disse forutsetningene har vi scenarier som tilsier en betydelig produksjon av postsmolt i lukkede sjøanlegg mot 2050,

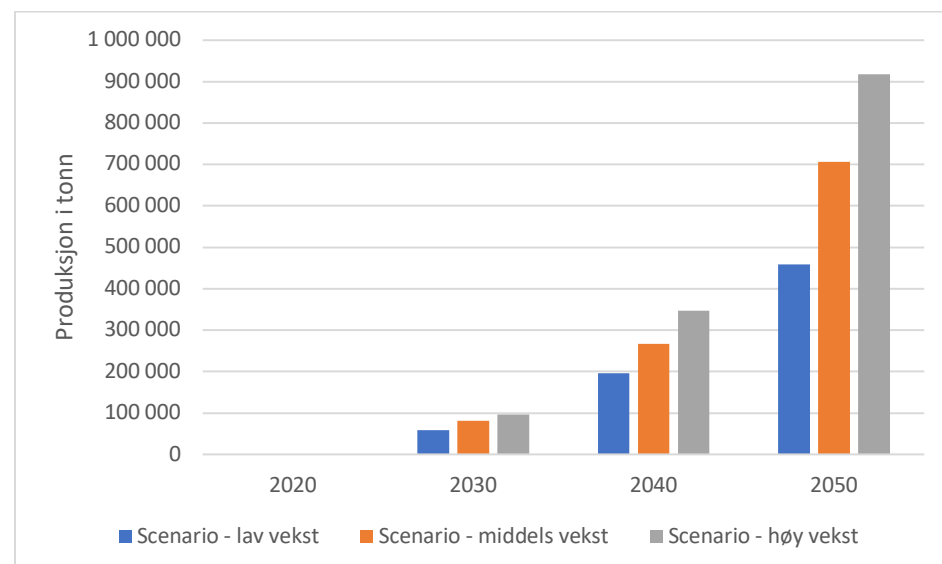
som vist i figur 15. Alle scenariene antar en gjennomsnittlig salgsvekt til postsmolten på ett kilo. I 2030 antar vi en produksjon på 15 til 25 tusen tonn, avhengig av scenario. Dette øker til et intervall på 256 til 514 tusen tonn mot 2050.



Figur 15. Norsk produksjon av postsmolt i lukkede sjøanlegg i tonn

6.4. Samlet produksjon i lukkede anlegg i sjø i Norge

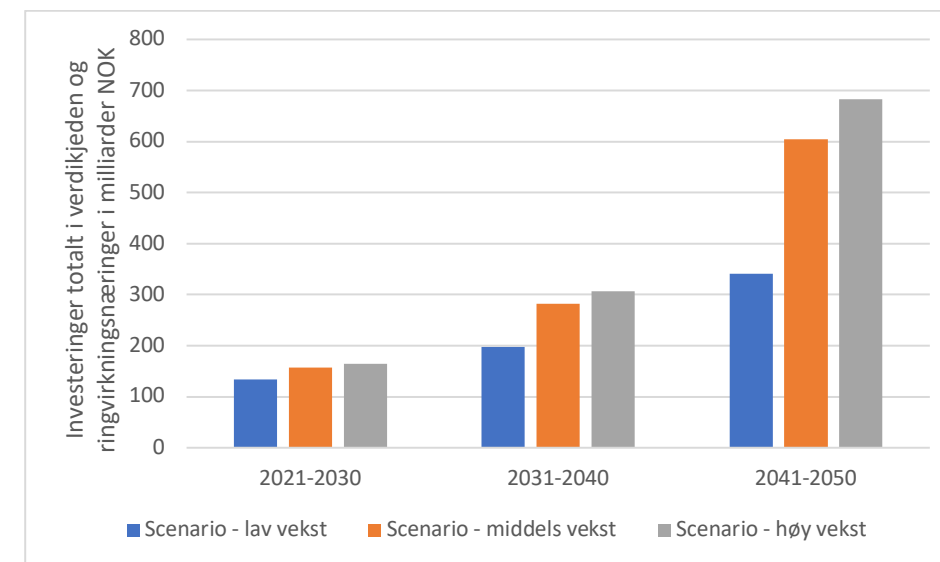
Den totale produksjonen i lukkede anlegg i sjø er summen av postsmolt produksjon og matfisk produksjon i disse anleggene, som vi har vist i foregående figurer. Figur 16 viser denne produksjonen. I 2030 antar vi en produksjon på 59 til 96 tusen tonn, avhengig av scenario. I 2040 spenner produksjonen fra 196 til 347 tusen tonn. Dette øker til et intervall på 459 til 918 tusen tonn mot 2050.



Figur 16. Norsk produksjon av matfisk og postsmolt i lukkede sjøanlegg i tonn

6.5. Investeringer i Norge

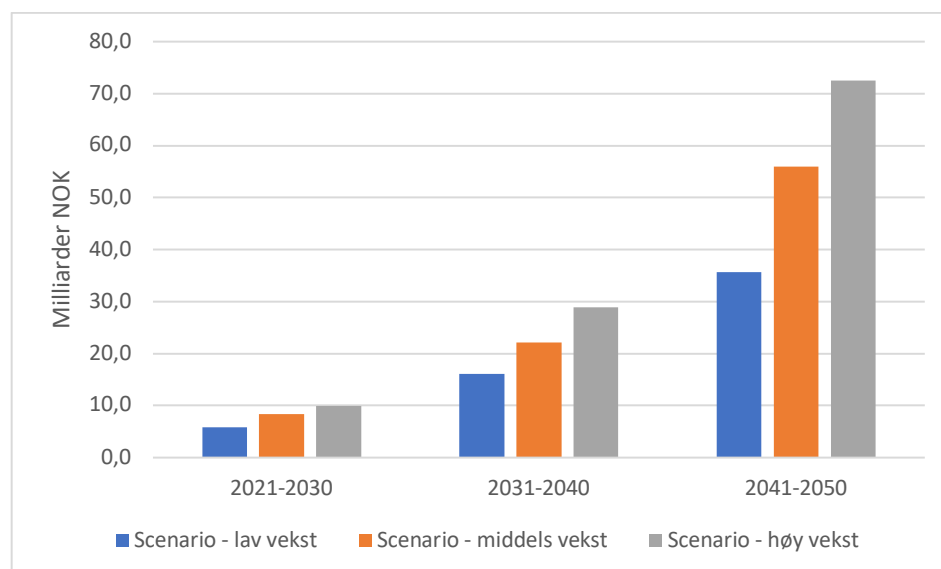
Det er nødvendig med enorme investeringer mot 2050 for å bygge og vedlikeholde kapasitet i alle ledd i verdikjedene for laks. Scenariene våre leder til investeringer i tiårsperioden 2021-2030 for den totale norske lakseoppdrettsbaserte verdikjeden på 133-164 milliarder kroner, jfr. figur 17. Det er viktig å merke seg at vi her *ikke* har inkludert investeringer i akvakulturtillatelser (MTB) som havbruksselskapene betaler til samfunnet, bare investeringer i bygninger, maskiner, fartøy, havbruksanlegg mm. I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til hele 340-680 milliarder kroner.



Figur 17. Tre scenarier for totale investeringer i den norske verdikjeden for atlantisk laks

For postsmolt og matfisk produksjon i lukkede sjøanlegg leder scenariene våre til anleggsinvesteringer i tiårsperioden 2021-2030 fra ca. 6 milliarder kroner i lav vekst scenariet til 10 milliarder kroner i høyvekst scenariet, jfr figur 18. I tiårsperioden 2041-2050 øker investeringene til 36 milliarder kroner i lav vekst scenariet til 73 milliarder kroner i høyvekst scenariet.

Igjen, vi har her *ikke* inkludert investeringer i akvakulturtillatelser (MTB) som havbruksselskapene betaler til samfunnet, bare i kapitalutstyr. Et usikkerhetsmoment er også ledetiden til investeringene. For våre produksjonsscenarier er det mulig at investeringene må gjøres tidligere enn det vi har antatt pga. byggetiden, og da vil investeringene i perioden 2012-2030 bli høyere enn det vi har antatt her.



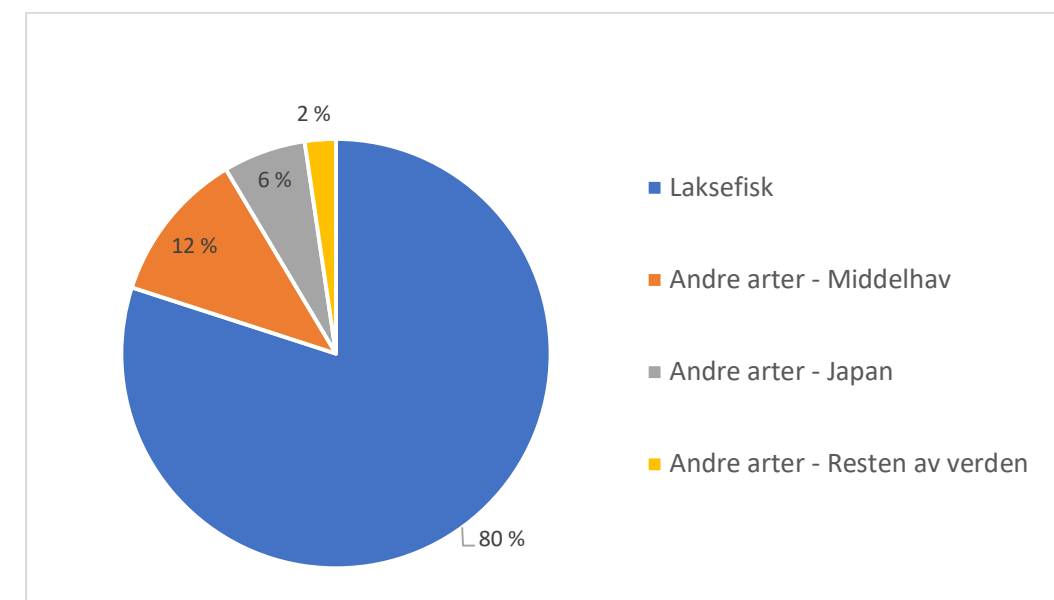
Figur 18. Tre scenarier for investeringer i lukkede sjøanlegg for postsmolt og matfisk produksjon

7. Globalt havbruk gir også muligheter

Selv om laksenæringen i Norge er det naturlige utgangspunktet for å utvikle lukket produksjon i sjøen, ligger det også store muligheter internasjonalt. Norge står for bare litt over en million tonn av nærmere 60 millioner tonn oppdrettsfisk som produseres globalt. Mye av dette volumet vil også i framtiden produseres på land og innaskjærs, og per i dag produseres bare i underkant av 4 millioner tonn i marine farvann.

Det er verdt å merke seg at merdbasert oppdrett av laksefisk (diadrome² arter) utgjør en betydelig andel av dagens produksjon av marin fisk, og blant de øvrige volumer – jfr. figur 19 – er det spesielt middelhavs-regionen (seabass, seabream, meagre samt tunfisk), som representerer de største volumer av merdbasert oppdrett. Utover disse segmentene, er den største produksjonen av marin fisk i akvakultur i Japan, Sør-Øst-Asia, Kina, og til dels i Oceania, men mye av denne produksjonen skjer i dammer og poller på land. Av merdbaserte sjøbaserte operasjoner, er nok Japan og Australia, med seabream-arter, amberjack, tunfisk, cobia og ulike grouper-arter som de viktigste.

² Diadrome betyr at de lever deler av livssyklusen både i fersk- og i sjøvann.



Figur 19. Estimert fordeling av produksjon i marin oppdrett i 2018 (Kilde: Kontali, FAO)

Det er ikke egnede arealer langs kysten som begrenser produksjonen globalt i framtiden. Det handler mer om man klarer å utvikle teknologier for lukket produksjon i sjø som gir lave nok investerings- og produksjonskostnader, også sammenlignet med åpne produksjonsteknologier. Prisene på oppdrettsfisk har steget over tid, men det er stor variasjon i prisnivå mellom arter og derfor nivå på produksjonskostnader som kan gi lønnsomhet.

Typisk for de fleste marine arter som det er etablert oppdrett i kommersiell skala på, er at disse er foretrukket i høypris-segmenter av markedet, og dermed kan forsvare høye investeringskostnader. Kontali har i prosjektet «Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs» gjort en scenarieanalyse som indikerer at produksjonen av disse artene kan nå 1,4 millioner tonn i 2030 og 3,3 millioner tonn i 2050, som vist i tabell 4.

Tabell 4. Historisk produksjon og et scenario laget av Kontali for framtidig produksjon av utvalgte marine arter

Arter	1990	2000	2010	2020E	2030	2040	2050
European bass & bream, meagre	5	137	236	475	770	1260	1950
Thunfisk arter	0	4	13	33	55	90	140
Japansk Amberjack	161	137	139	140	165	200	250
Andre Amberjack arter	0	0	0	1	5	10	20
Cobia	0	3	3	6	15	40	100
Grouper/snapper	54	94	111	210	320	550	800
Barramundi	1	3	10	15	25	40	60
Total utvalgte arter	221	377	513	880	1355	2190	3320

Kilde: Kontali, FAO

Sammen med laks i andre land representerer andre marine arter et potensiale for investeringer og leverandørtjenester etter 2030 som ligger på flere titalls milliarder kroner, og hvor norske leverandører har muligheter til å ta betydelige markedsandeler. Men her er det nødvendig å utvikle strategier for etablering i markeder som på flere måter er forskjellige fra det norske hjemmemarkedet. Norske leverandører, f.eks. Akva Group, har allerede tilegnet seg verdifull kompetanse om eksport til markeder med helt andre rammevilkår, og norske havbrukselskaper produserer også i flere land, noe som gir et fundament for framtidig eksport.

Referanseliste

- Asche, F., Misund, B., & Oglend, A. (2019). The case and cause of salmon price volatility. *Marine Resource Economics*, 34(1), 23-38.
- Blomgren, A.; Fjellidal, Ø.M., Quale, C.; Misund, B., Tveterås, R., og B.H. Kårtveit (2019). *Kartlegging av investeringer i fiskeri og fangst, akvakultur og fiskeindustri, 1970 – 2019*. (NORCE Rapport 2019/12). Hentet fra <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/2621211>
- Fiskeridirektoratet. (2018). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2018*. Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersokelser-for-laks-og-regnbueoerret>
- Flaten, O., Lien, G., & Tveterås, R. (2011). A comparative study of risk exposure in agriculture and aquaculture. *Food Economics-Acta Agriculturae Scandinavica*, Section C, 8(1), 20–34.
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., & Tveterås, R. (2020). A global blue revolution: aquaculture growth across regions, species, and countries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 107-116.
- Kontali (2020). Utsikter for landbasert laks – Ved et paradigmeskifte?
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: the role and opportunity for aquaculture. *Aquaculture economics & management*, 19(3), 282-300.
- Kumbhakar, S. C., & Tveterås, R. (2003). Risk preferences, production risk and firm heterogeneity. *Scandinavian Journal of Economics*, 105(2), 275-293.
- Misund, B (2018). Volatilitet i laksemarkedet. *Samfunnsøkonomen* 2/2018, 41-54.
- Misund, B. (2018). Determinants of the Atlantic salmon futures risk premium. *Journal of Commodity Markets* 2(1), 6-17.
- OECD-FAO (2020), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris.
- Osmundsen, T., Almklov, P., & Tveterås, R. (2017). Fish farmers and regulators coping with the wickedness of aquaculture. *Aquaculture Economics and Management*, 21, 163-183.
- Richardsen, R., Myhre, M.S., Bull-Berge, H. & Grindvoll, I.L.T. (2018). *Nasjonal betydning av sjømatnæringen*. Sintef rapport 2018:00627. Trondheim.
- Richardsen, R., Myhre, M.S., Tyholt, I.L. & Johansen, U. (2019). *Nasjonal betydning av sjømatnæringen*. Sintef rapport 2019:00469. 20. juni 2019. Trondheim.

Sha, S., Santos, J. I., Roheim, C. A., & Asche, F. (2015). Media coverage of PCB contamination of farmed salmon: The response of US import demand. *Aquaculture Economics & Management*, 19(3), 336-352.

World Bank (2013). *Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture*. Washington, DC: World Bank.

Xie, J., Kinnucan, H. W., & Myrland, Ø. (2009). Demand elasticities for farmed salmon in world trade. *European Review of Agricultural Economics*, 36(3), 425-445.

Øglend, A. Recent trends in salmon price volatility. *Aquaculture Economics & Management* 17(3), 281-299.



