

# Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland

Bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvenser av lukking av  
oppdrettsanlegg

**Forfattere:** Bård Misund, Sigbjørn Landazuri-Tveteraas og Atle Øglend

**Rapport** 4-2023, NORCE Helse og samfunn



Foto: © Eivind Senneset/Region Nordhordland

Rapporttittel	Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland. Bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvenser av lukking av oppdrettsanlegg
Prosjektnummer	106332
Institusjon	NORCE Helse og samfunn
Oppdragsgiver	Region Nordhordland IKS
Gradering:	Åpen
Rapportnr.	4-2023
ISBN	978-82-8408-274-5
Antall sider	58
Publiseringsdato	Februar
CC-lisens	CC BY 4.0
Sitering	Misund, B., Landazuri-Tveteraas, S., Øglend, A. (2023). Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland: Bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvenser av lukking av oppdrettsanlegg. Rapport 4-2023, NORCE Helse og samfunn.
Bildekreditering	Eivind Senneset/Region Nordhordland
Geografisk område	Nordhordland
Stikkord	Lukkede anlegg, kostnader, biologisk risiko, havbruk, oppdrett, laks, ørret, lakselus, fiske sykdommer
Sammendrag	Denne rapporten ser på bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter av å delvis lukke oppdrettslokaliteter i Nordhordland. Oppdretterne i Nordhordland er i PO4, et geografisk produksjonsområde som siden 2020 har vært farget rødt i trafikklyssystemet, og dermed gitt 2 etterfølgende nedtrekk i maksimal tillatt biomasse (MTB). Nedtrekk gir en direkte negativ effekt på den delen av verdiskapingen som genereres av havbruksnæringen og verdikjeden. Fortsetter nedtrekkene i denne regionen, vil verdiskapingen og produksjonen falle ytterligere. Med to nedtrekk vil verdiskapingen i PO4 bli redusert med om lag 1,7 mrd kr. per år. En delvis lukking av anlegg hvor konvertering til lukkede anlegg på 50 prosent av lokalitetene kombinert med en økning på 25 prosent i MTB kan verdiskapingen øke med nesten 4 mrd. kr per år sammenlignet med en situasjon med 2 nedtrekk. Tilsvarende vil en lukking av 25 prosent av lokalitetene vil gi omtrent like stor økning i verdiskaping som en reversering av 2 nedtrekk. Beregningene viser at der er stor forskjell på å fortsette som nå med rød PO og nedtrekk, og en koordinert og samlet strategi for å snu situasjonen.

## Forord av Region Nordhordland IKS



Villaksen er raudlista og vurdert som «Nær truet». I Havforskningsinstituttet sin risikorapport for 2023 står det følgjande for Vestlandet (PO3 og PO4); «I begge produksjonsområdene vurderes det å være høy risiko knyttet til dødelighet på utvandrende postsmolt laks som følge av smitte av lakselus fra fiskeoppdrett.»

For å redusere talet på lakselus, er det innført trafikklyssystem og nedtrekk i oppdrettsproduksjon. For deler av Vestland og Region Nordhordland er det gitt to nedtrekk på til saman 12 %. Det betyr årleg redusert verdiskaping i PO4 på 1,7 mrd kr.

I det pågåande arbeidet med «Interkommunal plan for sjøareal i Nordhordland» erfarer me at denne utviklinga ikkje vil bli løyst åleine i ein arealplan. [Plan for sjøareal – Region Nordhordland](#)

Den andre erfaringa er at det er manglande koordinert strategi for å løyse problemet. Statusen for villaksen går i feil retning og akvakulturnæringa på Vestlandet blir gradvis svekka. Den manglande koordineringa gjeld både hos myndigheiter og næringa. Det finnest positive lokale initiativ, men totalbildet er manglande truverdig og koordinert strategi for å løyse dette.

Trafikklyssystemet med nedtrekk i produksjonen, vil ikkje løyse problemet med lakselus på mange år. I den perioden vil villaksen sin status bli endå meir forverra og akvakulturnæringa på Vestlandet vil bli varig redusert og svekka.

Me trur at dette kan løysast! Det enkle svaret er **samarbeid om:**

- Rett teknologi på rett plass
- Samordna drift for eit stort område (PO4 og PO3)
- Rett arealbruk på rett plass

Desse problemstillingane låg til grunn for å bestille denne rapporten frå NORCE og professor Bård Misund.

Rapporten viser at det er lønsamt samfunnsøkonomisk å gjere dei rette vala for å redusere problema med lakselus. Det krev at me premierer gode val. For å få til det må aktørane på Vestlandet bli einige om ein felles strategi korleis ein vil løysa dette. M.a. må:

- Akvakulturnæringa sjå dette som ei felles oppgåve, men då må alle vera med, ein kan ikkje ha gratispassasjerar
- Koordinerte og samkørde kommunale, regionale og statlege mynde som premierer gode val

Denne rapporten peiker på at det er både mogleg og lønsamt å gjere rette val! Problema er godt dokumentert, nå må me ha fokus på dei langsiktige løysingane.

**Men me må koma i gang med jobben – og TEMPO må opp!**

**Denne rapporten er finansiert med midlar frå Vestland fylkeskommune!**

**God lesing – så håpar me på felles handling og oppfølging frå styresmakter og næringa!**

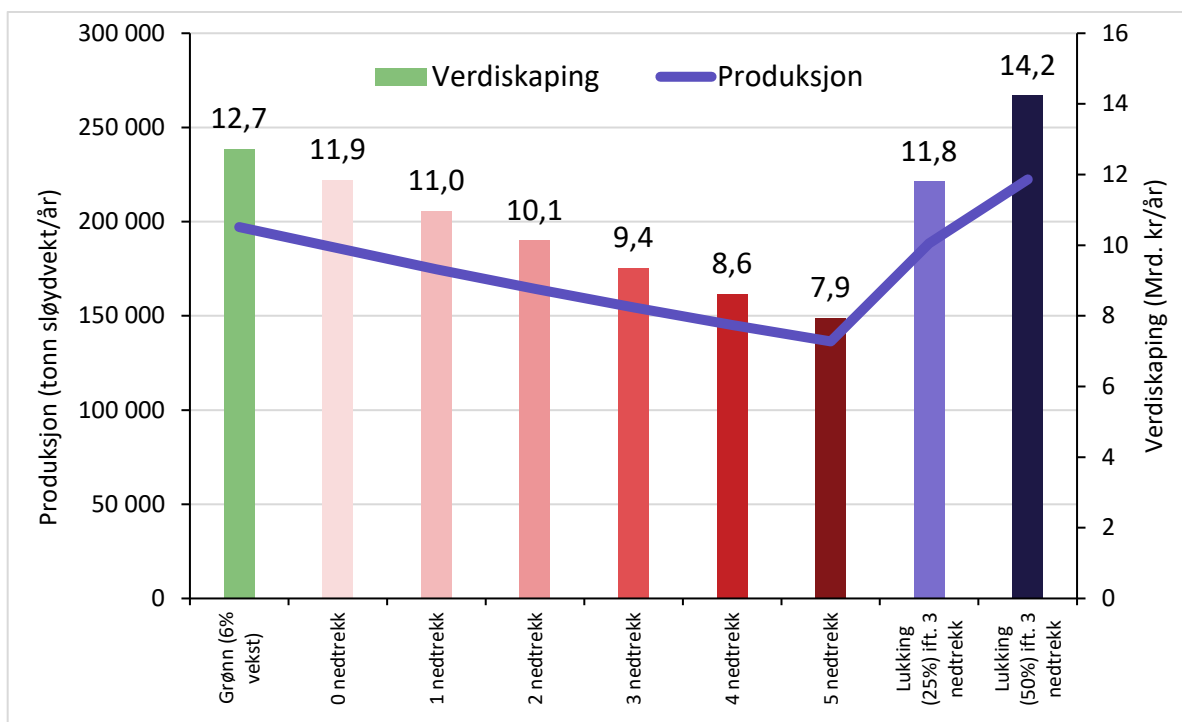
**Knarvik, 22. februar 2023**

**Region Nordhordland IKS**

Dagleg leiar Rune Heradstveit og prosjektleiar Bent Gunnar Næss

## Sammendrag

Denne rapporten ser på bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter av å delvis lukke oppdrettslokaliteter i Nordhordland. Oppdretterne i Nordhordland er i PO4, et geografisk produksjonsområde som siden 2020 har vært farget rødt i trafikklyssystemet, og dermed gitt 2 etterfølgende nedtrekk i maksimal tillatt biomasse (MTB). Nedtrekk gir en direkte negativ effekt på den delen av verdiskapingen som genereres av havbruksnæringen og verdikjeden. Fortsetter nedtrekkene i denne regionen, vil verdiskapingen og produksjonen falle ytterligere. Med to nedtrekk vil verdiskapingen i PO4 bli redusert med om lag 1,7 mrd. kr. per år. En delvis lukking av anlegg hvor konvertering<sup>1</sup> til lukkede anlegg på 50 prosent av lokalitetene kombinert med en økning på 25 prosent i MTB<sup>2</sup> kan verdiskapingen øke med nesten 4 mrd. kr per år sammenlignet med en situasjon med 2 nedtrekk. Tilsvarende vil en lukking av 25 prosent av lokalitetene vil gi omtrent like stor økning i verdiskaping som en reversering av 2 nedtrekk. Beregningene viser at der er stor forskjell på å fortsette som nå med rød PO og nedtrekk, og en koordinert og samlet strategi for å snu situasjonen. Figur 1 viser verdiskaping og produksjon ved ulike scenario framover for PO4; fortsatt nedtrekk vs. delvis lukking:



**Figur 1.** Verdiskaping (MNOK) og produksjon (tonn sløydvekt) i PO4 med ulike scenario for nedtrekk/oppjustering av MTB, og effekten av lukking av 25 eller 50 % av lokalitetene (ved laksepris på 70 kr/kg, 3 avlusninger per generasjon og rensegrad på 25 %).

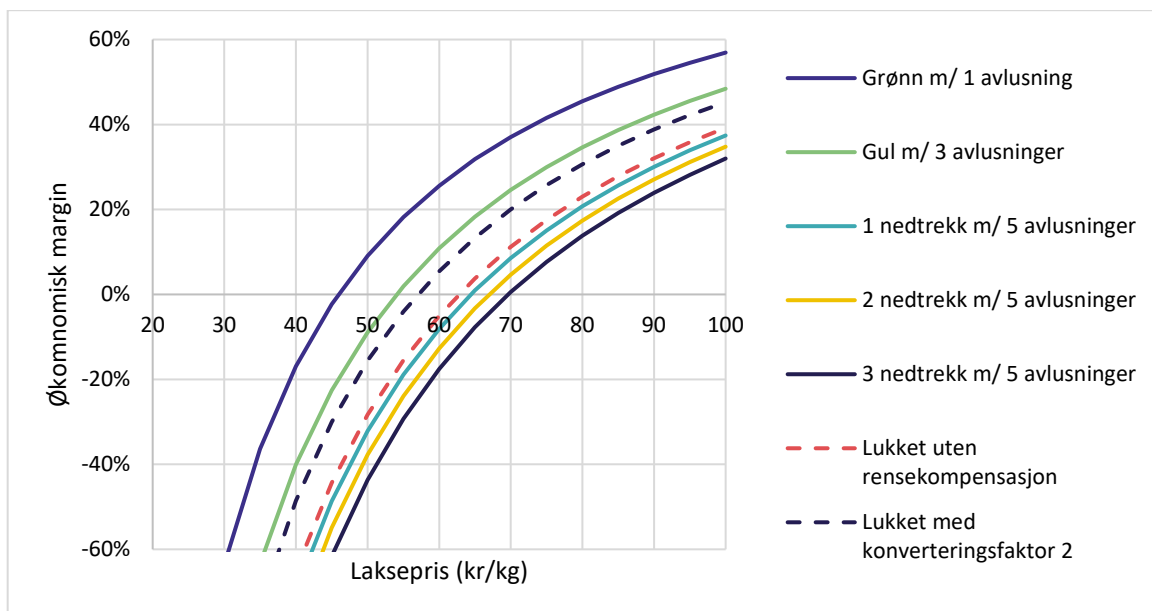
<sup>1</sup> Med konvertering menes at alle merdene på en lokalitet er semi-lukkede flytende anlegg i sjø (FLO-teknologi).

<sup>2</sup> Det antas at 25 prosent av det sedimenterbare partikulære organiske avfallet samles opp, og oppdretter kompenseres med en økning i MTB tilsvarende rensegraden. I dette tilfellet 25 prosent høyere MTB ved lukking av merdene på en lokalitet. Senere i rapporten undersøkes de økonomiske effektene ved ulike rensegrader.

Årsakene til nedtrekkene er samfunnets målsetning om redusert smittepress av lakselus fra oppdrett på villakssmolten, og dermed redusere de negative eksterne kostnadene lakselus har på villaksen. Et viktig spørsmål er om det er mulig å unngå at produksjonen av oppdrettet laks og regnbueørret reduseres samtidig som at de negative effektene av oppdrettsvirksomhet på villaksen også reduseres. Å få dette til innenfor et regime basert utelukkende på oppdrett i konvensjonelle åpne anlegg virker som vanskelig i dag. Det kan hende at innovasjoner av vaksiner mot lus, avl av mer luseresistent laks, nye avlusningsmidler og metoder, kan om noen år gi et betydelig redusert lusepress. Per i dag fremstår ikke reguleringsregimet som et bærekraftig svar på luseproblematikken. Det er kun lukkede anlegg, slik som semi-lukkede anlegg i sjø eller lukkede anlegg på land i tillegg til nedsenkbare anlegg som kan dokumentere fravær av lakselus.

Hensikten med denne rapporten er å undersøke de økonomiske konsekvensene av delvis lukking av oppdrettsanlegg i et produksjonsområde som PO4. Med utgangspunkt i bioøkonomiske modeller beregner vi produksjon, tilvekst, dødelighet og fôrfaktor i både åpne merder og lukkede oppdrettsanlegg. Vi kombinerer så disse produksjonsvariablene med inntekter, behandlings- og driftskostnader, og investeringskostnader i en nåverdimodell. Til sist, legger vi til verdiskapning i verdikjeden og ringvirkningseffekter i en samfunnsøkonomisk modell.

Våre analyser viser at oppdrett i åpne merder med lite lus, få avlusninger og lav dødelighet er langt mer lønnsomt enn investeringer i lukkede anlegg (Figur 2). For anlegg med mye lus, mange avlusninger, høy dødelighet og/eller nedtrekk kan det imidlertid være mer lønnsomt å investere i lukkede anlegg.



**Figur 2 (identisk med Figur 2.3 i kapittel 2).** Lønnsomhet åpne merder med 3 og 5 avlusninger per generasjon vs lukket. Beregningene er basert på en standardtillatelse på 780 tonn MTB med 1–5 nedtrekk. En konverteringsfaktor på 2 betyr at MTB dobles ved en konvertering mellom åpne og lukkede merder på hele lokaliteten.

For samfunnet kan investeringer i lukkede anlegg være lønnsomt, selv om det ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt. En delvis lukking av lokaliteter i en rød PO vil føre til økt produksjon, på grunn av lavere dødelighet og fravær av avlusninger. Videre, hvis konvertering fra åpne til lukkede anlegg reduserer lusepresset regionalt kan det gi grunnlag for økt MTB. For røde produksjonsområder kan derfor en strategisk lukking av flere enkeltanlegg, kombinert med gunstige konverteringsordninger, kunne gi en betydelig økt verdiskaping og produksjon. I tillegg kommer reduserte kostnader for samfunnet ved at de negative eksterne virkningene av oppdrettsaktiviteter på villaksen reduseres.

Våre analyser er modellbasert og bygger på gitte forutsetninger, men resultatene er i tråd med andre analyser av semi-lukkede anlegg, slik som dokumentert i rapportene til Stiim Aquacluster<sup>3</sup> og Menon<sup>4</sup>.

Semi-lukkede anlegg er fortsatt i utviklingsfasen og det er behov for innovasjoner og læring. De selskapene som investerer først, vil ha høyere kostnader enn de aktørene som kommer senere. For å stimulere til en konvertering til lukkede anlegg, må det gis attraktive rammevilkår som gjør det lønnsomt å investere i en ny teknologi som ikke ennå er fullt ut utviklet og utprøvet. Gitt at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt, bør myndighetene vurdere tiltak, slik som konverteringsordninger mellom åpne og lukkede anlegg, for å motivere investeringer.

Miljøavgifter kan være et alternativ til konverteringsordninger for lukking anlegg, men pga. at eksternaliteter som lus og rømning varierer med sesong, geografi, og avstander mellom anlegg vil det være svært utfordrende å designe effektive miljøavgifter. Vil en miljøavgift basert på lusetellinger være mer effektiv enn de eksisterende lusereguleringene, eller vil en slik avgift forsterke de negative effektene av avlusning på fiskevelferd? Gitt kompleksiteten og variasjonene for oppdrettsanleggene langs kysten er ikke svaret på et slikt spørsmål gitt.

Andre alternativer er å justere en eventuell grunnrenteskatt. Hvis Stortinget lander på en kontantstrømskatt vil en friinntekt for investeringer i lukkede anlegg kunne brukes som en subsidiering av lukkede anlegg under forutsetning om at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Hvis Færøymodellen blir innført er det mulig å gjøre som på Island og gi fritak for skatten for lukkede anlegg.

Analysene vår er basert på en rekke forutsetninger, basert på et tynt datagrunnlag for investerings- og driftskostnader for lukkede anlegg. Mer detaljerte data vil gi mer pålitelige estimater. Videre vet vi foreløpig lite om hvordan kostnadene i lukkede anlegg vil bli i fremtiden. Kan en forvente en fallende kostnadskurve som følge av innovasjoner og skalaøkonomi? Vi vet ikke hvor mye biomassen av fisk i PO4 må reduseres før lusepresset faller tilstrekkelig lavt slik at trafikklyssystemet ikke indikerer behov for ytterligere nedtrekk. Det trengs også informasjon om hvilke lokaliteter bidrar mest til smittepresset, som kan gi kunnskap om hvor det er strategisk smartest å lukke for å gi størst lusesmittereduserende effekt. Det er også modellusikkerhet knyttet til effekten av lukking av lokaliteter på smittepresset av lakselus på villaksen i et helt produksjonsområde.

---

<sup>3</sup> [https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2020/12/Rapport\\_2020\\_Verdiskapingspotensiale-og-veikart-for-havbruk-til-havs\\_hovedrapport.pdf](https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2020/12/Rapport_2020_Verdiskapingspotensiale-og-veikart-for-havbruk-til-havs_hovedrapport.pdf)

<sup>4</sup> <https://www.menon.no/wp-content/uploads/Notat-2022-2-Kostnaden-av-lukket-oppdrettsteknologi.pdf>

Semi-lukkede anlegg er ikke fullt ut utviklet teknologi, og det er fortsatt behov for innovasjoner og læring. Dette vil gjøre at bedrifter kanskje vil sitte på gjerdet og vente til teknologien er mer moden og med lavere investerings- og driftskostnader. I denne første fasen kan det derfor være rom for subsidiering av lukket teknologi under forutsetning om at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt. En konverteringsordning mellom åpne og lukkede anlegg er en slik mulig subsidie. Det er i dag vanskelig å si hvor stor konverteringsfaktoren bør være, dvs. hvor mange tonn lukket MTB en bedrift bør gis for hvert tonn åpen MTB som konverteres. At teknologien enda ikke er fullt ut utviklet tyder på at det bør anvendes mer generøse konverteringsfaktorer i starten for å kompensere for den høye risikoen det er å utvikle ny teknologi.

### **Takk**

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Region Nordhordland IKS. Vi takker for oppdraget. Vi takker også fagpersoner i Mattilsynet, Vestland Fylkeskommune, Blue Planet, Hauge Aqua samt Ragnar Tveterås (UiS), Tord Ludvigsen (Blår) og Cecilie Walde (VI) for svar på faglig vanskelige spørsmål, relevant litteratur og gode innspill.

## Innhold

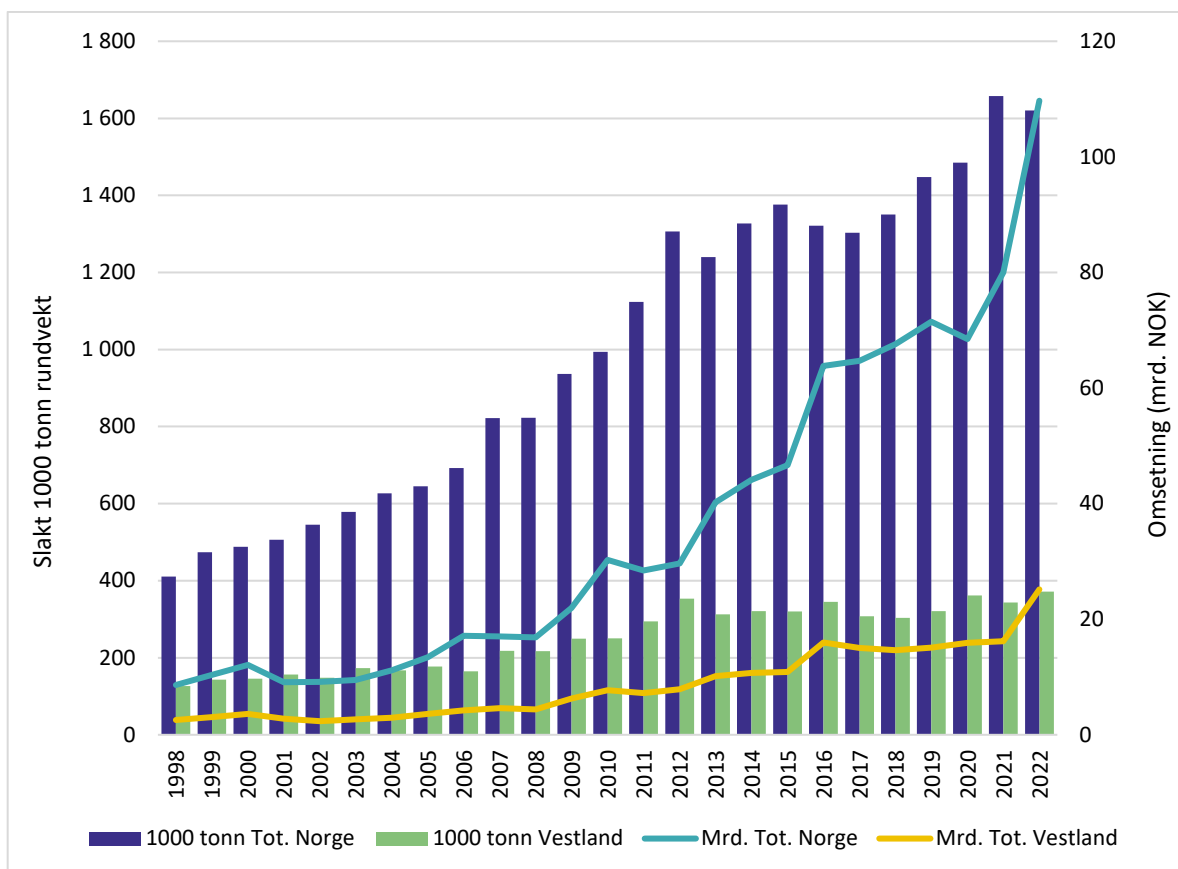
Forord av Region Nordhordland IKS .....	2
Sammendrag .....	3
1. Bakgrunn og status i PO4.....	8
1.1. Utviklingen i økonomiske og produksjonsmessige faktorer i Vestland vs. andre fylker i Norge .....	8
1.2. Årsaker til stagnert produksjonskapasitet i Vestland de siste 10 årene .....	12
1.3. Hvor mye av slammet kan oppsamles / gjenvinnes? .....	20
1.4. Mer om rensegrad og lukkegrad .....	23
2. Økonomiske analyser .....	24
2.1. Hva vet vi om lønnsomheten i lukkede anlegg vs. konvensjonell teknologi? ....	24
2.2. Beregning av bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter av nedtrekk og lukking i PO4 .....	24
3. Rammevilkår .....	33
3.1. I hvilken grad er regelverk og rammevilkår tilpasset en ny teknologi? .....	33
3.2. Er dagens regelverk og rammevilkår teknologinøytralt? .....	34
3.3. Forsøk på å stimulere investeringer i miljøteknologi og miljøtillatelser .....	38
3.4. Konklusjon om rammevilkår: .....	38
4. Beskrivelse av tiltak for å snu situasjonen fra stagnasjon til produksjonsvekst.....	40
4.1. Hva skal til for at akvakulturproduksjon i Nordhordland/PO4 skal vokse i fremtiden?.....	40
4.2. Hvor stor kan produksjonen av oppdrettsfisk bli ved en konvertering til lukkede anlegg i sjø? .....	41
5. Beskrivelse av virkemidler som anvendes for å få til en ønsket utvikling .....	45
5.1. Miljøpolitiske virkemidler.....	45
5.2. Eksisterende miljøreguleringer i havbruk .....	46
5.3. Hvordan stimulere investeringer i miljøteknologi?.....	48
5.4. Regionalt havbruksmiljøfond .....	51
5.5. Oppsummering.....	52
6. Konklusjon .....	54
7. Referanser .....	55



## 1. Bakgrunn og status i PO4

### 1.1. Utviklingen i økonomiske og produksjonsmessige faktorer i Vestland vs. andre fylker i Norge

Siden midten av 1800-tallet har det vært gjort flere forsøk med oppdrett av laksefisk i Norge, men det var ikke før på begynnelsen av 1970-tallet moderne lakseoppdrett fikk sitt gjennombrudd med Grøntvedt-merdene<sup>5</sup>. I perioden mellom 1980 og 2005 var produksjonsveksten formidabel, med en vekstrate på omtrent 20 prosent per år. Produksjonsøkningen var drevet av innovasjoner og sterk produktivitetsvekst. Begrensende faktorer slik som knapphet på egnede lokaliteter, reguleringer, og miljøutfordringer har i økende grad gjeldene gjort seg gjeldende og dempet vekstraten kraftig.

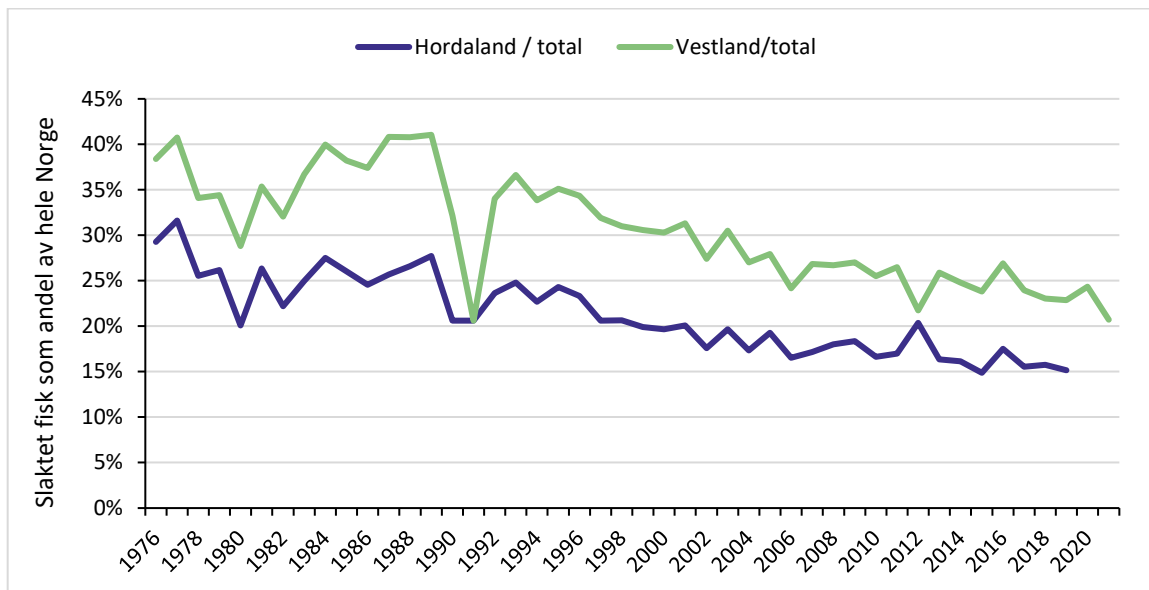


**Figur 1.1.** Utvikling i produsert kvantum laks og ørret i landet totalt og Vestland fylke. Kilde: Fiskeridirektoratets Akvakulturstatstikk.

Hordaland (del av dagens Vestland) fikk på et relativt tidlig stadium merke seg vekstbegrensningene (Figur 1.1). Fylket var blant de aller største produsentene når veksteventyret startet. De siste 30–35 årene har imidlertid fylkets andel av total mengde slaktet laks og regnbueørret nærmest blitt halvert

<sup>5</sup> Se f.eks. Afewerki m.fl. (2022) og Berge (2002).

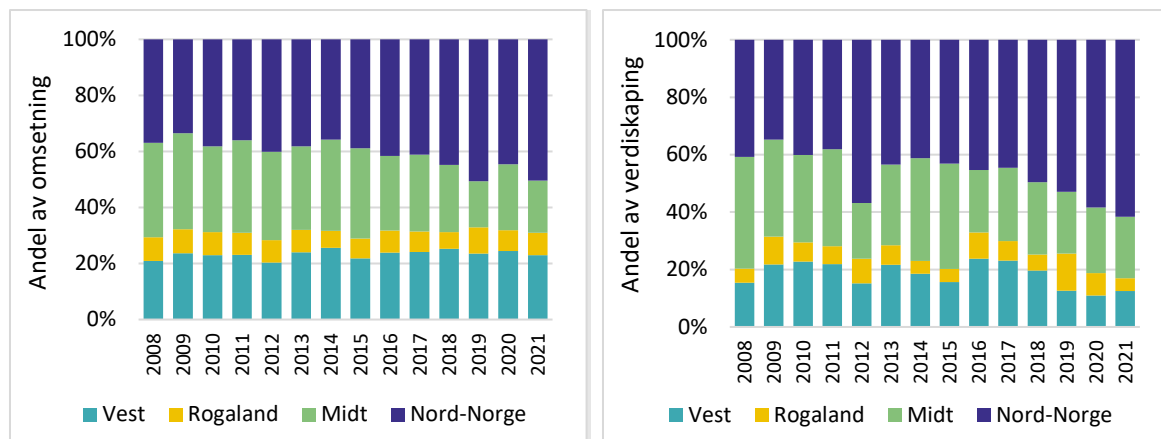
(Figur 1.2). Det skyldes delvis at myndighetene har prioritert andre fylker i utlysningsrunder for nye tillatelser. Røde lys i trafikkløssystemet har i løpet av de siste 5 årene også medført nedtrekk i MTB<sup>6</sup>.



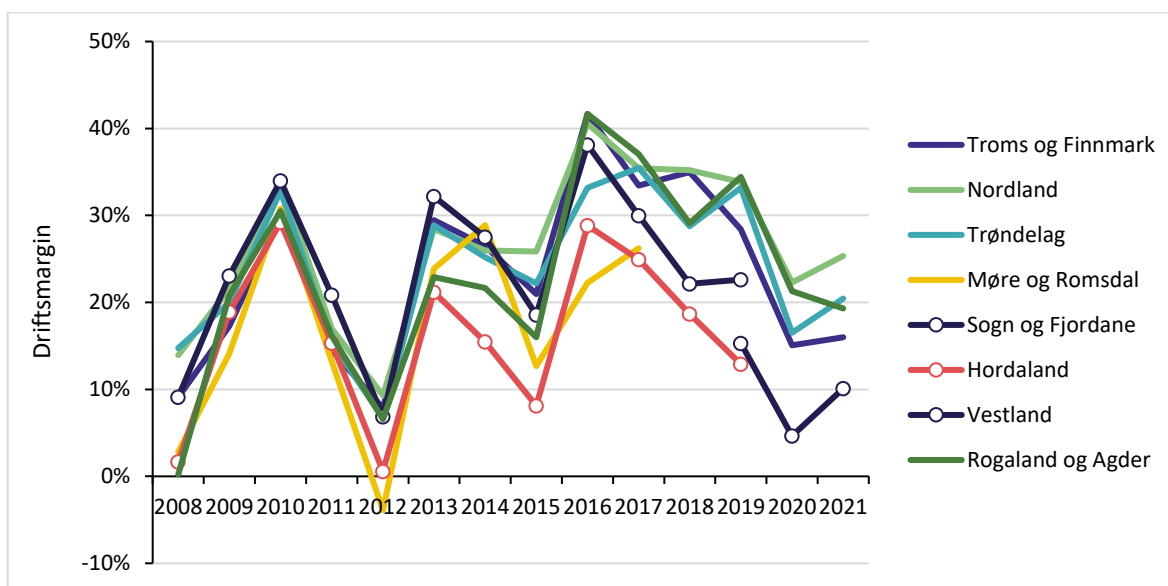
**Figur 1.2.** Utvikling i produsert kvantum laks og ørret i Hordaland og Vestland fylke som andel av total norsk produksjon. Kilde: egne beregninger basert på tall fra Fiskeridirektoratets Akvakulturstatstikk.

Vestlandsfylkenes andel av totalomsetning har holdt seg rundt 20 prosent siden 2008, mens andelen av den totale verdiskapingen i matfiskleddet har avtatt, spesielt de siste 3–4 årene (Figur 1.3, panel A). Siden 2019 har Vestland sin andel av omsetning vært på 23–24 prosent, mot 11–13 prosent av verdiskapingen (Figur 1.3, panel A og B). Misforholdet mellom andel av omsetning og andel og verdiskaping reflekterer at oppdretterne i regionen sammenlignet med i resten av landet har i løpet av de siste årene hatt vesentlige svakere lønnsomhet (Figur 1.4).

<sup>6</sup> MTB er maksimal tillatt biomasse, dvs. hvor mye fisk som en oppdretter til enhver tid har lov å ha stående i sjøanleggene. Alle akvakultur- og lokalitetstillatelser kommer med maksgrenser på MTB-kapasitet.



**Figur 1.3.** Utvikling i verdiskaping / omsetning Vestland vs. Norge (matfiskleddet). Verdiskaping defineres som driftsresultat pluss lønn til arbeidskraft. Kilde: Egne beregninger basert på Fiskeridirektoratets Lønnsomhetsundersøkelser.

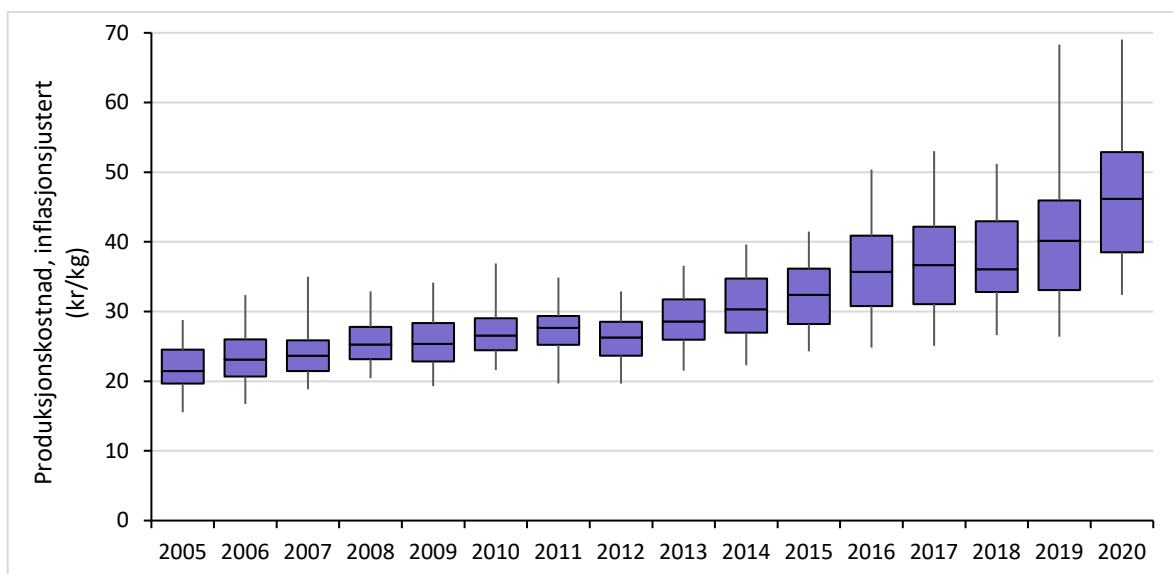


**Figur 1.4** Driftsmargin på tvers av fylker. Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser.

Forskjellene i driftsmargin på tvers av fylker var små før 2013, men har steget mye de siste ti årene. Driftsmarginen for oppdrettere i Hordaland har de siste årene ligget 10–20 prosentpoeng under driftsmarginen for oppdrettere i Nordland og Trøndelag. Oppdrettere i Sogn og Fjordane var blant de mest lønnsomme frem til 2016, men avstanden til de beste fylkene har økt de siste 5–6 årene. Siden 2014 har Vestlandsoppdrettere hatt den svakeste lønnsomheten (med unntak av Møre og Romsdal i ett år, i 2016).

En viktig årsak til de økte forskjellene i lønnsomhet skyldes større forskjeller i produksjonskostnader mellom oppdrettere (Figur 1.5). Også her ser vi at det er særlig siden 2013 vi ser den største økningen i kostnadsvariasjonen. For eksempel, fra 2019 til 2021 har Vestland hatt i gjennomsnitt 10

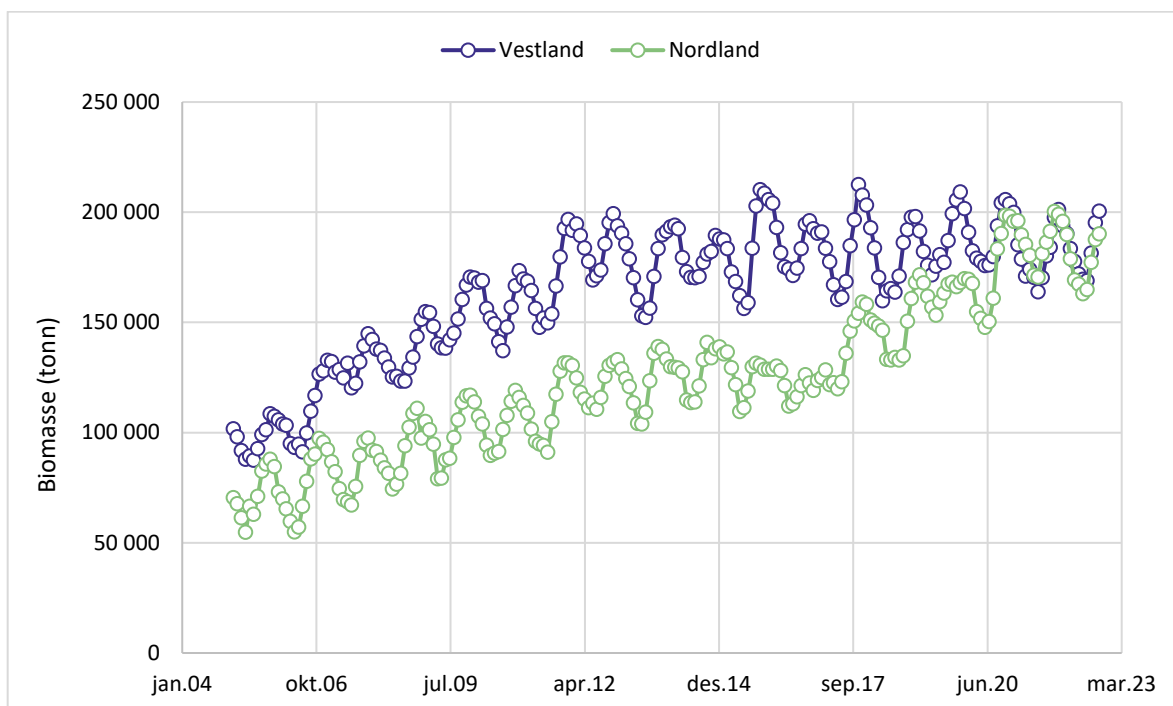
til 12 prosent høyere produksjonskostnader per kg. enn landet som helhet (ikke vist i figur her). Denne forskjellen kommer i hovedsakelig fra høyere kostnader relatert til smolt, kapital, samt lusebehandling og forebyggende tiltak<sup>7</sup>.



**Figur 1.5.** Utvikling og variasjon i produksjonskostnader for hele landet. Den lilla boksen angir 50 prosent av observasjonene og strekene 90 prosent. Kilde: Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelser.

Stagnasjonen i Vestland fylke er spesielt tydelig sammenlignet med Nordland fylke, målt i stående biomasse (Figur 1.6). I Vestland fylke har biomassen ligget på rundt 165.000–215.000 tonn siden 2012, med en nedgang siden 2020 i tråd med nedtrekk i fylket i 2020 og 2022. I Nordland fylke har biomassen i samme periode økt fra ~100.000–140.000 tonn til ~165.000–200.000 tonn. Økningen har vært betydelig etter trafikklssystemet ble introdusert i 2017.

<sup>7</sup> Se f.eks. Iversen m.fl. (2019; 2020) og Misund (2022).



**Figur 1.6.** Stående biomasse av laks og regnbueørret: Vestland vs. Nordland. Kilde: Fiskeridirektoratets biomassestatistikk.

Selv om biomasse og kostnadsutviklingen for Vestland ikke har vært gunstig, har Vestland hatt en fordelaktig slakteprofil over tid. Uttak av laks i Norge som helhet er høyest på høsten når slaktekostnadene generelt er lavere og biomassen høy. Men dette gir noe lavere pris i gjennomsnitt for laks slaktet på høsten. Vestland derimot tar ut større mengde laks tidligere på høsten og sommeren hvor prisene er høye. En slik slakteprofil vil i gjennomsnitt gi noe høyere pris på laksen som slaktes.

## 1.2. Årsaker til stagnert produksjonskapasitet i Vestland de siste 10 årene

Helt siden 1970-tallet har det vært begrensninger på tildelinger og konsesjoner og lokaliteter i oppdrett av laks og regnbueørret. De første 2–3 tiårene var motivet bak reguleringen å legge til rette for produksjonsvekst og en lønnsom utvikling av næringen. Den tidlige perioden er kjennetegnet av sterk produktivitets- og produksjonsvekst, og fallende kostnader og laksepriser. Innovasjoner i fôr, utstyr, teknologi, og vaksiner bidro til veksten.

De siste 10–20 årene har målsetningene bak produksjonsreguleringer endret seg. Fra å i hovedsak være motivert av hensynet til markedet (dvs. unngå antidumpingtiltak)<sup>8</sup> har hensynet til miljø overtatt som den styrende målsettingen (Hersoug, 2021; 2022; Hersoug m.fl., 2021) Eksempler er

<sup>8</sup> Se Misund (2022) for mer informasjon.

strengere lusegrenser (luseforskriften<sup>9</sup>), større minsteavstander mellom lokaliteter (Mattilsynets praksis<sup>10</sup>), strengere krav til teknologi (NYTEK-forskriften<sup>11</sup>), fangst av rømt oppdrettsfisk (utfiskingsforskriften<sup>12</sup>) og trafikklyssystemet (produksjonsområdeforskriften<sup>13</sup>).

Trafikklyssystemet er en sentral miljøregulering. Systemet deler Norskekysten inn i 13 produksjonsområder (PO) og fargelegger miljøstatusen i PO'ene basert på miljøindikatorer. Foreløpig er det kun brukt en miljøindikator, nemlig lakselusindusert dødelighet på postsmolt av villaks. Beslutningsgrunnlaget for miljøindikatoren er analyser og estimeringer gjort av en rekke forskningsinstitusjoner som Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet, og SINTEF.

Hvert år estimeres lakselusindusert dødelighet på postsmolt av villaks<sup>14</sup>. Områder med høy modellert dødelighet (>30 %) blir kategorisert som rød, middels dødelighet gule (10–30 %), og områder med minst dødelighet (<10 %) blir grønne. Annethvert år gjøres en evaluering av lakseluseindusert dødelighet basert på de to siste år, og med konsekvenser for de kommende to årene. Røde PO'er får 6 % nedtrekk i MTB, de gule får ingen endring i MTB, mens de grønne kan kjøpe inntil 6 % ny MTB. Trafikklyssystemet ble innført i 2017, og produksjonsområdene ble fargelagt for første gang for 2018-2019. Men det var først i andre runde med TLS, i 2-årsperioden 2020–2021 at det ble innført sanksjoner for rød farge. I tre runder har det blitt solgt MTB-kapasitet mot vederlag i grønne PO'er (i 2018/2019, 2020/2021 2022/2023). Den røde fargekategorien førte til 6 % nedtrekk i PO4 og PO5 i 2020, og i 2022 fikk PO4 igjen rødt, denne gangen sammen med PO3, som førte til 6 % nedtrekk i begge PO'er.

Tabell 1.1 viser utviklingen i fargeleggingen av produksjonsområdene siden 2016/2017. Det er vanskelig å gjøre en kvantitativ vurdering av størrelsen på endringene i lusepresset kun basert på fargekategoriene, men det kan virke som at det har blitt en forverring siden 2017. Det er like mange røde PO'er, men det har blitt en økning i antall gule PO'er. I noen områder varierer fargene fra år til år, mens i andre er fargeleggingen mer stabil.

---

<sup>9</sup> <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>

<sup>10</sup>

[https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/akvakultur/akvakulturanlegg/fakta\\_om\\_mattilsynets\\_behandling\\_av\\_et\\_ablering\\_og\\_utvidelse\\_av\\_akvakulturanlegg.5857](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/akvakulturanlegg/fakta_om_mattilsynets_behandling_av_et_ablering_og_utvidelse_av_akvakulturanlegg.5857)

<sup>11</sup> <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-08-22-1484>

<sup>12</sup> <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-02-05-89>

<sup>13</sup> <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-01-16-61>

<sup>14</sup> <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/februar/trafikklys>

**Tabell 1.1.** Fargelegging trafikklyssystemet. Fargeleggingen basert på de overordnede konklusjoner om lakselusindusert dødelighet i Ekspertgruppens årlige rapporter<sup>15</sup> (rød = lav, gul = moderat og rød = høy).

PO	Fylke	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Agder/Rogaland							
2	Rogaland							
3	Rogaland/Hordaland							
4	Hordaland/Sogn&Fjordane							
5	Sogn&Fjordane/Møre&Romsdal							
6	Møre&Romsdal/Trøndelag							
7	Trøndelag							
8	Nordland							
9	Nordland							
10	Nordland/Troms							
11	Troms/Finmark							
12	Finmark							
13	Finmark							

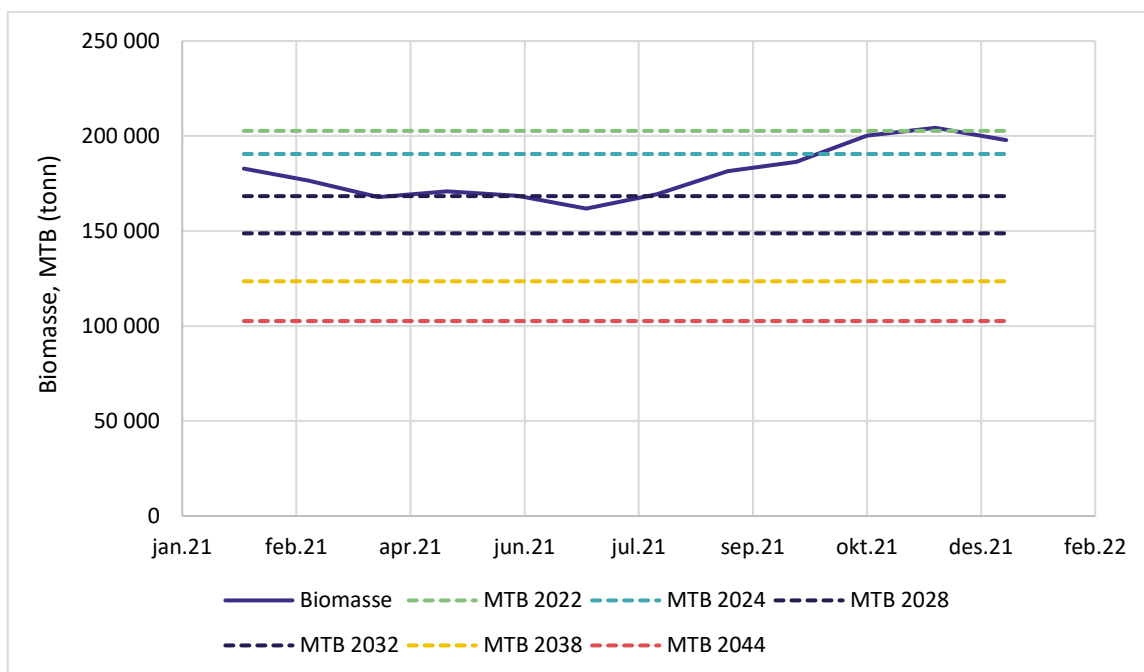
Det er vanskelig å spå utviklingen fremover. I utgangspunktet skulle en forvente en forbedring i lusepresset etter hvert som det gjøres nedtrekk i MTB, men det er vanskelig å se slike forbedringseffekter ut fra Tabell 1. Hittil har MTB blitt trukket ned 6 % i PO3 og 12 % i PO4. Det er imidlertid ikke offentlig kjent hvor stor nedgangen i biomassen må være i PO3 og PO4 før regionene skifter farge til gult eller grønt. Forskning av HI indikerer imidlertid at lusetallene i røde PO'er må under 0,03 for at røde PO'er kommer over i grønt (Sandvik m.fl., 2021)<sup>16</sup>.

En kompliserende faktor er at MTB kun er bindende i oktober/november (Figur 1.7), mens den lakselusinduserte dødeligheten måles i den perioden hvor biomassen er lavest og MTB minst bindende. Det innebærer at effekten av MTB nedtrekk er sterkest senhøstes, og minst i den perioden når postsmolten av villaks vandrer ut av elvene og forbi oppdrettsanleggene i fjordene og langs kysten. Dette betyr at det er usikkert når MTB-nedtrekk blir bindende i den kritiske postsmoltutvandringsperioden om vår/sommer, og hvor stort nedtrekket må være før PO'ene på vestlandet kommer i grønt.

Med utgangspunkt biomasseutviklingen i 2022 kan vi spørre: hvor lang tid tar det før MTB i PO3 og PO4 kommer ned på f.eks. 150.000 tonn, som ligger rett under biomassen vår/sommer 2021? Figuren viser med stiplede linjer hvordan MTB vil utvikle seg med antatt 6 % nedtrekk annethvert år. Her kan vi observere at det vil ta 10 år før MTB kommer ned under 150.000 tonn. Men om dette vil være tilstrekkelig for at PO3 og PO4 skal bli gule eller grønne finnes det ikke offentlig tilgjengelig informasjon om. Hvis biomassen må halveres før PO'ene på vestlandet blir grønne vil dette ta over 20 år (Figur 1.7). Det er også slik at når MTB endres vil oppdrettere endre sin utsett og slaktestrategi slik at totaleffekten på lusepresset i de kritiske periodene av året er usikker.

<sup>15</sup> <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/trafikklyssystemet-hi-sin-kunnskap>

<sup>16</sup> <https://www.kyst.no/havforskningsinstituttet-trafikklys/hi-om-alle-anlegg-hadde-02-lus-per-fisk-ville-lusepresset-vorte-altfor-hogt/370328>



**Figur 1.7.** Maksimal tillatt biomasse (MTB) etter nedtrekk i PO3 og PO4 samlet (6 % annethvert år), sammenlignet med biomasseutviklingen i 2021. Kilde biomasse: Fiskeridirektoratets biomassestatistikk.

### 1.2.1. Vil strengere lusegrenser kunne bidra til å gjøre røde PO'er grønne?

Et alternativ til nedtrekk av biomasse er å sette lavere lusegrenser. I tillegg til trafikklssystemet reguleres lus i havbruk også av luseforskriften. Denne forskriften setter grenser for hvor mange modne hunn lus som det til enhver tid er tillatt i snitt på oppdrettslaks og regnbueørret. Hver uke må antall lus telles og rapporteres. Tiltak mot lakselus må iverksettes før lusegrensene når et visst nivå. Ved overtredelser av lusegrensene kan myndighetene iverksette tiltak, inkludert dagsbøter og i verste fall inndragelse av tillatelsen. Lusegrensene er i prinsippet kvoter på lakselus («lusekvoter»).

Forskere ved Havforskningsinstituttet har beregnet at lusegrensene må settes ytterligere ned, og antall lus per fisk må komme under 0,03 lus før lusepresset i røde PO'er blir så lavt at de kan bli grønne (Sandvik m.fl., 2021). Men er dette mulig i praksis? Enda lavere lusetall på oppdrettslaksen med samme biomasse og lusepress som i dag vil nødvendigvis bety høyere frekvens i avlusningen, og potensielt svekket fiskehelse og økt dødelighet.

Over tid har lusegrensene blitt strengere og i 2013 ble det innført en maksimumsgrense på 0,2 lus i en periode på 6 uker om vår/sommer når postsmolt av villaks vandrer ut fra elvene, og 0,5 modne hunn lus i resten av året. Samtidig har biomassen av oppdrettslaks og regnbueørret, som er verter for lakselusen, i sjøen økt.

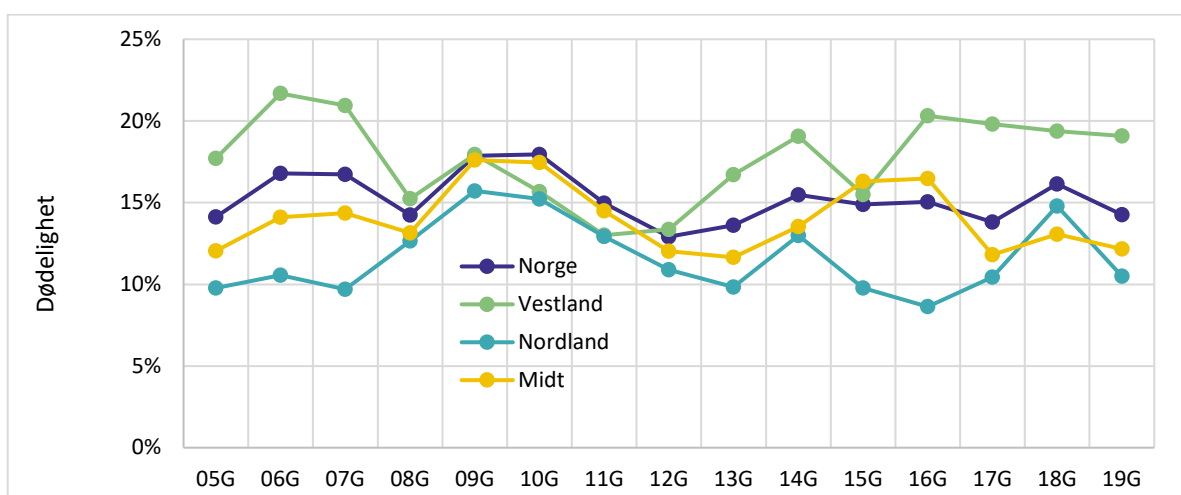
I perioden etter 2013 økte avlusningsintensiteten, som kombinert med lusens økte resistens mot de vanligste kjemiske avlusningsmidlene, førte til en brå overgang til nye, ikke medikamentelle og «mekaniske» avlusningsmetoder. Disse sistnevnte avlusningsmetodene har gitt økt dødelighet hos stor oppdrettsfisk, og gjennomsnittlig dødvekt har gått fra omtrent 1 kilo til 2 kilo de siste 10 årene.



Selv om de metodene har vært effektive i fjerne lakselus og gitt lavere lusetall, så har det gått på bekostning av fiskevelferd og bedriftenes lønnsomhet.

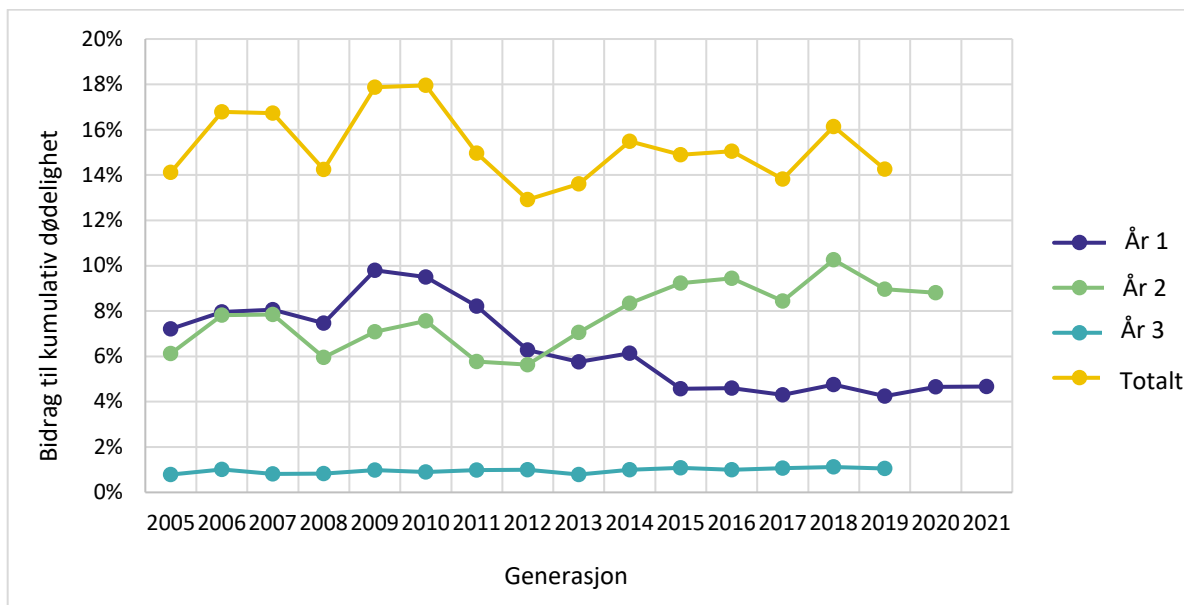
I tillegg til MTB, påvirkes produksjonen av en rekke andre faktorer. En av disse er biologisk risiko. De største kildene til biologisk risiko i dag er lus og fiskesykdommer. Hvor mange lus oppdrettslaksen tåler er avhengig av størrelse. Større fisk tåler et større antall lus. Men det er ikke bare antall lus på oppdrettslaksen som gir potensielle økonomiske tap for selskapene, men også lusereguleringer og lusebehandlinger kan gi økte kostnader (Iversen m.fl., 2019; Misund, 2022). Veterinærinstituttet (Sommerset m.fl., 2022) viser i sin seneste rapport om fiskehelse at mekaniske og termiske behandling av lakselus fører til høy risiko for sykdomsutbrudd i ukene etter behandling. Det skyldes at fisken utsettes for mye stress.

Vestland har høyere dødelighet enn de andre større oppdrettsfylkene Nordland og Trøndelag (Figur 1.8).



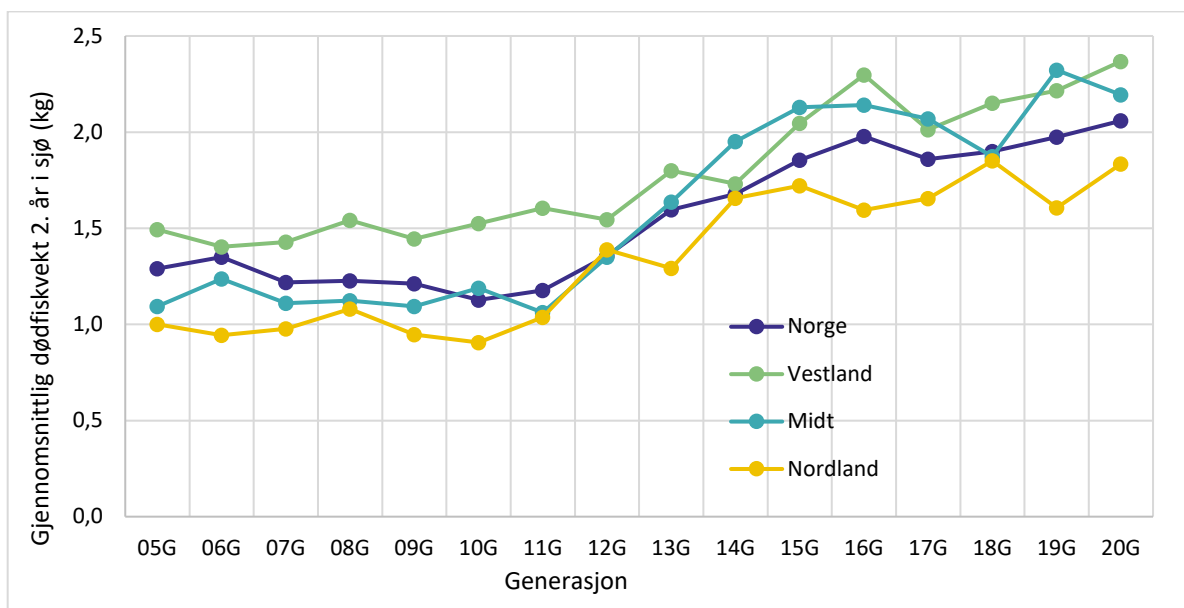
**Figur 1.8.** Dødelighet av laks og regnbueørret andre år i sjø per generasjon (som andel av utsatt fisk). G = generasjon, f.eks. 16G = dødelighet for fisk i 2017 som er satt ut i sjøen som smolt i 2016. Egne beregninger basert på data fra Fiskeridirektoratets biomassestatistikk.

Dødelighetstall presentert som prosenter kan ofte være misvisende. Den totale dødeligheten av oppdrettslaks og -ørret har ligget mellom 12–18 prosent av utsatt fisk de siste 15–20 årene, og har sunket noe siden 2010. Siden 2009/2010 har dødeligheten av fisk i første år i sjø sunket (dvs. postsmolten), mens den har økt for laks og ørret i sine andre år i sjø (Figur 1.9). Fisken har fått bedre overlevelse i det første året etter overføring fra settefiskanleggene, mens i fiskens andre år i sjø, har dødeligheten økt, noe som gir økt produksjonstap siden fisken som dør har en større vekt.



**Figur 1.9.** Dødelighet for små vs. stor fisk per generasjon (som andel av utsatt fisk) og etter tid i sjø. X-aksen er generasjon, f.eks. verdiene i 2016 = dødelighet for fisk i 2016 (År 1), 2017 (År 2) eller 2018 (År 3) og som er satt ut i sjøen som smolt i 2016. Kilde: Egne beregninger basert på tall fra Fiskeridirektoratets biomassestatistikk.

Økt dødelighet av stor fisk er felles for alle fylkene (Figur 1.10), og knyttes til strengere lusereguleringer kombinert med en brå overgang til ikke-medikamentelle ikke-biologiske avlusningsmetoder (Bui m.fl., 2022; Misund, 2022; Walde m.fl., 2021). Imidlertid er dødfisken nesten en halv kilo tyngre i Vestland enn i Nordland. Økende dødfiskenvekt betyr økte produksjonskostnader, og kan delvis forklare kostnads- og lønnsomhetsforskjellene mellom Vestland og andre produksjonsfylker.



**Figur 1.10.** Gjennomsnittsvekt på dødfisken i andre år i sjø. Siden kun antall dødfisk er tilgjengelig er det gjort en antagelse om at dødfisken har like stor vekt som den levende fisken i samme måned. G = generasjon, f.eks. 16G = gjennomsnittsvekt for fisk som dør i 2017 og som er satt ut i sjøen som smolt i 2016. Egne beregninger basert på data fra Fiskeridirektoratets biomassestatistikk.

Gitt økt dødelighet av stor fisk i forbindelse med avlusning kombinert med bekymringer fra veterinærer om fiskehelse og -velferd i forbindelse med avlusninger, vil det være krevende å forsøke å redusere lusetallene på oppdrettsfisken ytterligere med enda strengere lusegrenser. Den rådende merd-teknologien og tilhørende metoder for avlusning medfører store etiske, helsemessige og økonomiske utfordringer knyttet til behandling av lus. Dagens løsninger på luseproblematikken fremstår i liten grad som bærekraftig.

### 1.2.2. Finnes det andre alternativer enn MTB-nedtrekk og lavere lusegrenser?

Det er usikkert hvor lang tid det vil ta før dagens system med MTB-nedtrekk vil ha en reduserende effekt på lakselusindusert dødelighet på postsmolt av villaks. Om det tar noen få år eller flere tiår finnes ikke offisiell estimerer på. Vi har ikke klart å finne ut hvor mye biomassen må reduseres i PO4 før området vil gå fra rødt til gult eller fra rødt til grønt. Som diskutert i forrige seksjon vil det være krevende å senke lusegrensene ytterligere fra dagens nivå uten at det går ut over fiskevelferden til oppdrettsfisken.

Finnes det andre alternativer til de to ovenfornevnte reguleringene, luseforskriften eller trafikklyssystemet? På kort til mellomlang sikt kan en tenke seg følgende alternativer:

1. **Luseskjørt, rensefisk, luselaser.** Effektene av disse tiltakene er ikke godt dokumentert, og det er derfor vanskelig å avgjøre hvor effektive og kostnadseffektive disse avlusningstiltakene er. Utsett av rensefisk har avtatt de siste årene og det har vært høy dødelighet og fiskevelferdsutfordringer knyttet til denne formen for avlusning.
2. **Tube-not.** Har dokumentert lusereduserende effekt, men ikke i særlig kommersiell bruk.
3. **Stive luseskjørt** (f.eks. Aquatraz). Har dokumentert lusereduserende effekt, men det er ikke kjent om andre enn MNH bruker teknologien. Fortsatt i utviklingsfasen.
4. **Nedsenkbare merder** (f.eks. Atlantis Subsea Farming). Utviklingstillatelsesprosjektet dokumenterte reduserte antall avlusninger sammenlignet med kontrollmerder. Det er ukjent om denne teknologien er i kommersiell bruk. Nylig rapportering av positive resultater fra en utviklingstillatelse til SinkabergHansen i samarbeid med AKVA Group er at de fra 2023 vil ha 30 nedsenkede enheter av Atlantis Subsea Farming konseptet. De rapporterte fra utviklingstillatelsen at i den 15 måneder perioden laksen sto nedsenket mellom 20–60 meter hadde man ingen behov for behandling av lakselus<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> <https://ilaks.no/her-loftes-laksen-opp-til-overflaten-etter-450-dager-i-dypet/>

5. **Semi-lukkede anlegg (Flytende lukkede oppdrettsanlegg – FLO).** Har veldig god dokumentert effekt på lakselus. Både Akvafuture og FishGlobe har fått dispensasjon fra luseforskriften pga. dokumentert fritt for lakselus.
6. **Landbaserte anlegg.** De siste årene har det blitt investert store beløp i landbasert matfiskanlegg, både i Norge og i utlandet. Denne typen teknologi krever store investeringer, og har økte driftskostnader sammenlignet med åpne merder. Foreløpig har ikke landbaserte anlegg dokumentert tilfredsstillende lønnsomhet. To typer landbasert anlegg utprøves, både resirkuleringsanlegg (RAS) og gjennomstrømningsanlegg (kun det partikulære organiske materialet resirkuleres).
7. **Vaksine.** Det arbeides med å utvikle en vaksine på lus. Foreløpig er forsøksresultatene lovende, men foreløpig ikke i kommersiell bruk<sup>18</sup>.
8. **Nye medikamenter.** Nye medikamenter mot lakselus har ofte en begrenset holdbarhetstid før lakselusen utvikler resistens.
9. **Lusevarslings.** Hensikten er å predikere lusepress for å kunne sette i gang preventive tiltak (f.eks. luseskjørt, fôring i dybden osv.) i forbindelse med en forventet økning i luselarvekonsentrasjon.

På lengre sikt kan avl være et mulig tiltak for å øke laksen motstandskraft mot lakselus, men det er usikkert om dette er mulig å få til og hvor effektivt det vil være.

De ulike tiltakene i listen over har både fordeler og ulemper. Noen metoder brukes etter at lusen har festet seg på oppdrettsfisken (reaktive metoder), mens andre er proaktive. I sistnevnte kategori kommer luseskjørt (duker og stive), vaksiner, nedsenkbare merder, og lukkede anlegg på land eller i sjø. De ulike tiltakene har ulik effektivitet og kostnadsnivå. Lukkede anlegg har høyere investeringskostnader enn åpne merder. RAS-anlegg har høyere investerings- og driftskostnader enn gjennomstrømningsanlegg, mens FLO-teknologi har ofte lavere kostnader enn landbasert anlegg. Semi-lukkede anlegg med full barriere både på sidene og i bunn er dyrere enn anlegg med stive luseskjørt i stål. Nylige resultater fra nedsenkbare anlegg melder om gode resultater og intensjoner om oppskalering av produsent som benytter anleggene. Det finnes foreløpig ingen analyse som sammenligner lønnsomheten til de ulike lusetiltakene.

Selv om FLO-teknologi har høyere investeringskostnader enn andre sjøbaserte avlusningstiltak, er det barriereteknologi som i dag har dokumentert best effekt på å hindre luseinfeksjoner (Barrett m.fl., 2020). Selskapet Akvafuture fikk i 2021 dispensasjon fra luseforskriften<sup>19</sup>. En tilleggsfordel med FLO-teknologi er at den kan samle opp sedimenterbart organisk avfall. Det betyr at det er et potensiale til å øke produksjonen av laks og ørret på samme lokalitet. En lokalitets miljømessig bæreevne er den viktigste bestemmende faktoren for lokalitets-MTB<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> <https://www.kyst.no/erik-slinde-lakselusvaksine-vaksine/kan-ha-utviklet-en-effektiv-lakselusvaksine/1445448>

<sup>19</sup> <https://ilaks.no/akvafuture-slipper-a-telle-lakselus-selskapet-fikk-positivt-svar-fra-mattilsynet-i-gar/>

<sup>20</sup> <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Tildelingsprosessen>

Ved oppsamling av organisk materiale vil utslippene reduseres. Hvis halvparten av utslippene av det sedimenterbare partikulære materiale samles opp, kan det potensielt bety at produksjonen på en lokalitet kan doubles<sup>21</sup>. Det innebærer at hvis det er et uttalt ønske om en betydelig vekst i produksjonen av oppdrettet laks og regnbueørret i et produksjonsområde som er farget rødt, finnes det i dag få alternativer til semi-lukkede anlegg. Videre kan noen av FLO-teknologiene også bidra til økt rømmningssikkerhet (dvs. anlegg med dobbel rømmningssikring). Teknologiens evne til å hindre spredning av fiskesykdommer er lite studert, men bør undersøkes nærmere. Hvis det viser seg at FLO-teknologien kan hindre/redusere spredning av fiskesykdommer, er det et potensiale for å redusere minsteavstandskravene mellom anlegg, som kan åpne opp for flere lokaliteter i et produksjonsområde.

Selv om investerings- og driftskostnadene for FLO-teknologi i dag er høye, vil innovasjoner kunne føre til reduserte kostnader på sikt, slik som en har sett for f.eks. solpanel. I tillegg vil redusert utslipp av lus, organiske materiale og økt rømmningssikkerhet redusere eksternalitetene fra havbruk, og dermed redusere de samfunnsøkonomiske kostnadene.

### 1.3. Hvor mye av slammet kan oppsamles / gjenvinnes?

Anslagsvis ~30 prosent av fiskefôret blir igjen i fisken, resten (~70 %) skilles ut av anleggene som løste næringssalter, fôrspill eller fekalier (Torrissen m.fl., 2016)<sup>22</sup>. Av de organiske utslippene består over halvparten av oppløste næringssalter, mens resten, det sedimenterbare partikulære materialet, fordeler seg på 29 prosent fekalier og 5–11 prosent fôrspill (av totalt fôrforbruk)<sup>23</sup>. Fôrforbruket i lakse- og ørretoppdrett har de siste årene vært på rundt 2 millioner tonn per år, noe som innebærer at det partikulære avfallet tilsvarer omtrent 0,67 – 0,81 millioner tonn per år. I dag blir ikke utslipp av organisk avfall som fôrspill og fekalier ansett å representere et miljøproblem (Havforskningsinstituttet, 2023). Store overvåkingsprogrammer som Marin Overvåking Rogaland, Marin Overvåking Hordaland og Marin Overvåking Nordland har undersøkt vannmiljø, bunnforhold og makroalger i oppdrettsaktive fjorder, i over 10 år, og har funnet liten påvirkning fra næringssalter i de aller fleste områdene som er undersøkt<sup>24</sup>. MOM-B og -C prøver er lovpålagt og gjennomføres jevnlig for å undersøke om havbunnen under oppdrettsanlegg har tatt skade av de organiske utslippene<sup>25</sup>. Rundt 90 prosent av lokalitetene har god eller meget god miljøtilstand under anleggene, mens under 2 prosent har meget dårlig tilstand. Selv om utslipp av oppløste næringssalter og partikulært organisk materiale i dag ikke blir ansett som en miljøutfordring, kan dette endre seg hvis produksjonen av oppdrettsfisk mangedobles<sup>26</sup>.

Utslipp av oppløste næringsstoffer og sedimenterbart organisk avfall er imidlertid en ressurs på avveie, og utslippene kan potensielt ha en alternativ anvendelse. Spesielt har fosfor fra slam har

---

<sup>21</sup> Tar forbehold om at oppløst organisk utslipp ikke begrenser lokalitetens bæreevne. Hvis det er tilfelle, vil ikke produksjonen kunne doubles.

<sup>22</sup> Se også mer informasjon/rapporter om slam her: <https://nofima.no/fakta/verdt-a-vite-om-slam-fra-fiskeoppdrett/>

<sup>23</sup> <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2023-6#sec-2-5>

<sup>24</sup> <https://stiimaquacluster.no/2022/09/23/marin-overvaking-rogaland-tiarsrapport-er-publisert/>

<sup>25</sup> Se mer på Barentswatch.no : <https://www.barentswatch.no/havbruk/miljoovervakning>

<sup>26</sup> <https://www.hi.no/hi/nyheter/2019/juni/hvor-mye-loste-neringsalter-fra-oppdrett-taler-kysten>

blitt identifisert som en viktig kilde til fosfor som bør gjenvinnes. Det anslås at 8.000 tonn fosfor slippes ut per år i fiskeoppdrett (HI, 2023).

Det er i dag usikkert om det er bedriftsøkonomisk lønnsomt å gjenvinne slam. Fôrrester og fekalier kan samles opp og brukes til produksjon av biogass, gjødsel eller andre produkter<sup>27</sup>. Over 90 prosent av fosforet i asken etter forbrenning av slam til biogass kan utvinnes<sup>28</sup>. Det forskes og på om det er mulig å produsere nye organismer på slammet før det anvendes til gjødsel og biogass<sup>29</sup>.

Det er ikke alt slammet som kan samles opp. Spesielt fekalier er utfordrende da de kan gå i oppløsning før de kan samles i filterne. I lukkede anlegg blir også sjøvannet strømsatt, og den økte vanngjennomstrømningen kan føre til økt oppløsning av fekalier. Det er derfor foreløpig ukjent hvor mye av det partikulære organiske materialet fra lukkede anlegg i sjø som kan samles opp. Det er gjort noen beregninger for landbasert oppdrett, og som vises under. Det er finnes erfaringsdata som tilsier at rensegraden er knyttet til fôrfaktoren. I anlegg med høy fôrfaktor er rensegraden høyere enn anlegg med lav fôrfaktor<sup>30</sup>.

Slam fra fiskeoppdrett i sjø må samles opp ved hjelp av filtersystemer. Det er lettere å samle opp fôrrester enn fekalier siden sistnevnte ofte kan gå i oppløsning<sup>31</sup>. I neste ledd må slammet avvannes i flere trinn før det tørkes til et tørt pulver. Selv om tørking er energikrevende gir det et produkt som er mer stabilt, lettere å håndtere, transportere og med et redusert kvantum (Aas, 2021).

Slam fra produksjon i saltvann vil inneholde salt som vil påvirke bruken av slammet, men saltinnholdet kan reduseres ved avvanning (Aas, 2021).

Analyser av oppsamling av slam i landanlegg viser at 30–40 % av slammet kan oppsamles (Aas og Åsgård, 2019). Om samme andel av slammet kan samles i flytende semi-lukkede anlegg har vi ikke funnet studier på. Figur 1.11 viser estimert mengde og oppsamlet slam i et landanlegg (hentet fra Aas, 2021)

---

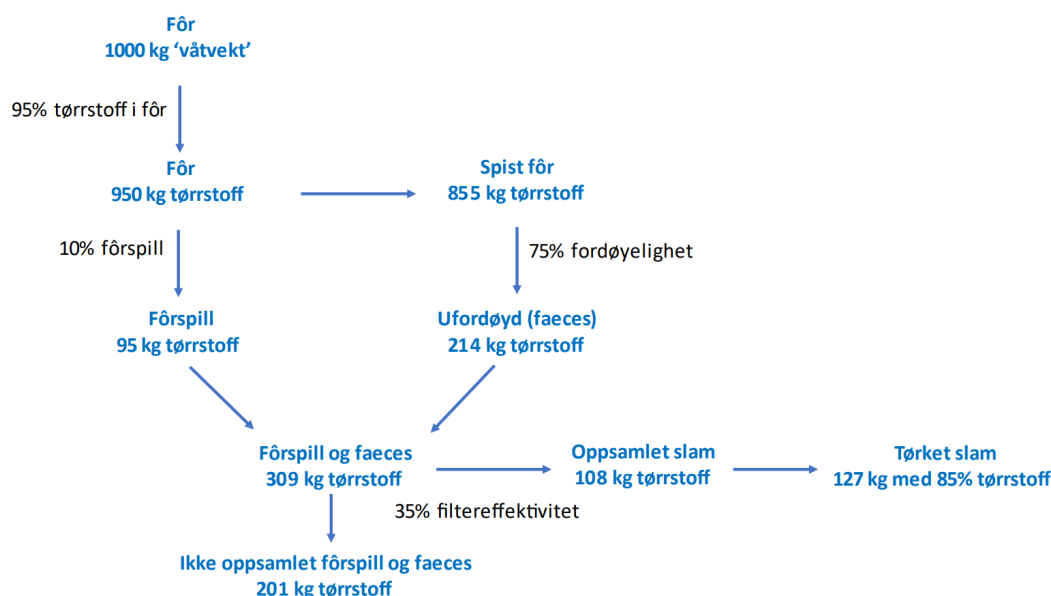
<sup>27</sup> <https://www.akvafuture.com/no/>

<sup>28</sup> <https://www.ragnsells.no/om-oss/nyheter-og-presse/artikler/havbruk-prosjekt/>

<sup>29</sup> <https://www.ntnu.no/nyheter/dette-nyttige-krypet-lever-av-slam-fra-fiskeoppdrett/>

<sup>30</sup> <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing-forslag-om-etablering-av-en-ny-ordning-for-tildeling-av-tillatelser-til-miljoteknologiformal/id2875765/?uid=68659626-b860-4e3b-8f5d-3b16c1f8202d>

<sup>31</sup> <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2759672/Rapport+23-2021+Kunnskapsgrunnlag+-+Slam+fra+lakseoppdrett.pdf?>



**Figur 1.11.** Estimert mengde og oppsamlet slam i et landanlegg. Kilde: Aas (2021) og Aas og Åsgård (2019).

Hvis produksjonen i lukkede anlegg blir høy, vil det gi en betydelig mengde slam. Hvis en legger estimatene til Aas (2021) og Aas og Åsgård (2019) til grunn og en produksjon i lukkede anlegg i sjø på 100.000 tonn rundvekt laks gi et fôrforbruk på 110.000 tonn (bFCR=1,1), vil det innebære en produksjon av ca. 14.000 tonn tørket slam, men kan være betydelig lavere for gjennomstrømningsanlegg i sjø med høyere vanngjennomstrømning.

Det er imidlertid vanskelig i dag å beregne verdiskapningen knyttet til oppsamling og utnyttelse av slam. Hvis en antar at verdiskapningen er på 1 kr/kg tørket slam betyr det en verdiskaping på 14 MNOK, og 1,4 MNOK hvis verdiskapningen er 10 øre/kr kg tørket slam, eller 140 MNOK med 10 kr/kg tørket slam.

For en oppdretter med et lukket anlegg og hvor MTB har blitt doblet pga. konvertering fra åpen til lukket teknologi, kan mengden tørket slam bli ~325 tonn per år (gitt en produksjon på 1,5 ganger MTB og fôrfaktor på 1,1). Med lavere rensegrad vil mengden slam bli lavere, og motsatt med høyere rensegrad en funnet i Aas og Åsgård (2019).

I en nylig publisert rapport estimerer PwC at det kan samles inn 334.000 tonn slam per år, som kan resultere i 1.120–3.090 GWh biogass, 11.000 tonn høstbar fosfor og 18.700 tonn høstbar nitrogen per år (PwC, 2023).

Det vil etableres en industri basert på resirkulering og oppsamling av slam fra lukkede anlegg i sjø siden oppdretterne må kvitte seg med slammet. Om selskapene i fremtiden må betale for at slammet hentes eller om det har en tilstrekkelig høy verdi at det kan selges er usikkert. I nærmeste fremtid er det grunn til å tro at håndtering av slam være en kostnad for oppdrettere i lukkede anlegg. Siden fosfor anses å være en ikke-fornybar og geografisk begrenset ressurs (Brod og Øgaard, 2021),

kan verdien av denne øke på sikt, og behov økt gjenvinning tvinge seg frem, slik at salg av slam til gjenvinning potensielt kan gi inntekter til oppdretter.

## 1.4. Mer om rensegrad og lukkegrad

### Rensegrad

Usikkerheten knyttet til hvor mye av slammet som kan gjenvinnes med lukkede anlegg i sjø fanger vi opp ved å sammenligne lønnsomheten til lukkede anlegg ved ulike rensegrader. Med rensegrad menes hvor mye av det partikulære sedimenterbare organisk utslippet som kan samles opp. Det er dette organiske avfallet som vil sedimenteres under og rundt anleggene og potensielt gi endringer i bunnfauna og -kjemi, og slå ut ved MOM-B og -C undersøkelser.

I dag vil ikke konvertering av åpne anlegg til lukkede anlegg automatisk gi økt produksjon selv om utslippene av fôrspill og fekalier vil være lavere med lukkede anlegg med samme biomasse som i åpne anlegg. Før en lokalitet kan godkjennes hos Statsforvalter, kommuner og Fiskeridirektoratet må det gjennomføres en kartlegging av bæreevnen til lokaliteten. Størrelsen på utslippstillatelsen bestemmes av flere faktorer, bl.a. størrelsen på belastningen, spredningsstrømmene, total belastning fra andre lokaliteter i fjorden, andre utslipp (f.eks. kommunale utslipp) (pers. medd. Tom Kjellsen, Stavanger kommune). Størrelsen på tillatelsen vil da avgjøres av de samlede utslippene i fjorden sammen med lokalitetens beskaffenhet. Utslippstillatelsene gis for et visst antall tonn MTB.

Det er i prinsippet mulig å øke produksjonen av oppdrettet laks og regnbueørret på en lokalitet med god bæreevne, fortsette drift på lokaliteter med dårlig miljøtilstand på havbunnen<sup>32</sup>, eller ta i bruk nye lokaliteter som i dag er uegnet for oppdrett med åpne merder.

I den økonomiske analysen undersøker vi de økonomiske effektene av at det tillates økt MTB på lokaliteter som lukkes. Vi analyserer denne effekten ved å la MTB øke proporsjonalt med rensegraden til et lukket anlegg.

### Lukkegrad

Med lukkegrad menes andelen av lokaliteter (som til enhver tid er i bruk) i produksjonsområdet som konverteres fra åpne merder til lukkede merder (på hele lokaliteten). En lukkegrad på 25 prosent betyr at 25 prosent av lokalitetene i produksjonsområdet har konvertert til lukkede anlegg. Her legger vi til grunn en tilfeldig lukking av lokaliteter, men numeriske analyser gjort av Havforskningsinstituttet viser at en kan oppnå vesentlig større lusesmittereduserende effekt med strategisk lukking (lukking av de lokalitetene med størst lusesmitte).

---

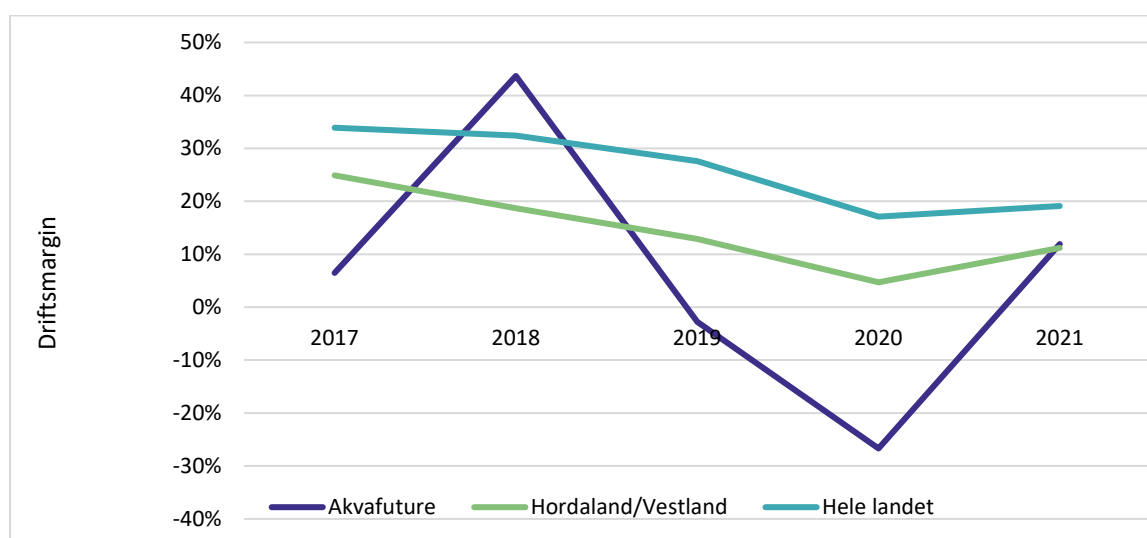
<sup>32</sup> Ifølge Tom N. Pedersen i Statsforvalteren for Vestland som referert i PwC-rapporten «Ny grønn verdikjede med slam fra havbruk som innsatsfaktor» (PWC, 2023) «Noen oppdrettere vil kunne øke produksjonen hvis de reduserer utslippene, og noen vil kunne fortsette driften på lokaliteter som er mindre egnet for drift i åpne merder. Slam kan gå fra å være avfall til å bli en ressurs».



## 2. Økonomiske analyser

### 2.1. Hva vet vi om lønnsomheten i lukkede anlegg vs. konvensjonell teknologi?

Det finnes lite erfaringsdata for kostnader og lønnsomhet for kommersiell produksjon av laks i lukkede anlegg i sjø. Selv om teknologien har vært utprøvd i flere omganger, har en liten driftserfaring. Akvafuture har levert regnskap siden 2017, men lønnsomheten har variert mye fra år til år. I perioden 2019–2020 hadde selskapet gjelleproblemer på nyutsatt smolt som måtte saneres, og ga redusert slakt i 2020, og som er en viktig forklaringsfaktor for den lave lønnsomheten i perioden. I 2021 hadde Akvafuture en driftsmargin som lå litt over gjennomsnittet for 33 vestlandsoppdrettere (Figur 2.1). En skal være forsiktig med å trekke konklusjoner basert på få datapunkter, men tallene er en indikasjon på at i perioder uten biologiske problemer kan selskaper som bruker lukket teknologi levere gode resultater.



**Figur 2.1.** Akvafuture driftsmargin og resultatmargin 2017–2021, sammenlignet med gjennomsnittlig lønnsomhet Vestland fylke og resten av Norge.

### 2.2. Beregning av bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter av nedtrekk og lukking i PO4

Nedtrekk av MTB i en PO som følge av rød fargelegging har økonomiske konsekvenser både for bedriften og for samfunnet. Vurdering av de samfunnsøkonomiske kostnadene av et vedtak innebærer en sammenstilling av gevinstene ved vedtaket med kostnadene. Effektene kan gå både i positiv og negativ retning.

På den ene siden vil nedtrekk gi direkte negative bedriftsøkonomiske konsekvenser i form av redusert produksjon og dårligere utnyttelse av produksjonskapasiteten. Men det er ikke bare i matfiskleddet hvor det vil være behov for nedskalering, nedtrekket i MTB vil også ha konsekvenser

for hele verdikjeden. Kjøp av innsatsfaktorer som smolt, fôr, brønnbåttjenester osv. vil reduseres, som vil påvirke selskaper som betjener verdikjeden.

Det vil være forskjellige effekter på kort og på lengre sikt. På kortere sikt vil selskapene ha mindre muligheter til å gjøre endringer i drifts- og investeringsbeslutninger, enn på lengre sikt hvor det er større rom for å gjøre endringer.

Faste kostnader vil fordeles på lavere produksjon, som vil gi høyere enhetskostnader. Det er gjort investeringer i varige anleggsmidler, med kostnader i form av avskrivninger, vedlikehold og finansiering. Slike investeringer er vanskelig å nedskalere på kort tid. Selskaper kan ha kjøpt immaterielle eiendeler som akvakulturtillatelse. Selv om disse ikke avskrives, har de en kapitalkostnad, som kan være betydelig gitt de høye konsesjonsprisene de siste 10 årene.

På den andre siden vil nedtrekk potensielt redusere smittepresset av lakselus på villaksen, som vil redusere de eksterne kostnadene fra havbruksaktivitetene. Videre vil nedtrekk potensielt også gi mindre lusepress på oppdrettslaksen, og dermed redusert behov for avlusning og dødelighet/ redusert tilvekst knyttet til luseinfestasjoner og lusebehandlinger. Imidlertid kan det også hende at nedtrekket i MTB gir incentiver til å fortsette med intensivt lusebehandlingsregime. Gitt ulike effekter er det derfor svært usikkert hvor store disse effektene er, og det vil kreve modellering av lusesmitte på både oppdretts- og villaksen. Beregninger av bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter blir derfor svært usikre.

En vanlig, enkel og transparent tilnærming er å analysere verdiskapingen. Den totale verdiskapingen er summen av verdiskaping i leverandører til havbruksnæringen, matfiskproduksjon, bearbeiding og eksport og verdiskaping i andre næringer som leverer til havbruksverdikjeden (ringvirkninger). Verdiskaping i de ulike leddene kan beregnes enten som salgsinntekter fratrukket kjøp av varer og tjenester, eller som driftsresultat pluss lønn til arbeidskraft. De bedrifts- og samfunnsøkonomiske effektene av nedtrekk måles da som endringene i verdiskapingen som konsekvens av nedtrekket.

### **2.2.1. Bedriftsøkonomiske analyser**

Først begynner vi med de bedriftsøkonomiske analysene undersøker lønnsomheten til investeringer i lukkede anlegg kontra åpne merder. Vi ser på effektene av ulike rensegrad på lønnsomheten for lukkede anlegg. Vi modellerer også hvordan lønnsomheten til åpne merder varierer med antall lusebehandlinger og MTB-nedtrekk. Det beregnes lønnsomhet før og etter skatt (inkludert Regjeringens forslag til grunnrenteskatt i havbruk som ble annonsert 28.9.2022).

Vi analyserer de økonomiske effektene av lukking av enkeltlokaliteter på følgende måte. Utgangspunktet er en bioøkonomisk modell for produksjon av laks over en produksjonssyklus på 18 måneder. Vekstraten til fisken varierer med sjøtemperatur og fiskestørrelse, og fôrfaktoren øker med fiskens vekt. Det lages to bioøkonomiske modeller, en for produksjon i åpne merder og en for lukkede anlegg. Det som skiller de to modellene, er dødeligheten. Totaldødelighet er summen av en baseline dødelighet og avlusningsdødelighet, hvor sistnevnte bestemmes av antall avlusninger. Det antas en lavere baseline dødelighet i lukkede anlegg enn i åpne merder siden avlusningsdødeligheten ikke fanger opp de langsiktige negative fiskevelferdseffektene av avlusninger i åpne merder.

Det neste steget er investeringsanalyser med utgangspunkt i en standardtillatelse (men med samme produktivitet som om det skulle vært en stor lokalitet på 4–5 selskapstillatelser), med følgende antagelser (Tabell 2.1, i reelle 2023-kroner):

**Tabell 2.1.** Forutsetninger i den bedriftsøkonomiske modellen.

	Åpen	Lukket	Forklaring
Smoltpris (kr/stk)	18	18	Antagelse, basert på siste års lønnsomhetsundersøkelse
Fôrpris (kr/kg)	15	15	Antagelse, basert på siste års lønnsomhetsundersøkelse
Administrasjon (inkl. lønn, MNOK/år)	10	15	Antagelse, basert på siste års lønnsomhetsundersøkelse
Investeringsbeløp (MNOK)*	35	120	Har antatt at et lukket anlegg koster 100 MNOK, og det koster ytterligere 20 MNOK for å utruste lokaliteten
Avkastningskrav	8 %	10 %	Basert på Misund m.fl. (2019). Har benyttet et høyere avkastningskrav for lukkede anlegg pga. større risiko.
Vedlikehold (MNOK/år)	2,75	3,50	Egne beregninger basert på Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse for åpne merder. Lagt til 0,75 MNOK/år for lukkede anlegg da vi antar ca. 25 % høyere vedlikeholdskostnader
Energi (kr/kg)**		4,0	Basert på informasjon fra en produsent av lukkede oppdrettsanlegg
Oksygen (kr/kg)**		1,0	Basert på informasjon fra en produsent av lukkede oppdrettsanlegg

Noter. \*Ikke bare merder, nøter, og forankring, men tallene er også inkludert fôrflåte, driftsbåter, landanlegg, landstrøm, osv<sup>33</sup>. \*\*Mer-energi- og oksygenforbruk for lukkede anlegg.

Lukket teknologi er fortsatt under utvikling, og en kan forvente en fallende kostnadskurve over tid etter hvert som innovasjoner bidrar til reduserte enhetskostnader. Vil forvente at etter hvert som teknologien modnes og utprøves vil kostnadene falle. Kostnader fra nåværende konsepter er ikke

<sup>33</sup> Se Misund m.fl. (2019) for mer detaljer.

nødvendigvis beskrivende for den fremtidige lønnsomheten. Det vil også være usikkerhet rundt kostnader og priser. Derfor lager vi ulike scenarier.

Investeringsmodellene beskriver de bedriftsøkonomiske effektene av teknologivalg. Den samfunnsøkonomiske analysen kombinerer verdiskaping i matfiskleddet (som er et resultat av den bedriftsøkonomiske analysen) med verdiskaping og ringvirkningseffekter i andre deler av verdikjeden for havbruk (Tabell 2.2).

**Tabell 2.2.** Verdiskaping (kr/kg, 2023-kroner). Kilder: Egne beregninger basert på Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse (matfisk og settefisk) og Johansen m.fl., 2021 (verdikjede og ringvirkninger)

	Matfisk	Settefisk	Foredling	Handel og eksport	Ringvirkninger
2016	23,05	1,33	1,38	1,38	28,97
2017	22,92	1,43	3,66	1,37	26,55
2018	22,06	1,46	3,01	0,86	17,20
2019	16,39	1,59	3,93	0,59	29,83
2020	10,73	1,64	4,16	0,38	28,34
2021	10,19	1,37	3,27	0,65	26,18
<b>Snitt</b>	<b>17,56</b>	<b>1,47</b>	<b>3,23</b>	<b>0,87</b>	<b>26,18</b>

Oppsummert, den samfunnsøkonomiske lønnsomheten beregnes som summen av verdiskaping i matfisk, settefisk og i andre deler av verdikjede, samt ringvirkningseffekter.

Det forventes høyere ringvirkningseffekter for lukkede anlegg da det er høyere investeringsbehov og vedlikeholdsbehov for mer kapitalintensive anleggsmidler. Vi oppjusterer derfor ringvirkningseffektene for lukkede anlegg med økte vedlikeholdskostnader og kapitalslit, til 31,8 kr/kg sløydvekt for investeringer i lukkede anlegg vs. 26,18 kr/kg sløydvekt for åpne merder.

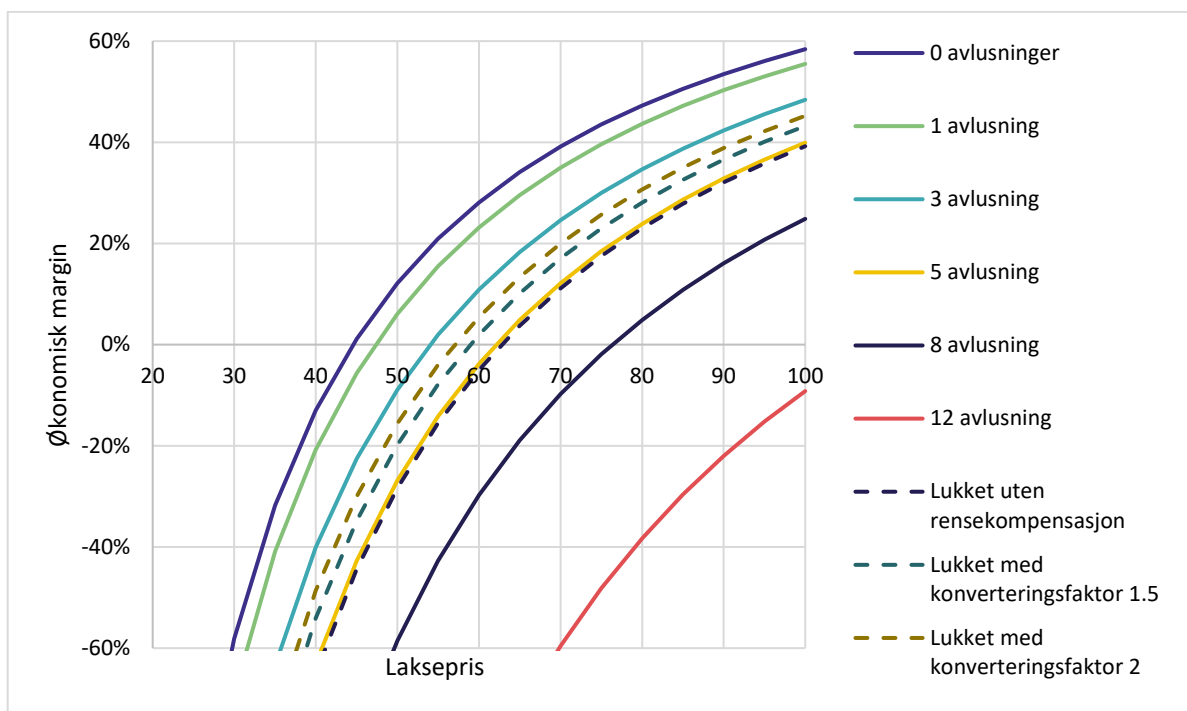
Den samfunnsøkonomiske modellen gjør det mulig å undersøke de bedrifts- og samfunnsøkonomiske effektene av lukking. Vi tar utgangspunkt i 134 lokaliteter i PO4. Av disse antar vi at 1/3 av lokalitetene er til enhver tid er brakklagt<sup>34</sup>, som gir 89 aktive lokaliteter. Størrelsen på

<sup>34</sup> <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2019-18/id2676239/>

lokalitetene varierer fra 780 tonn MTB til 5460 tonn MTB, i snitt 2982 tonn lokalitets-MTB/lokalitet<sup>35</sup>. I snitt vil to selskapstillatelser per lokalitet gi en produksjon i modellen tilsvarende snittet av slaktet kvantum i PO4 de siste 3 årene, og det er dette tallet som brukes i våre modeller.

Figur 2.2 viser lønnsomheten til investeringer i åpne merder når antall avlusninger varierer mellom 0 og 12 avlusninger per generasjon, sammenlignet med et lukket anlegg (ingen kompensasjon for rensegrad). Lønnsomheten faller jo flere ganger en kohort med fisk blir avluset. Med andre ord, jo større luseproblemene er, jo høyere må lakseprisen være for å gå i null (dvs. en økonomisk margin på 0 %, der kurvene krysser x-aksen).

Lønnsomheten til investeringer i lukkede anlegg er også plottet inn i samme kurve. Med de forutsetningene vi har brukt, ligger lønnsomheten til en investering i lukkede anlegg på omtrent samme nivå som lønnsomheten til et åpent anlegg med 5 avlusninger per generasjon. Andre forutsetninger vil kanskje gi andre resultater. Med de gitt forutsetningene viser analysene at lønnsomheten til lukkede anlegg vil være dårligere enn et godt drevet anlegg med konvensjonell teknologi med lite lus og lav dødelighet. Dersom det er snakk om konvensjonelle anlegg med store luseproblemer og høy fiskedødelighet kan imidlertid lukkede anlegg ha høyere lønnsomhet.



**Figur 2.2.** Lønnsomhet åpne merder med 0–12 avlusninger per generasjon vs. lukket. Basert på en standardtillatelse på 780 tonn MTB uten nedtrekk.

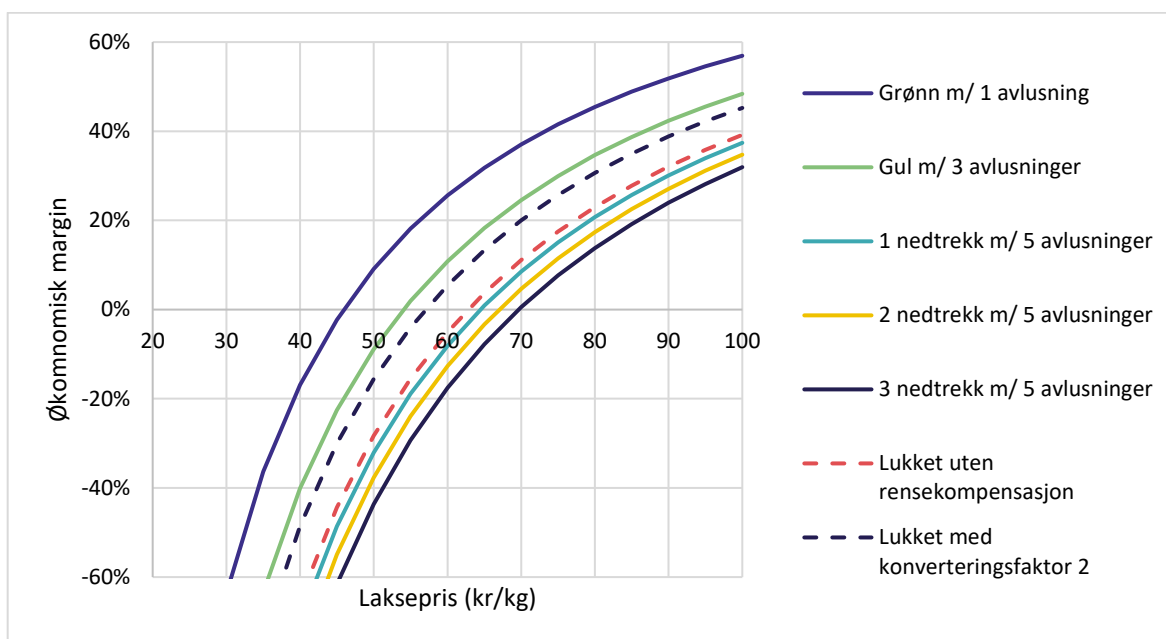
Figuren viser også effekten av en konverteringsordning hvor MTB økes som funksjon av rensegraden (som beskrevet i delkapittel 1.4). En rensegrad på 100 % vil da bety at en doubling av MTB, dvs. en konverteringsfaktor på 2. En slik konverteringsordning vil gjøre det mulig å drive mer kostnadseffektivt og øker lønnsomheten. Den økonomiske effekten av økt MTB blir ikke stor målt i

<sup>35</sup> Vi fant en lokalitet med MTB 100 tonn i Akvakulturregisteret.

prosent siden en konvertering gjør at flere merder må kjøpes (høyere investeringskostnad). Men dette gjelder kun med et relativt lønnsomhetsmål (dvs. marginer). Lønnsomheten målt i kroner før skatt vil mer enn dobles med en konverteringsordning med doubling av MTB.

Ikke minst vil en konverteringsordning muliggjøre økt produksjon og økt verdiskapning. Dette vil vi se litt nærmere på i den samfunnsøkonomiske analysen.

Figur 2.3 viser lønnsomheten for investeringer i åpne anlegg i grønne, gule og røde PO'er. Lønnsomheten faller med økt antall nedtrekk siden produksjonen faller og faste kostnader må fordeles på færre kilo produsert. Med våre forutsetninger viser analysen at lukkede anlegg ikke er like lønnsomt som åpne anlegg i grønne og gule PO'er, men vil være mer lønnsomt enn åpne anlegg i røde områder med flere nedtrekk og høye antall avlusninger per generasjon.



**Figur 2.3.** Lønnsomhet åpne merder med 3 og 5 avlusninger per generasjon vs lukket. Beregningene er basert på en standardtillatelse på 780 tonn MTB med 1–5 nedtrekk. En konverteringsfaktor på 2 betyr at MTB dobles ved en konvertering mellom åpne og lukkede merder på hele lokaliteten.

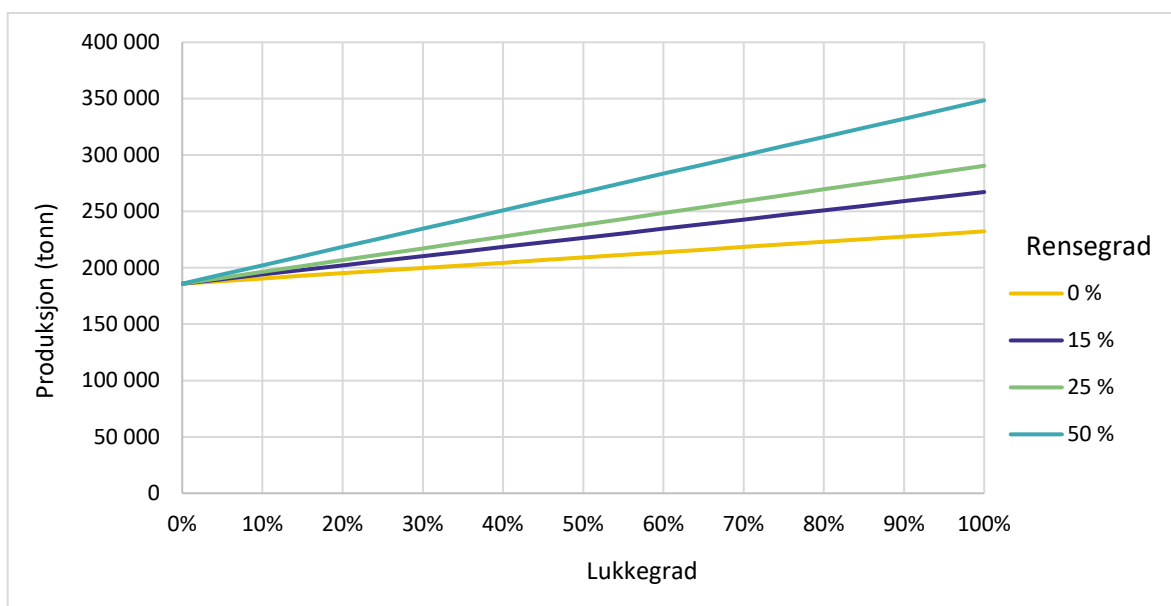
Disse resultatene er basert på en del forutsetninger. Først, vi har lagt til grunn at det brukes mekanisk avlusning. Mer skånsomme avlusningsmetoder vil gi lavere dødelighet under avlusning. For det andre, vil det være forskjeller i smittepress av lus mellom lokaliteter innenfor samme PO, samt forskjeller i driftsrutiner, effektivitet, kunnskap osv. mellom selskapene som også kan bidra til lønnsomhetsforskjeller.

### 2.2.2. Samfunnsøkonomiske analyser

I den samfunnsøkonomiske analysen tar vi også med effektene i andre deler av verdikjeden samt ringvirkningseffekter (se Tabell 2.2). En fullstendig samfunnsøkonomisk analyse burde også hatt med eksterne virkninger. Det gjelder både positive og negative eksternaliteter. I havbruk er det ofte

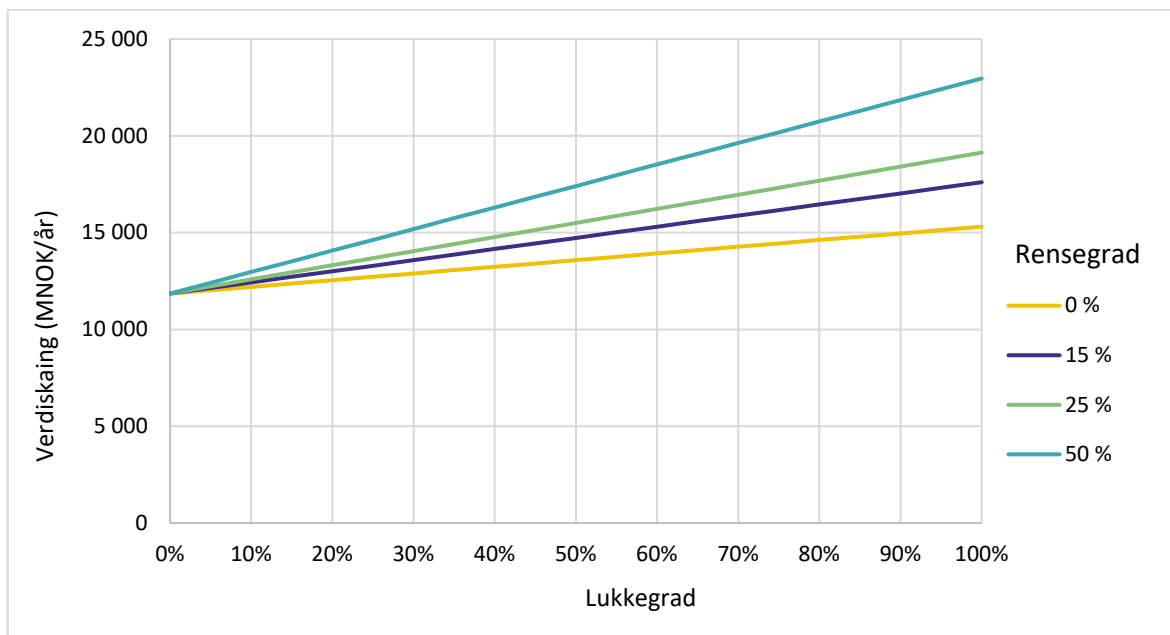
de negative eksternalitetene fra smitte av lakselus og sykdom fra oppdrett til villaks, samt de negative effektene av rømt oppdrettslaks på villaksstammer som fremheves som de viktigste eksternalitetene. Lukking av oppdrettsanlegg vil redusere smittepress av lakselus på villaksen. Vi ha også lagt til grunn at den semi-lukkede teknologien som anvendes har dobbel rømningsikring. I tillegg vil lukkede anlegg kunne samle opp sedimenterbart organisk materiale. Samfunnets kostnader med lukkede anlegg vil derfor være lavere enn med åpne anlegg. På den andre siden vil lukkede anlegg bruke mer energi, og hvis økt lukking vil føre til økt energibruk som kommer fra forbrenning av fossile brenslers, så vil det bety økt utslipp av klimagasser. Samtidig kan produksjon i semi-lukkede anlegg gi lavere fôrfaktor og dermed mer effektiv utnyttelse av fôrressurser, og for havbruk er produksjon av fiskefôr en av de største kildene til klimagassutslipp. Samfunnets totale kostnader fra eksterne virkninger er derfor svært vanskelig å estimere. Men, når det gjelder lus, sykdom og rømming er det grunn til å anta lavere kostnader for samfunnet med lukkede fremfor åpne merder. Av den grunn vil våre analyser tendere til å gi for høyt bidrag til total samfunnsøkonomisk lønnsomhet fra åpne anlegg, og for lavt fra semi-lukkede anlegg.

Figur 2.4 viser effekten av lukking på produksjon. Produksjonen øker med økende lukkegrad, og det skyldes lavere dødelighet i lukkede anlegg enn i åpne merder. Produksjonen øker ytterligere med en konverteringsordning som gir økt MTB ved investeringer i lukkede anlegg, og hvor konverteringsfaktoren er koblet til rensegraden.



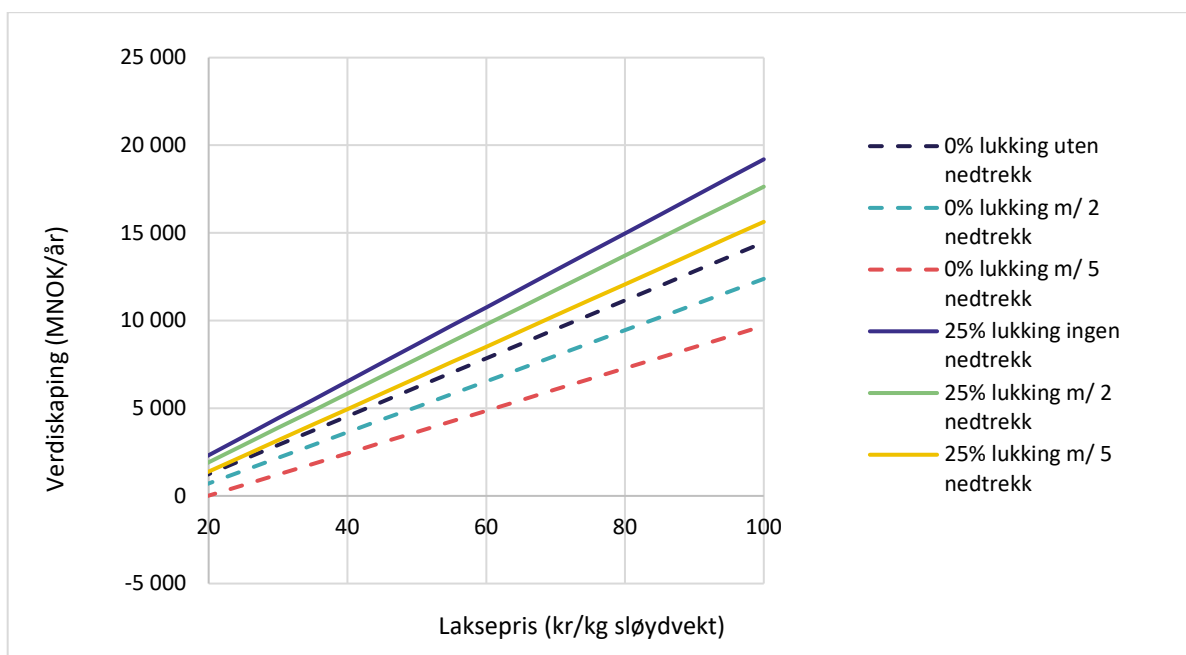
**Figur 2.4.** Effekt av ulik lukkegrad og rensegrad på produksjon i PO4. Rensegrad er hvor mye av det sedimenterbare partikulære organiske utslippet som samles opp, mens lukkegrad er andel av lokaliteter i bruk som lukkes (dvs. alle åpne merder på lokaliteten konverteres til lukkede merder).

En tilsvarende analyse kan gjøres med verdiskaping. Figur 2.5 viser lukking øker verdiskapingen, både pga. lavere fiskedødelighet, men også på grunn av økt produksjon og at investeringer i lukkede anlegg vil ha større ringvirkningseffekter hvis byggingen av anleggene skjer i Norge. I tillegg vil en konverteringsordning øke verdiskapingen ytterligere.



**Figur 2.5.** Effekt av ulik lukkegrad og rensegrad på verdiskaping i PO4. Rensegrad er hvor mye av det sedimenterbare partikulære organiske utslippet som samles opp, mens lukkegrad er andel av lokaliteter i bruk som lukkes (dvs. alle åpne merder på lokaliteten konverteres til lukkede merder).

Luseproblemer og avlusninger vil gi redusert verdiskaping som følge av redusert produksjon og lavere bedriftsøkonomisk lønnsomhet. I røde PO'er vil nedtrekk av MTB gi ytterligere redusert verdiskaping. Figur 2.6 viser en analyse for verdiskaping med variasjon i lukking og nedtrekk. Utgangspunktet er en produksjon med mye lus hvor det avluses 5 ganger per generasjon. Nedtrekk gir en betydelig reduksjon i verdiskapingen, som også dokumentert av Tveterås (2022).



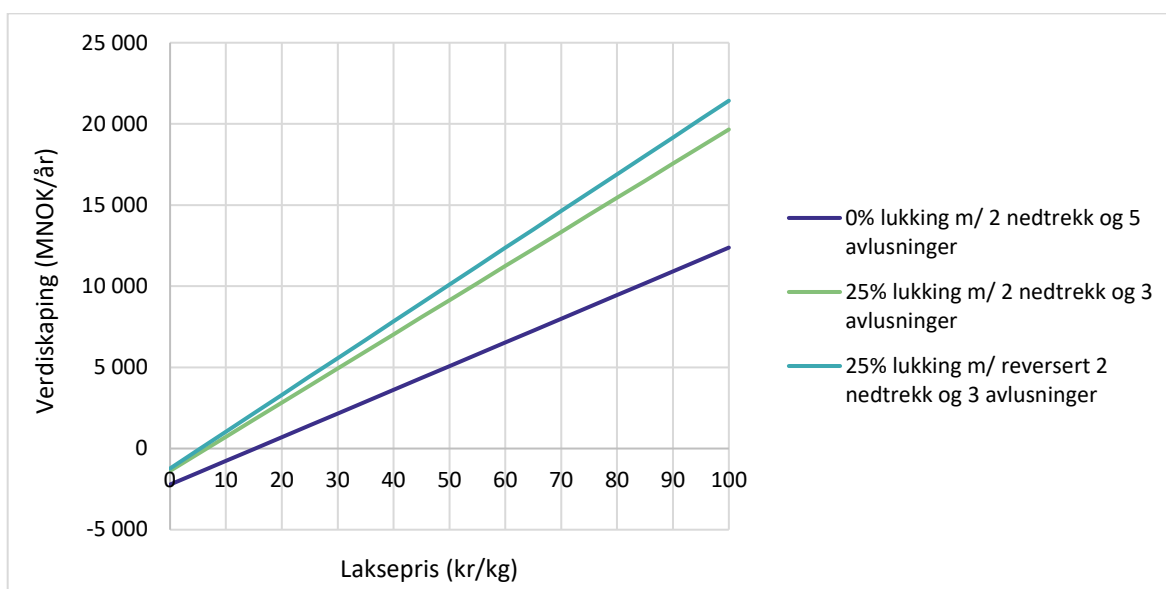
**Figur 2.6.** Effekt på verdiskaping av lukking av lokaliteter med ulikt antall avlusninger i åpne merder.



Under gitte forutsetninger vil lukking av anlegg gi betydelig økt verdiskaping. Hvis 25 % av lokalitetene lukkes, og det antas at 50 % av de sedimenterbare partiklene filtreres ut, kan verdiskapingen øke med ~50 % i vår modell (Figur 2.6). Ved høyere rensegrad, eller hvis en større andel av lokalitetene lukkes, vil verdiskapingen øke ytterligere.

De numeriske analysene våre viser at lukking av merder og lokaliteter kan gi betydelig økt verdiskaping. I produksjonsområder som er farget rødt av trafikklyssystemet kan lukking motvirke den reduserte verdiskapingen som MTB-nedtrekk gir.

Hvis den delvise lukkingen av lokaliteter gir et redusert smittepress på de andre lokalitetene i PO'en, og som gir færre avlusninger for de resterende lokalitetene, vil verdiskapingen kunne bli enda større. Figur 2.7 viser endringen i verdiskaping hvis en antar at lukking av 25 % av lokalitetene i en rød PO som har fått 2 nedtrekk, og som gjør at de resterende 75 % av lokalitetene (som benytter åpne anlegg) får et lavere smittepress av lus, og som medfører at antall avlusninger går fra 5 til 3. I tillegg vises effekten av at dette fører til en reversering av de to nedtrekkene.



**Figur 2.7.** Effekt av ulik andel lukking av lokaliteter (% av lokaliteter i bruk), kombinert med redusert lusepress og reversering av MTB-nedtrekk i en rød PO. Her er det ikke lagt til grunn en rensegrad på 25 prosent (som betyr 25 % økt MTB).

I vår analyse har vi antatt en tilfeldig lukking av lokaliteter. Implisitt betyr dette at hver lokalitet bidrar like mye til det totale smittepresset av lus. Husebråten m.fl. (2020) viste imidlertid at dette ikke stemmer. His modeller viser at bidraget til PO'ens totale lusesmittepress varierer mellom lokaliteter, og at en strategisk lukking av lokalitetene med høyest bidrag av lusesmitte hadde en større smittereduserende effekt enn tilfeldig lukking.

### 3. Rammevilkår

#### 3.1. I hvilken grad er regelverk og rammevilkår tilpasset en ny teknologi?

Det drives kommersielt oppdrett av laks i lukkede anlegg i dag (f.eks. Akvafuture), noe som er en klar indikasjon på at det ikke er noe i regelverket som direkte forhindrer bruk av lukket oppdrettsteknologi. Det er og noen aspekter ved lukket teknologi som gjør at en kan oppnå fritak fra deler av lovverket. Et eksempel er unntak fra luseforskriften. Akvafuture, et selskap som bruker lukket teknologi fikk i 2021 fritak/dispensasjon fra luseforskriften på alle selskapets lokaliteter<sup>36</sup>. Lukkede anlegg vil per nå ikke være fritatt fra grunnrenteskatten på laks eller konsesjonsavgiften; landbasert oppdrett vil være fritatt. Vår analyse viser selv med forventet lavere bedriftsøkonomisk lønnsomt ved å investere i lukkede anlegg, har lukkede anlegg flere positive eksterne effekter som gir et bedre samfunnsøkonomisk resultat.

Det kan imidlertid være andre barrierer som gjør at det ikke er like kommersielt attraktivt å investere i lukkede anlegg. De viktigste er:

1. Teknologien er fortsatt i en utviklingsfase. Det anslås at det er omtrent 20 selskaper som utvikler lukkede oppdrettsanlegg i sjø<sup>37</sup>. Over tid vil kostnadene falle (innovasjon osv.). Siden kostnadsnivået i starten vil være høyere enn når teknologien har blitt «hylleware» kan det være fristende å sitte på gjerdet til teknologien modnes.
2. Dyr teknologi. Åpne merder har en investeringskostnad på ~10–20 millioner kroner per standard MTB-tillatelse. Hvis det må investeres i landanlegg, landstrøm osv. vil kostnadene være høyere. Til sammenligning koster lukkede merder ~40–120 millioner kroner per standard MTB-tillatelse, avhengig av teknologivalg. Enkle, dukbaserte lukkede løsninger har en investeringskostnad på ca. 30–40 kr/kg produsert fisk, mens faste konstruksjoner koster mer enn 100 kr/kg produsert (pers. medd. Eivind Helland, Blue Planet). Selv om investeringskostnaden er høyere for lukkede enn åpne anlegg, kan driftskostnadene være lavere. Siden lukkede anlegg klarer å unngå luseinfeksjoner vil teknologien ha lavere lusekostnader og andre indirekte kostnader fra avlusninger. Men lukkede anlegg vil ha høyere energikostnader til pumping av vann, strømsetting, slambehandling osv. Størrelsen på kostnadsbesparelsen knyttet til fravær av lakselus vil variere betydelig mellom selskap.
3. Må konkurrere om lokaliteter og tillatelser på samme vilkår/betingelser som åpne anlegg. Til tross for at teknologien vil gi lavere utslipp av partikulært organisk materiale og lakselus, må selskaper med lukkede anlegg betale samme pris for MTB-kapasitet som åpne anlegg. Dagens versjon av trafikklyssystemet tar ikke hensyn til reduserte utslipp og dermed lavere samfunnsøkonomiske kostnader (eksternaliteter). Med unntak av mulig fritak for lakselustellinger har lukkede anlegg ingen fordeler av at teknologien har lavere utslipp av lakselus og organisk materiale til miljøet enn åpne anlegg.

---

<sup>36</sup> <https://ilaks.no/akvafuture-slipper-a-telle-lakselus-selskapet-fikk-positivt-svar-fra-mattilsynet-i-gar/>

<sup>37</sup> <https://www.tu.no/artikler/20-selskaper-utvikler-lukkede-oppdrettsanlegg-i-sjo-her-er-oversikten/513167/>. Per september 2021.

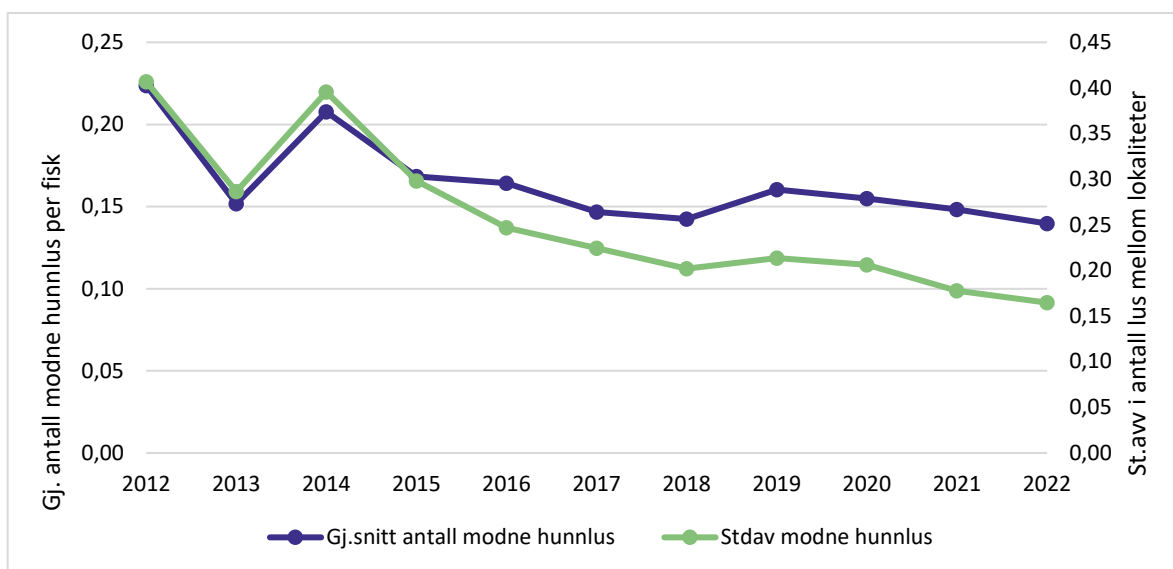
### 3.2. Er dagens regelverk og rammevilkår teknologinøytralt?

Fra politikerhold er det et ytre ønske om teknologinøytralitet. Prinsippet om teknologinøytralitet handler om å ikke gi fordeler ved bruk av bestemte teknologier. Dagens reguleringer i havbruk er ikke tilstrekkelige effektive. Nyere forskning tyder på at enkelte av reguleringene kan forsterke miljø- og fiskehelseutfordringene<sup>38</sup>.

Noen årsaker til at reguleringene ikke fungerer er:

1. De er ikke differensiert etter utslippsnivå

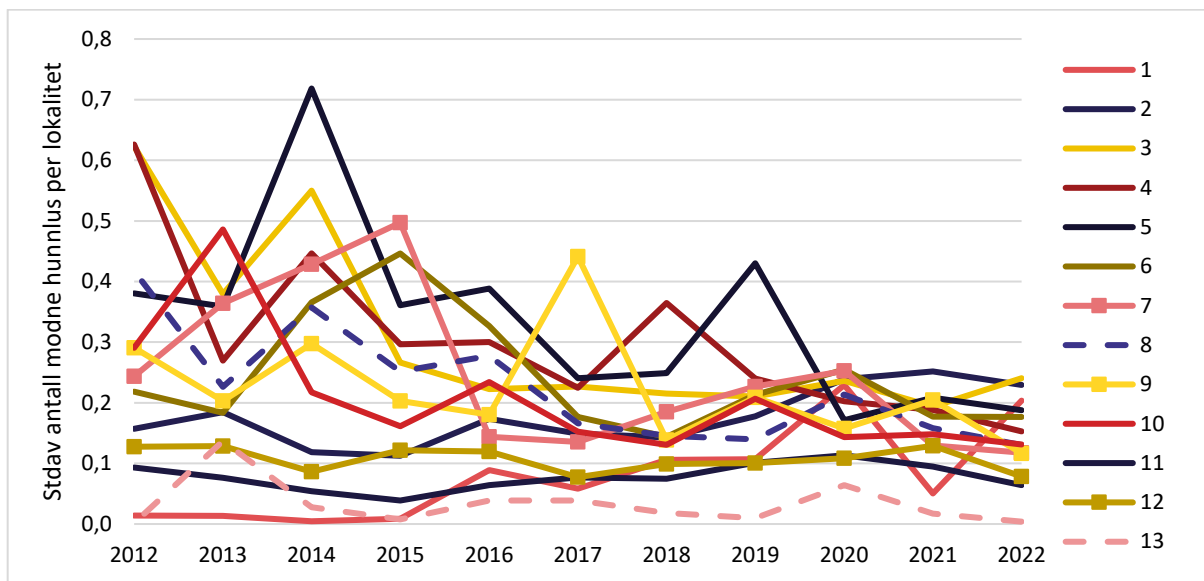
Luseforskriften er i praksis en «lusekvote». Hvis et selskap kommer under lusekvoten på 0,2 (6 uker om vår/sommer) eller 0,5 modne hunnlus per fisk (resten av året) unngår det sanksjoner. Selskap som overskrider lusegrensene, kan ilegges dagbøter eller i verste fall kan myndighetene trekke tilbake tillatelse. Selskapene har derfor sterke bedriftsøkonomiske incentiver til å komme under lusegrensene, noe som har ført til hyppigere avlusningsintensitet (Misund, 2022). Figuren under viser at både gjennomsnittlig lusetall og variasjonene i lusetall mellom lokaliteter har gått betydelig ned siden 2014.



**Figur 3.1.** Årlig gjennomsnittlig av ukentlig antall modne hunnlus per lokalitet, og standardavvik (Stdav) i ukentlig antall modne hunnlus per lokalitet. Kilde: egne beregninger basert på data fra Barentswatch.

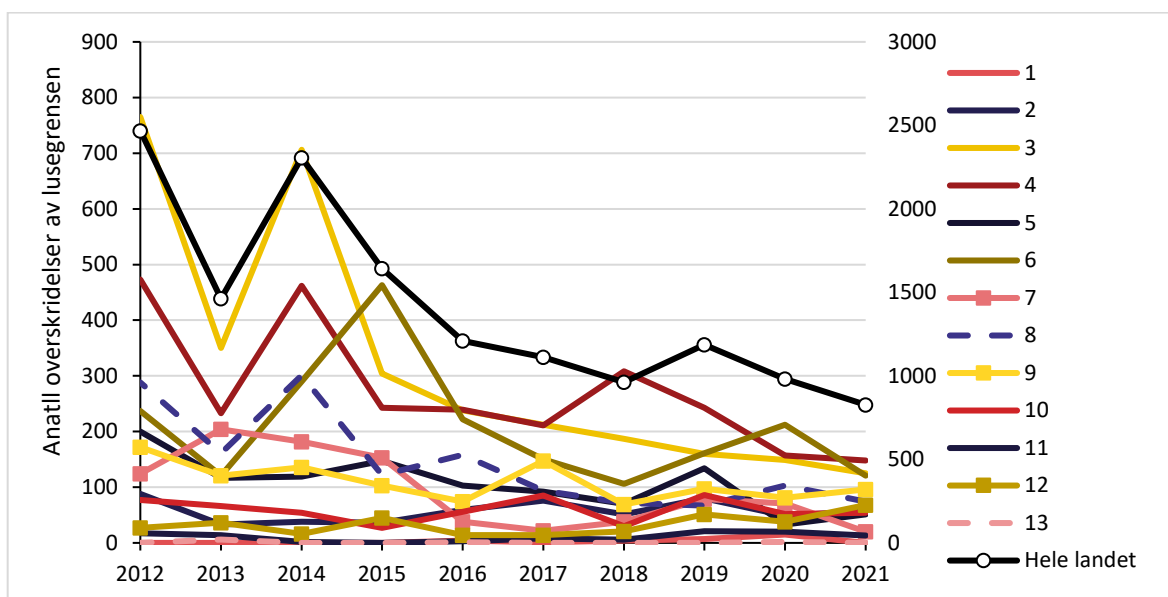
Reduksjonen i variasjonen mellom lokaliteter har vært størst i de PO'ene som for 10 år siden hadde størst variasjon, spesielt gjelder dette Vestlandet (Figur 3.2).

<sup>38</sup> Se bl.a. Oglend og Soini (2020) og Larsen og Vormedal (2021).



**Figur 3.2.** Standardavvik i ukentlig antall modne hunnlus per lokalitet for produksjonsområdene (1–13). Kilde: egne beregninger basert på data fra Barentswatch.

Ikke minst har antall overskridelser av lusegrensene gått kraftig ned, og den største nedgangen har vært i PO3 og PO4 (Figur 3.3).



**Figur 3.3.** Antall overskridelser av lusegrensen per produksjonsområde. Kilde: Egne beregninger basert på data fra Barentswatch.

En svakhet med lusegrensene er at de er basert på gjennomsnittlig antall lus på merd/lokalitetsnivå, men tar ikke hensyn til den totale mengden lakselus i et produksjonsområde, eller mer spesifikt lakselus i det smittsomme kopepodittstadiet. Lusegrensene er de samme uavhengig av det totale lusepresset i et produksjonsområde. I prinsippet burde lusegrensene være differensiert ut fra det

totale lusestrykket, med lavere grenser i områder med høyt lusepress. Forskning viser at dagens lusegrenser uansett ikke er tilstrekkelig for å redusere smittepresset av lakselus til et tilstrekkelig lavt nivå for at alle PO'er kan bli grønne<sup>39</sup> (Sandvik m.fl., 2021). Videre tyder nyere forskning på at målinger av lusetall på oppdrettsfisk kan påvirkes av at lusetall også brukes som en lusekvote og i reguleringer (Jeong m.fl., 2023), jmf. Goodhart's lov «*When a measure becomes a target, it ceases to be a good measure*».

## 2. De fører til utilsiktede konsekvenser i form av redusert fiskevelferd

Strengere lusekvoter kombinert med høyere avlusningsintensitet og en overgang til «mekaniske» avlusningsmetoder har gitt økt dødelighet av stor fisk. Effektene av strengere lusegrenser på vill laksefisk er ikke kjent, men innstramningene har bidratt til redusert fiskevelferd hos oppdrettslaks og rensefisk. Lakselusbehandlinger, spesielt termisk behandling, har gitt økt dødelighet hos stor oppdrettsfisk (Oliveira m.fl., 2021; Overton m.fl., 2019; Walde m.fl., 2021).

## 3. Reguleringene er ikke presise nok

Trafikklyssystemet er en regulering på et større geografisk område (produksjonsområde, PO), men ikke på lokalitets- eller merd nivå. En slik form for regulering gir ikke tilstrekkelige insentiver til utslippsreduksjon på selskapsnivå, noe som kan føre til free-rider problematikk. Det finnes noen insentiver gjennom unntaksordninger, men det kreves veldig lave lusetall for å oppnå unntak.

En av utfordringene med å finne effektive reguleringer finnes i utslippenes natur i havbruk. Det er svært vanskelig å måle utslipp av lakseluslarver, sykdomsagens (virus, bakterier osv.) og rømt oppdrettslaks fra enkeltlokaliteter. Antall lakselus på oppdrettsfisken kan telles, men det er ikke det samme som utslipp av lakseluslarver. Teknologien i dag gjør det ikke mulig å vite nøyaktig hvor mange oppdrettslaks som rømmer fra enkeltmerder. Den potensielle miljøskaden vil også variere med størrelsen på den rømte fisken, og når på året den rømmer. Fisk som rømmer og vandrer til havs og blir spist eller dør pga. mangelfull evne til å finne mat, vil ikke representere en potensiell miljøskade.

Videre vil det være nesten umulig å koble en lakseluslarve som fester seg på en villakssmolt til utslipp fra et bestemt oppdrettsanlegg. Så lenge det ikke er mulig å koble miljøskaden til et bestemt utslippspunkt kommer forurensningen inn under kategorien *non-point-source pollution*<sup>40</sup>, dvs. forurensning som ikke kan tilskrives en enkelt utslippskilde (dvs. *point-source pollution*), men kommer fra flere kilder samtidig.

---

<sup>39</sup> <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/oktober/behov-for-fleire-forebyggande-tiltak-mot-lakselus>

<sup>40</sup> Ifølge Xepapadeas (2011) «Non-point-source (NPS) pollution refers to a form of pollution in which neither the source nor the size of specific emissions can be observed or identified with sufficient accuracy. In NPS pollution the ambient concentration of pollutants associated with the individually unobserved emissions is typically observed. NPS pollution due to agricultural runoff is a major source of water pollution, eutrophication, and hypoxia».

Målinger av effektene av lakselus, fisesykdommer og rømt oppdrettslaks på overlevelse og vekst av villaks skjer på bestand-/populasjonsnivå (elver, vassdrag, osv.). Det er vanskelig å måle eksakte utslipp på lokalitetsnivå av lakseluslarver, rømt oppdrettslaks eller virus og bakterier til miljøet. En rekke forskningsmiljøer har derfor utviklet avanserte modeller for å numerisk estimere lakselusmitte. Disse kalibreres mot empiriske målinger av lakselus på trålet postsmolt av villaks, og brukes for å gi råd til Nærings- og Fiskeridepartementet i forbindelse med fargeleggingen av produksjonsområdene. Hadde det vært mulig å mer eksakt måle nivå på utslipp på lokalitetsnivå kunne en regulert lokalitetene direkte, eventuelt brukt miljøavgifter. Gitt dagens teknologi er ikke dette mulig i dag. Men vi vet at det totale smittetrykket fra alle oppdretterne i et bestemt område er viktig. Det er dokumentert en sammenheng mellom biomassen av oppdrettet laks og regnbueørret i et bestemt område og smittepresset av lus på vill laksefisk (Barrett m.fl., 2021). Selvsagt vil noen anlegg ligge nærmere utvandringen av villakssmolten, og dermed potensielt ha større negativ effekt. De numeriske analysene til Huserbråten m.fl. (2020a) viser at en strategisk lukking av enkeltlokaliteter har en større effekt enn en tilfeldig lukking, og dette skyldes at noen lokaliteter bidrar mer til den totale lusesmitten i et produksjonsområde enn andre. Hvor stor effekten av strategisk lukking er i praksis er vanskelig å vurdere. Her trengs empiriske målinger.

Lus, sykdom og rømning bærer preg av å være eksempler på *non-point-source pollution*. Dette er en form for forurensning hvor det er vanskelig å identifisere forurensningskilden. Reguleringer og skattlegging av slik forurensning er vanskelig. Eventuelle reguleringer må skje på et mer aggregert nivå, og blir dermed mindre treffsikker. Ikke minst kan free-rider problemet oppstå. Trafikklyssystemet er et eksempel på et forsøk på å regulere *non-point-source pollution*.

Andre miljøeffekter kan måles direkte, slik som effekter på bunnforhold fra utslipp av sedimentært organisk materiale, utslipp av kobber osv. Dette er eksempler på *point-source pollution*, og reguleres gjennom 1) MOM.-systemet og 2) størrelsen på lokalitets-MTB. F.eks. vil analyser av bunnprøver gi informasjon om mulige negative effekter av sedimenterbart organisk materiale under et oppdrettsanlegg. Måles det negative effekter på bunnkjemi og -fauna over et visst nivå vil det kunne iverksettes tiltak.

Så lenge det er et uttrykt ønske fra myndighetene å vri produksjon i retning mindre utslipp av lus og sykdom gir det liten mening å snakke om teknologinøytralitet mellom åpne og lukkede teknologier. Trafikklyssystemet later til å helle babyen ut med badevannet. Systemet fører til store fiskehelseproblemer og kostnadsøkninger uten at det oppnår hovedhensikten med å få bukt med lakselusproblemet. Prinsippet om teknologinøytraliteten i kombinasjon med hvordan trafikklyssystemet måler lus per fisk fører i praksis til en innlåsing i dagens merdteknologi: Det er mest privat økonomisk gunstig for oppdrettere å fortsette med åpne merdteknologi og heller utvide praksis med mekaniske behandlingsmetoder med dokumentert negative effekter for fiskehelse. Det kan umulig være hensikten med teknologinøytralitet å underbygge miljøproblemer.

Når det gjelder valg av lukket teknologi eller nedsenkbare anlegg vil prinsippet om teknologinøytralitet være mer relevant. Det finnes i dag flere ulike konsepter, i ulike deler av utviklingen. Teknologinøytralitet kan i dette tilfellet oppnås ved å stille utslippskrav. I en utviklingsfase, og teknologinøytralitet vil da gi insentiver til å utvikle den mest kostnadseffektive teknologien gitt krav til utslipp av lus, sykdomsagens og rømning.

Ved at reguleringene sidestiller ulike teknologier med ulikt miljøavtrykk gis det gis ingen investeringsincentiver for selskapene til å bidra til å korrigere markedssvikten og dermed redusere

de negative eksternalitetene. En oppdretter som kan velge mellom åpne og lukkede merder vil ha bedriftsøkonomiske incentiver til å velge åpne merder, selv om den samfunnsøkonomiske lønnsomheten kanskje er bedre med lukkede.

### **3.3. Forsøk på å stimulere investeringer i miljøteknologi og miljøtillatelser**

Det er gjort noen spede forsøk på å stimulere til investeringer i miljøteknologi. Eksempler er:

- Grønne tillatelser
- Utviklingstillatelser
- Miljøteknologitillatelser

Studier har pekt på at alle særordningene i form av ulike typer lisenser i verste fall kan undergrave hele reguleringssystemet (Hersoug, m.fl. 2021). En «stykkevis og delt»-tilnærming fører ikke til et helhetlig reguleringssystem som gir tilstrekkelige incentiver til investeringer i teknologi med lavere utslipp av lus, sykdom og rømt oppdrettsfisk. Eksempelvis må selskaper som ønsker å investere i lukket teknologi betale samme pris for MTB som selskaper som skal investere i åpen merdteknologi. Utviklingstillatelser hjelper også med å få 'sjøsatt' nye teknologiske løsninger. Men disse særskilte tillatelsene gir ikke i seg selv incentiver for at fiskeoppdrett som benytter åpne merder skal konvertere til for eksempel lukkede systemer.

En annen utfordring med lite helhetlig tenkning er at effekten av tidligere ordninger kan endres med endrede rammebetingelser. Utviklingstillatelsesordningen er et slikt eksempel. Hensikten med utviklingstillatelsesordningen var å stimulere til innovasjon av ny teknologi som kan redusere næringens miljøavtrykk (f.eks. semi-lukkede anlegg) eller bidra til å utnytte nye produktionsarealer (f.eks. havbruk til havs). Siden slik innovasjon krever betydelige investeringer, både i forsknings- og utviklingsaktiviteter og i anleggsmidler, ble det gitt en kompensasjon for at prosjektenes utfall fra veldig usikre. Risikokompensasjonen var i form av en konverteringsordning, hvor utviklingstillatelsene kunne konverteres til vanlige kommersielle akvakulturtillatelser under gitte betingelser. Antall tillatelser ble av myndighetene dimensjonert etter investeringsnivået. Siden det ikke ble stilt krav til at den nye teknologien skulle benyttes på de konverterte tillatelsene, var ordningen omstridt. I 2022 varslet regjeringen Støre en grunnrenteskatt i havbruk som hadde negativ påvirkning på incentivene i utviklingstillatelsesordningen. For det første ble verdien på kommersielle tillatelser redusert som påvirket risikokompensasjonen. For det andre gis ikke investeringer som er gjort av selskaper som får utviklingstillatelser de samme skattemessige betingelsene som nye investeringer som selskaper med kommersielle tillatelser.

### **3.4. Konklusjon om rammevilkår:**

Dagens rammevilkår gir ikke tilstrekkelig incentiver til å investere i lukkede anlegg. Lukket teknologi behandles i trafikklyssystemet likt med åpne merder. Spørsmålet er om lukkede anlegg også bør unntas produksjonsområdeforskriften. Dette gir mening hvis lakselusindusert dødelighet av utvandrende postsmolt av villaks forblir den eneste miljøindikatoren. Lukket teknologi kan også

redusere forurensing av organisk materiale, miljøgifter og rømming – de andre faktorene som er i HI sin risikovurdering

Det er ikke teknologinøytralt å sidestille lukket teknologi med åpen merdteknologi i reguleringen av produksjon og vekst. Det kreves at det er på plass mekanismer som korrigerer markedssvikten. Det er et uttalt ønske fra samfunnet om anvendelse av teknologi som gir lavere utslipp av lus, sykdom og andre former for utslipp fra oppdrettsaktiviteter. Reguleringen av valget mellom åpen teknologi og lukket teknologi bør ikke være teknologinøytralt, men forsøke å gi investeringsinsentiver i retning mindre utslipp. Imidlertid kan rammevilkårene være teknologinøytrale mht. valg av lukket teknologi. Her kan myndighetene sette utslippskrav som kan bidra til at selskapene finner den mest kostnadseffektive lukkede teknologien.

**Myndigheten bør derfor utforme rammevilkår som gir investeringsinsentiver til å investere i lukkede merder i sjø.** Dette kan gjøres på ulike måter, og diskuteres i neste kapittel.



## 4. Beskrivelse av tiltak for å snu situasjonen fra stagnasjon til produksjonsvekst.

### 4.1. Hva skal til for at akvakulturproduksjon i Nordhordland/PO4 skal vokse i fremtiden?

I dag er effekten lakselus vurderes å ha på villaks det største hinderet for produksjonsvekst. PO4 er fortsatt farget rødt i trafikklssystemet og det er ikke kjent hvor mange nedtrekk av biomasse som må til før produksjonsområdet går fra rødt til gult eller grønt. Det er mulig for aktører å få unntak fra nedtrekk hvis de har veldig lite lus, noe unntaksbestemmelsene i produksjonsområdeforskriften åpner opp for, men det innebærer svært lave lusetall, under 0,1 lus i snitt, noe som er veldig krevende å få til i praksis. Numeriske analyser tyder på at lusetallene må under 0,03 lus per fisk før røde produksjonsområder kan bli grønne, som innebærer en betydelig reduksjon i lusesmitte.

Selv om lusetallene går ned, er det vanskelig å øke produksjonen med dagens lokalitetsstruktur og -begrensninger. Vestland fylke har den største tettheten av oppdrettslokaliteter langs kysten, og det vil derfor være svært krevende å få tilgang på nye lokaliteter gitt strenge minsteavstandskrav (2,5/5 km mellom lokaliteter). Potensielt kan produksjonsvekst skje på eksisterende lokaliteter, men ikke når produksjonsområdet er farget rødt og med eksisterende teknologi. Tilgang til lokaliteter er knyttet til konkurrerende interesser samt miljøkonsekvenser. Størrelsen på lokalitets-MTB bestemmes av lokalitetens bæreevne, og da spesielt knyttet til miljøeffekter på bunnfauna og kjemien i bunnsedimenter. Alternativt kan veksten skje ved mer eksponerte lokaliteter, men heller ikke dette er mulig innenfor eksisterende teknologi.

Det kan også tenkes at det utvikles vaksiner, nye avlusningsmidler, nye avlusningsmetoder som ikke påvirker fiskevelferd, eller at avl kan gi en mer luseresistent fisk. Men det er usikkert hvor effektive disse vil være, og når de kommer. Selv om det kommer nye avlusningsmidler har historien vist at disse ofte vil ha relativt kort holdbarhetstid. Det som for tiden virker mest lovende er nedsenkbare merder og lukkede merder. Nedsenkbare merder eller lukkede merder basert på duker har lavere investeringskostnader enn semi-lukkede anlegg basert på faste konstruksjoner. Imidlertid har sistnevnte teknologi den tilleggsfordelen at slam kan samles opp og at det brukes dobbel rømmningssikring.

Betydelig produksjonsvekst på eksisterende lokaliteter vil være vanskelig å oppnå uten at reduksjon av flere av utslippene i oppdrett, dvs. både lus, rømmning og sedimenterbart organisk materiale. I dag er det kun semi-lukkede anlegg som kan både gi reduserte miljøutslipp og muliggjøre en produksjonsvekst.

I den økonomiske analysen viste vi at i områder med lavt lusepress og lav dødelighet av oppdrettsfisk vil åpne merder fortsatt være den mest lønnsomme teknologien. I områder med høy lusepress, høy dødelighet, og nedtrekk kan semi-lukkede alternativer være et lønnsomt alternativ. Delvis lukking av lokaliteter, kombinert med en konverteringsordning, kan gi en betydelig økning i produksjon og verdiskaping i PO4.



eksisterende lokaliteter, men dette er ikke et enkelt regnestykke. Siden produksjonssyklusen er nesten 2 år inkludert brakklegging betyr det at lokalitets-MTB er bundet i 2 år, dvs. en effektiv halvering av lokalitets-MTB per år. I tillegg vil ca. 1/3 av lokalitetene til enhver tid være brakklagt. Det kan også være andre faktorer som begrenset utnyttelse av lokalitets-MTB.

Det er i utgangspunktet mulig å øke produksjonen med mer effektiv utnyttelse av lokalitets-MTB gitt at produksjonen ikke er begrenset av selskaps-MTB. En reduksjon av lengden på produksjonssyklusen til 1 år inkludert brakklegging (f.eks. med bruk av postsmolt) vil potensielt kunne frigjøre mer lokalitets-MTB, og potensielt øke produksjonen med samme nivå på selskaps-MTB i dagidag. Det er også viktig å være klar over at MTB og produksjon er to forskjellige størrelser, og det er mulig å produsere mer fisk enn nivået på biomassekapasiteten.

En økning i selskaps-MTB vil også kunne potensielt bidra til økt produksjon, men denne muligheten begrenses i dag av trafikklssystemet. Så lenge PO4 er i rødt, vil selskaps-MTB reduseres annethvert år.

Det er i prinsippet mulig å øke lokalitets-MTB ved bruk av annen teknologi. I dag bestemmes størrelsen på lokalitets-MTB av lokalitetens miljømessige bæreevne. I utgangspunktet bør det derfor være mulig å øke produksjonen av fisk ved å bruke teknologi som gir lavere utslipp av uønskede forbindelser og organismer til det omkringliggende miljø. For eksempel kan en tenke seg at oppsamling av partikulært organisk materiale kan gi en økning i MTB. I den økonomiske modellen undersøkte vi de økonomiske konsekvensene av at MTB økte med rensegraden, dvs. at hvis en 100 % oppsamling av organisk sedimenterbart partikulært materiale ga en dobling av MTB, og en 50 % rensegrad ga 50 % økt MTB. I

Med oppsamling av partikulære organiske materialet vil en rimelig antagelse være at MTB'en per lokalitet kan økes. Men hvor mye lokalitets-MTB bør økes ved oppsamling av partikulært organisk materiale er ikke undersøkt. En må også ta hensyn til utslipp av oppløste organiske og uorganiske forbindelser fra produksjonen. Av den totale mengden fiskefôr som brukes i oppdrett vil ca. 30 % av næringsstoffene i fôret finnes igjen i fisken, mens resten er fôrspill (7 %), fekalier (26 %) eller oppløste næringsalter (2/3)<sup>41</sup>. Det betyr at potensielt kan 1/3 av næringsstoffene samles opp som partikulært organisk materiale. Hvis nivå på lokalitets-MTB bestemmes mer av utslipp av partikulært organisk materiale enn det oppløste, vil bruk av lukket teknologi i teorien kunne bidra til en betydelig økning av lokalitets-MTB.

Gitt lokalitetsstrukturen og total lokalitets-MTB er muligheten for produksjonsvekst i PO4 store i teorien. Total lokalitets-MTB er nesten 4 ganger større enn selskaps-MTB, som kan potensielt, under visse betingelser, kunne gi en flerdobling av dagens produksjon. Men det er avhengig av at det skjer i tråd med samfunnets krav til miljøutslipp. Dagens lokalitetstetthet og lusepress peker imidlertid mot at en reduksjon i produksjon er mer sannsynlig enn en økning. Det er ikke rom for flere lokaliteter og lusesituasjonen vanskeliggjør økt selskaps-MTB.

Økt bruk av postsmolt kan redusere lengden på produksjonssyklusen og dermed frigjøre MTB-kapasitet, men det er usikkert hvor mye produksjonen kan øke med en postsmoltstrategi, og hvilken effekt dette har på smittepresset av lus. Det kan og finnes andre alternativer som avl, nye avlusningsmidler, nedsenkbare merder osv., men disse vil ikke løse alle miljøutfordringene fra

---

<sup>41</sup> Torrissen m.fl., 2016

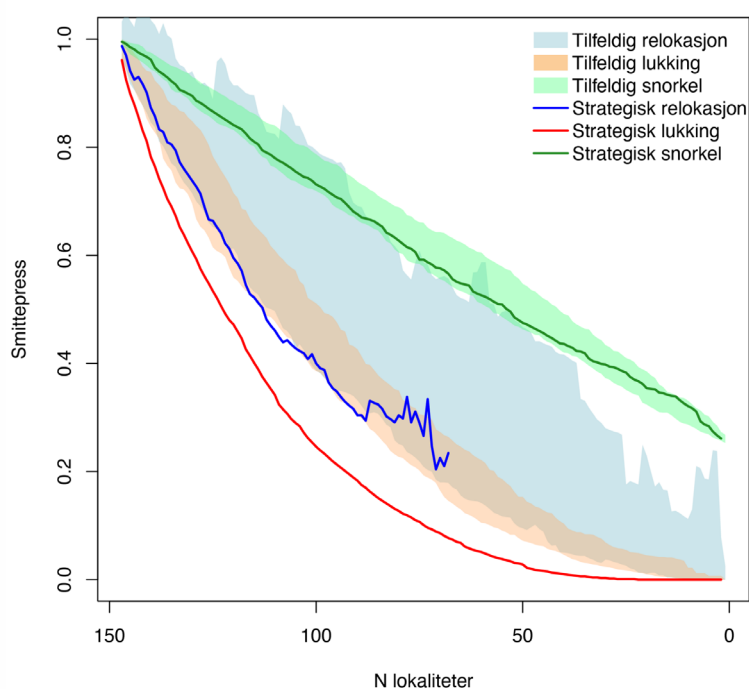
havbruk. Vi peker derfor på semi-lukkede anlegg som en teknologi som potensielt kan gi en betydelig produksjonsvekst i PO4, og spesielt i kombinasjon med postsmolt.

En større jobb må gjøres—før semi-lukkede anlegg kan brukes i stor skala. Det taler for at en ordning hvor en tar i bruk denne teknologien på en stegvis måte. I denne fasen bør samfunnet legge til rette for en form for risikoavlastning for de første selskapene. Etter hvert, når en har fått mer erfaring og kunnskap med teknologien kan en bruke mekanismer som gir incentiver til konvertering til lukket teknologi, f.eks. slik som Menon (Grønvik og Grünfeld, 2021; 2022) forslår med en kombinasjon av gulrot og pisk.

Et viktig spørsmål er hvordan en kan introdusere teknologien på en mest mulig effektiv måte. Er det for eksempel mulig å begynne å lukke de lokalitetene som bidrar mest til smittepresset av lus i et produksjonsområde? Det er gjort noen numeriske analyser av HI for å belyse dette spørsmålet, og omtales i neste delkapittel.

#### 4.2.2. Lusesmitte etter delvis lukking av lokaliteter

Bidraget fra hver enkelt lokalitet til det totale smittepresset av lakselus på villaks er ikke jevnt fordelt blant lokalitetene. Noen lokaliteter bidrar mer enn andre (se Husebråten m.fl. 2020). Simuleringer gjort av forskere ved Havforskningsinstituttet for PO3 viser at en strategisk lukking av de lokalitetene som bidrar mest til det totale smittepresset har større effekt en strategisk bruk av snorkelmerder, strategisk relokalisering av anlegg, og strategisk tiltak hadde større effekt enn tilfeldige tiltak.



**Figur 4.2.** Modellerte effekter av ulike forebyggende tiltak mot lakselus-smitte på smittepresset i PO3. Figur hentet fra Husebråten m.fl. (2020)<sup>42</sup>. Ulike tiltak som er undersøkt er relokasjon (ending

<sup>42</sup> <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rappport-fra-havforskningen-2020-12>

i lokalitetsstruktur), bruk av snorkelmerder og lukkede anlegg, både som et strategisk verktøy, og ved tilfeldig valg av lokaliteter.

Av Figur 4.2 ser vi at strategisk lukking av 30–40 av lokalitetene i PO3 (ca. 1/4) ga en nesten 80 % reduksjon i det modellerte smittepresset i PO3. Siden disse analysene er basert på numeriske simuleringsmodeller, er det ikke kjent om en vil oppnå samme effekt ved å gjøre dette i praksis. Det er heller ikke sikkert at det samme resultatet vil være mulig i PO4. Men, gitt den tilsynelatende store effekten ved bruk av HIs smitte modeller, kan det potensielt være samfunnsøkonomisk lønnsomt å forsøke slike tiltak i praksis.

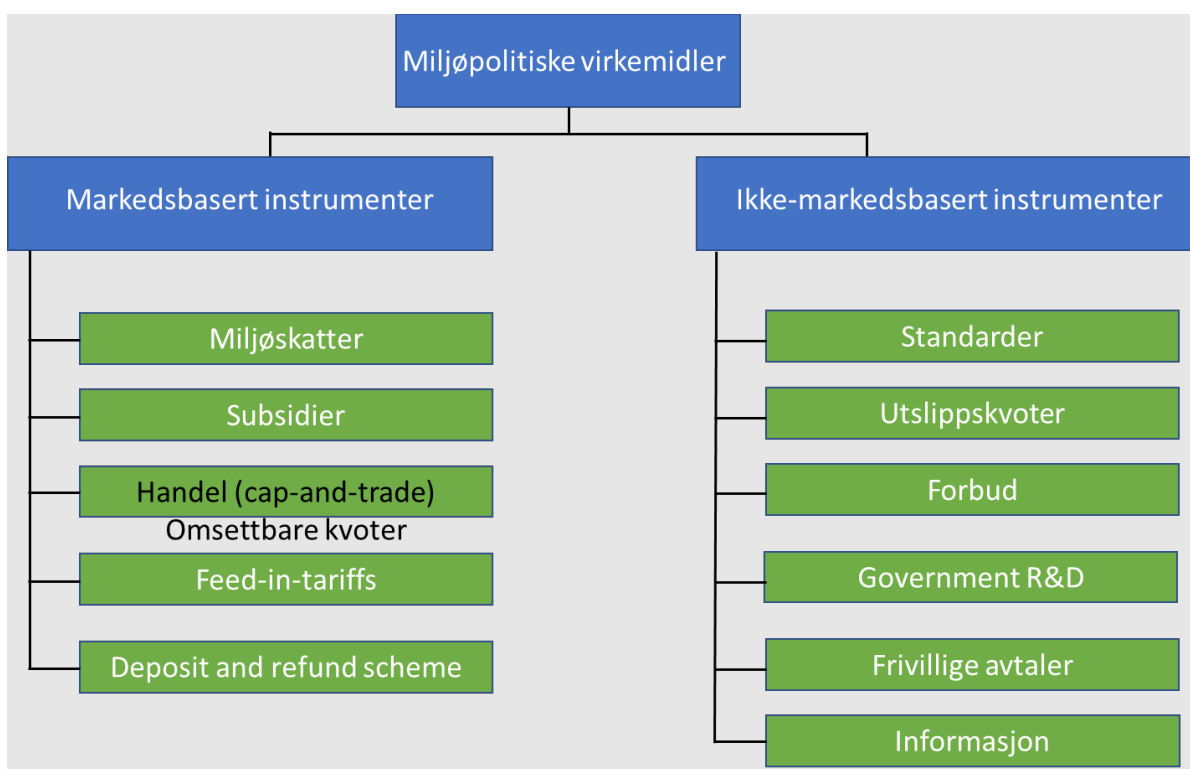
I den økonomiske analysen undersøkte vi effekten av en tilfeldig lukking av 25 % av lokalitetene på produksjon og verdiskaping. Under forutsetningen om en konverteringsordning for lukkede anlegg, og med utgangspunkt i et produksjonsområde med mye lus og flere nedtrekk i MTB, kan en strategisk lukking i prinsippet gi en betydelig økt produksjon og verdiskaping hvis lusepresset for de andre oppdretterne reduseres og nedtrekkene reverseres. Selv om analysene er basert på numeriske beregninger og ikke empiri, kan de allikevel gi en pekepinn på potensialet ved strategisk lukking. I de økonomiske analysene legger vi til grunn at delvis lukking av lokaliteter gir redusert lusesmitte i et produksjonsområde, men våre modeller vil ikke klare å fange opp disse effektene. Vi har ingen informasjon om hvor stor andel av lokalitetene som må lukkes før nedtrekkene i PO4 kan reverseres. I tillegg vil lukking redusere de eksterne virkningene, men disse effektene er ikke tatt med. Våre analyser kan derfor potensielt underestimere de samfunnsøkonomiske konsekvensene av delvis lukking av lokaliteter.

Det trengs derfor mer informasjon om hvor mange lokaliteter som må lukkes for at lusepresset blir så lavt at PO4 kan fargelegges gult og grønt og nedtrekkene reverseres, eventuelt at det tillates vekst.

## 5. Beskrivelse av virkemidler som anvendes for å få til en ønsket utvikling

### 5.1. Miljøpolitiske virkemidler

Negative miljøkonsekvenser fra en økonomisk aktivitet vil ofte ha en kostnad for samfunnet som den som forurensere ikke tar hensyn til i sine beslutninger. Dette kalles negative eksternaliter, og er en form for markedssvikt. Det kalles markedssvikt siden markedet ikke selv klarer å ordne opp, og myndighetene må komme inn å korrigere markedssvikten. Det finnes et helt batteri av ulike miljøpolitiske virkemidler som kan brukes for å korrigere markedssvikt, både markeds- og ikke-markedsbaserte (Figur 5.1)



**Figur 5.1.** Oversikt over miljøpolitikkinstrumenter.

Selv om miljøavgifter har en sentral rolle i økonomisk teori, blir de lite brukt i praksis. Ofte har de rene fiskale funksjoner (dvs. innhente proveny til staten). I de fleste tilfeller vil myndighetene velge direktereguleringer («command and control») i form av ytelsesstandarder, pålagte teknologier, lisenser, tillatelser, sonereguleringer, registreringer og andre former for reguleringer i stedet for miljøavgifter.

Slike direktereguleringer vil oftest være mindre effektive enn en teoretisk riktig utformet miljøskatt siden reguleringsinstrumenter ofte er mindre målrettede. Når reguleringer bestemmer teknologivalg, bruk av innsatsfaktorer og ytelsesstandarder blir det færre muligheter for selskapene selv å finne løsningene som gir lavere miljøskade til lavest mulig kostnader for bedriften.

Design av miljøavgifter er vanskelig i praksis. Det krever innsikt om hvordan produsentene responderer på miljøavgifter, altså beregninger av tilbudskurven. Verden er dynamisk og historiske tall på hvordan lakseprodusenter har respondert på prisendringer er ikke nødvendigvis betegnende for hvordan de vil respondere i dag. Dermed er det i praksis vanskelig å finne «optimale» satser på miljøavgifter. I praksis foretrekkes derfor direkte reguleringer. Økonomisk teori tilsier også at direkte reguleringer ofte er å foretrekke når det er stor usikkerhet rundt de forskjellige produsentenes fordeler og kostnader med å kunne «produsere» lakselus. Å sette feil avgifter kan lede til produksjonsutfall som avviker sterkt fra hva som er samfunnsøkonomisk ønskelig.

Det er også viktig at eventuelle regulering som innføres er forutsigbare og stabile over tid. Dette vil gjøre det enklere for bedrifter å optimalt tilpasse seg reguleringer samt gjøre fordelaktig investeringer for å redusere lusepresset over tid, slik som å investere i lukkede anlegg. Dersom bedrifter forventer at etter det har gjort slike investeringer vil det komme ytterligere innstramminger kan dette motvirke ønskede investeringer i dag.

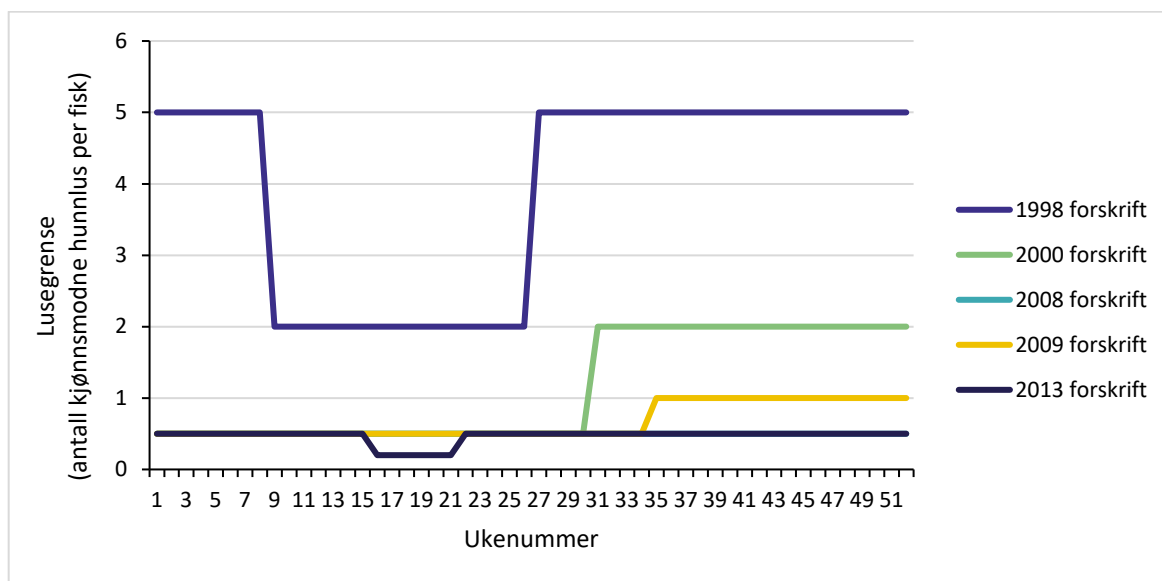
## 5.2. Eksisterende miljøreguleringer i havbruk

Også i havbruk har myndighetene valgt direkte reguleringer fremfor miljøavgifter. Eksempler på direkte miljøreguleringer i havbruk er:

1. **Luseforskriften.** Luseforskriften regulerer tillatt antall modne hunnlus per oppdrettslaks. Reguleringen er innført av hensyn til spredning til lakselus fra oppdrett til vill laksefisk. Luseforskriften ble først innført i 1998, men senere endret en rekke ganger. De første forskriftene satte lusegrensen til 2 kjønnsmodne hunnlus om våren og 5 resten av året. Antall lakselus skulle telles hver andre til fjerde uke, og med obligatorisk avlusning kun hvis lusegrensene ble overskredet. Etter hvert kom krav om hyppigere målinger, lavere lusegrenser, og endring i når avlusning skal skje (fra krav om obligatorisk avlusning *etter* lusegrensen er nådd til *før* lusegrenser er nådd<sup>43</sup>). I tillegg er det ekstra strenge lusekrav for grønne tillatelser og for å kunne å komme inn under unntaksbestemmelser i trafikklyssystemet. Under gjeldende regler (2013-forskrift) så er det tillatt med maksimalt 0,5 modne hunnlus per oppdrettslaks med unntak av en 6-ukers periode om våren når grensen er 0,2 (i perioden da smolt av villaks vandrer ut fra elver til havet).

---

<sup>43</sup> Den siste endringen ble innført i 2013.



Figur 5.2. Lusegrenser over tid for Sør-Norge. Kilde: Lovdata.

2. **Avstandskrav mellom lokaliteter.** Krav til minsteavstand mellom lokaliteter er innført av hensyn til smittespredning/biosikkerhet. Kravene er ikke nedfelt i egne forskrifter, men i en av Mattilsynets veiledere<sup>44</sup>, og setter grenser for hvor nære lokaliteter kan være hverandre. Avstandskravene har blitt strengere over tid. På 1970- og 1980-tallet ble det praktisert et avstandskrav på 200 meter, senere økt til 500 og 1000m i siste halvdel av 1980-tallet. I dag er kravene 2,5 og 5 kilometers avstand mellom lokaliteter avhengig av størrelse. Det er også innført avstandskrav til slakterier og til nasjonale laksefjorder (se også vedlegg).
3. **Teknisk standard.** NYTEK-forskriften<sup>45</sup> regulerer teknisk standard av anlegg og er motivert av rømningsforebygging. Forskriften ble først innført i 2003, og har senere blitt endret i 2012 (NYTEK12) og 2023 (NYTEK23)<sup>46</sup>.
4. **Trafikklyssystemet (TLS).** Trafikklyssystemet tar utgangspunkt i MTB-systemet som ble innført i 2005 og erstattet reguleringer som begrenset størrelsen på tillatelser ut fra vannvolum og førkvoter. I tyveårsperioden etter frisleppet av settefiskproduksjon på midten av 80-tallet ble norsk oppdrettsnæring gjentatte ganger klaget inn til amerikanske og europeisk konkurransemyndigheter (antidumpinganklager). Tillatelsesreguleringene i perioden (inkludert MTB-systemet) var derfor i hovedsak motivert ut fra et mål om å unngå overproduksjon (markedshensyn). Etter hvert har miljø blitt et stadig viktigere reguleringshensyn (miljø- og fiskehelsehensyn). For å ivareta skiftende hensyn har MTB-systemet blitt endret i ulike midlertidige og permanente versjoner, slik som ekstra lave

<sup>44</sup> Mattilsynets veileder «Etableringsøknader – saksbehandling i tilsynet»: [Etableringssøknader - saksbehandling i tilsynet \(mattilsynet.no\)](https://mattilsynet.no).

<sup>45</sup> Forskrift om krav til teknisk standard for anlegg som nyttes i oppdrettsvirksomhet/akvakultur.

<sup>46</sup> Forskrift om krav til teknisk standard for akvakulturanlegg for fisk i sjø, innsjø og vassdrag <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2022-08-22-1484>.



lusekrav from enkelte grønne tillatelser og for å komme inn under unntaksbestemmelser i trafikklyssystemet. **Trafikklyssystemet**, innført i 2017, er basert på MTB-systemet, men regulerer endringer i MTB opp eller ned ut fra estimert luseindusert dødelighet av utvandrende postsmolt av vill Atlantisk laks. Det at myndighetene av miljøhensyn er tilbakeholdne med ny kapasitet og nye lokaliteter vil også være en indirekte form for miljøregulering. Trafikklyssystemet er regulert gjennom produksjonsområdeforskriften.

5. **Utfiskingsforskriften.** Denne forskriften pålegger oppdrettsnæringen å planlegge/organisere og finansiere utfisking av rømt oppdrettslaks i vassdrag.

Alle disse reguleringene bærer preg av å regulere på et aggregert nivå og for en type utslipp som kan beskrives som *non-point-source pollution*. Selv om luseforskriften er knyttet til lusenivå på lokalitetsnivå, er ikke lusegrensene differensiert ut fra smittepresset av lus i et produksjonsområde eller på lokalitetsnivå.

### 5.3. Hvordan stimulere investeringer i miljøteknologi?

#### 5.3.1. Miljøavgifter

Miljøavgifter på lus, rømming, sykdom osv. er diskutert i bl.a. av Menon (Grønvik og Grünfeld, 2021; 2022). Hvis en miljøavgift skal fungere på en kostnadseffektiv og målrettet måte bør den tilfredsstillende følgende kriterier (se også Grønvik og Grünfeld, 2021; 2022):

- Avgiften bør rettes mot den miljøskadelige aktiviteten
- En bør kunne måle den forurensningen som skal ilegges miljøavgift, dvs. / «det som skal avgiftsbelegges»
- Nivået på miljøavgiften skal tilsvare kostnaden på miljøskaden (marginal damage).

Miljøavgifter vil fungere best når disse kriteriene oppfylles. De viktigste eksternalitetene i havbruk som lus, rømming og sykdom beskrives imidlertid best som eksempler på *non-point-source pollution*, noe som gjør det utfordrende å bruke miljøavgifter for å korrigere for markedssvikten som oppstår. Ifølge Xepapadeas (2011):

Non-point-source (NPS) pollution refers to a form of pollution in which neither the source nor the size of specific emissions can be observed or identified with sufficient accuracy. In NPS pollution the ambient concentration of pollutants associated with the individually unobserved emissions is typically observed. NPS pollution due to agricultural runoff is a major source of water pollution, eutrophication, and hypoxia. **Due to informational asymmetries and stochastic effects, the use of traditional environmental policy instruments such as emissions taxes or tradable quotas to regulate NPS pollution is very difficult.**

Miljøavgifter vil i prinsippet gjøre det dyrere å ha mye lus, sykdom og rømming, men vil være vanskelig å innføre i praksis. Siden utslipp som lus, sykdom og rømt oppdrettslaks bærer preg av å være av typen *non-point-source pollution*, kan en ikke kun vurdere eksternalitetene ut ifra en

klassisk tilnærming, f.eks. det klassiske eksemplet med en fabrikk som forurenses, men som ikke påvirkes selv. Eksternalitetene i havbruk beskrives best som romlige eksternaliteter («spatial externalities»)<sup>47</sup>, hvor oppdrettere «forurenses» hverandre, en mekanisme som kan gi opphav til allmenningens tragedie. I tillegg vil eksisterende reguleringer gi en delvis internalisering av de eksterne kostnadene. Selskaper som har aktiviteter i områder med høyt lusepress, vil typisk ha høyere produksjonskostnader enn oppdrettere i områder med lavere lusepress. Eksisterende lusereguleringer, f.eks. luseforskriften, forsterker denne effekten.

Det er usikkert, og heller ikke utredet, hvordan miljøavgifter vil fungere når det allerede er mekanismer for internalisering av eksternaliteter på plass. Kanskje vil de ha utilsiktede konsekvenser. Hvordan vil en miljøavgift beregnet på lusetall fungere? Det er grunn til å forvente at avgiften isolert sett vil gi økonomiske insentiver til å presse lusetall ytterligere ned. Men de siste 10 år har vist at dette er veldig dyrt for oppdretter, ikke minst siden hyppige avlusninger går ut over fiskevelferden. Det er derfor usikkert om en miljøavgift på lusetall vil gi oppdretter insentiver til å redusere lusetallet som selskapet ikke allerede har gjennom TLS og luseforskriften. Det er også spørsmål om hvordan nivået på en eventuell miljøavgift på lus skal bestemmes. Ideelt skal den være lik kostnaden til miljøskaden, men det innebærer at miljøskaden må estimeres. Det er kjent av miljøeffekten av lakselus på villaks vil variere gjennom året og også geografisk. Ikke minst vil smittepresset variere fra lokalitet til lokalitet i et produksjonsområde. HI har gjort analyser av dette for PO3<sup>48</sup> og PO4<sup>49</sup>. Denne variasjonen i miljøskade vil typisk gjøre det vanskelig å sette riktig nivå på miljøavgiften og også mindre effektiv. Det samme gjelder miljøavgifter på rømt oppdrettslaks og sykdom.

### 5.3.2. Andre typer skatter

I teorien vil miljøavgifter være det beste alternativet for å redusere miljøavtrykket til en aktivitet. Men også andre avgifter kan ha egenskaper som gjør at de kan bidra til mer effektiv ressursbruk. Eksempler er produksjonsavgifter, avgifter på antall utsatt smolt, avgift på MTB-kapasitet osv. Dette er former for skatter hvor skattebyrden øker hvis det er dårlig ressursutnyttelse. For eksempel vil en avgift på antall utsatt smolt gjøre at selskaper som har høy dødelighet vil betale et høyere beløp per kilo produsert fisk enn med lavere dødelighet. Ulempen med en slik avgift er hvis det oppstår dødelighet som er utenfor oppdretters kontroll, f.eks. ved en oppblomstring av giftige alger. En generell produksjonsavgift vil gi kostnadsdisiplin siden den må betales uansett om selskaper går med overskudd eller ikke.

Utforming av skatter slik at de er treffende og effektive er vanskelig, og det vil være fordeler og ulemper med slike skatter.

En skatt på overskudd eller kontantstrømmer (f.eks. en grunnrenteskatt) har den ulempen at den vil subsidiere oppdretternes internaliserte luse-, sykdoms- og rømningskostnader.

---

<sup>47</sup> Se Oglend og Soini (2020) og Estay og Stranlund (2022).

<sup>48</sup> «Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3». Havforskningsinstituttet: <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rappport-fra-havforskningen-2020-12>

<sup>49</sup> «Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4». Havforskningsinstituttet: <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rappport-fra-havforskningen-2020-48>

### 5.3.3. Reguleringer

Som beskrevet i seksjon 5.2 er det allerede innført strengere lusereguleringer, uten at dette synes å ha hatt den ønskede effekten på smittepresset i de ulike produksjonsområdene (se tabell 1.1). Svakheten med reguleringene er at de ikke nødvendigvis gir tilstrekkelige insentiver på lokalitets- eller selskapsnivå. Som beskrevet skyldes dette kompleksiteten i forurensningsproblemet, nemlig at det er snakk om *non-point-source pollution*, og svært vanskelig å designe effektive mekanismer som kan gi reduserte utslipp og miljøkonsekvenser.

Det er mulig å sette krav om bruk av bestemte teknologier, utslippskrav, standarder osv. Det kan for eksempel stilles krav om at oppdrettere skal bruke lukkede anlegg, eller så strenge utslippskrav at lukkede anlegg er det eneste alternativet. For de oppdretterne som har lave lusenivåer og hvor det ikke har vært rømt oppdrettsfisk, vil slike strenge standarder virke urimelige, og vil undergrave legitimiteten. Design av nye reguleringer bør utredes nøye, og utformes på en slik måte at de er mest mulig effektive og rettferdige, og ikke minst gi insentiver til mer effektiv ressursbruk (inkl. lavere utslipp av lus, sykdom, rømt oppdrettslaks og lavere dødelighet).

### 5.3.4. Subsidier

Subsidier kan også være en mulighet som kan brukes for å stimulere til investeringer eller bruk av teknologi med lavere miljøutslipp. Men subsidier bør kun brukes hvis det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å gjøre det. Også her vil det være krevende å utforme effektive og treffende subsidier for å unngå det samfunnsøkonomer omtaler som «rent-seeking».

Mulige subsidieordningen kan være 1) gunstige konverteringsordninger mellom åpne og lukkede anlegg, og 2) skattesubsidier.

Menon (Grønvik og Grünfeld, 2022) peker på en konverteringsordning som en mulig mekanisme for å stimulere til økte investeringer i lukkede anlegg. Våre numeriske analyser bekrefter at en slik ordning vil gi økt produksjon og verdiskaping i PO4. Nivået på konverteringsfaktoren vil være krevende å beregne, men en kan tenke seg en høyere konverteringsfaktor i starten, og som avtar over tid etter hvert som teknologien modnes.

En kan også tenke seg en mulighet med en prøveordning for de lokalitetene som modellene forteller gir de høyeste bidragene til smittepress av lakselus i et produksjonsområde. Konverteringsfaktoren for dette utvalget av lokaliteter bør gjenspeile den risikoen selskapene tar ved å investere i teknologi som ennå ikke er fullt ut utviklet og modnet.

Et annet alternativ til subsidiering kan være skattesubsidier. På Island er det innført en grunnrenteskatt utformet som en form for «Færøymodell», men med unntak for lukkede anlegg. Hvis det innføres en grunnrenteskatt innrettet som en kontantstrømskatt kan en alternativ skattesubsidie være en ekstra friinntekt på investeringer i lukket teknologi. En slik modell er i bruk i petroleumskatten i Storbritannia, og har blitt brukt i den midlertidige petroleumskattepakken i Norge i 2020. Igjen vil nivået på friinntekten være krevende å sette, men også her kan en tenke seg en ordning med ekstra gunstig friinntekt i starten, og hvor den settes ned eller utfases over tid etter hvert som den lukkede teknologien modnes.

## 5.4. Regionalt havbruksmiljøfond

Et annet alternativ er å etablere av et regionalt havbruksmiljøfond som kan finansiere at enkeltlokaliteter lukkes. Tankegangen er at alle selskapene i et produksjonsområde betaler inn til et regionalt havbruksmiljøfond. Midler fra dette fondet kan da brukes til å finansiere at enkelte lokaliteter anvender lukket teknologi.

Fordelen med et slikt fond er at hvis det er 100 % privatfinansiert vil det er ikke noen regulatoriske regelverk eller andre faktorer som kan hindre en slik etablering. Det vil imidlertid kreve at alle selskapene blir enig om en slik etablering.

Utfordringer med en slik ordning er:

1. Det vil kreve betydelige innbetalinger fra oppdretterne i PO4. Det er i dag ca. 134 lokaliteter, med totalt lokalitets-MTB på 393.790 tonn (omtrent 1/3 er til enhver tid brakklagt). Investeringsbehovet for 1 stk. 780 tonns-MTB tillatelse er på rundt 100–150 millioner kroner. Størrelsen på hver lokalitet varierer mellom 780 tonn (liten lokalitet) MTB til 5460 tonn MTB (stor lokalitet), tilsvarende 7 selskapstillatelser. Investeringsbehovet for en liten lokalitet er da på 100–150 MNOK, mens for en stor lokalitet er investeringsbehovet på kanskje 700–1050 MNOK. Hvis 25 % av lokalitetene, dvs. 22 lokaliteter med en gjennomsnittsstørrelse tilsvarende 2 selskapstillatelser lukkes, blir den totale investeringen på 4.4–6.6 milliarder kroner, som betyr 25–37 MNOK per tillatelse.
2. Selskapene må bli enige, spesielt hvis en slik ordning er frivillig. Videre vil en lokalitet av og til brukes av flere selskaper. Noen av disse er større selskaper med større finansiell kapasitet, mens andre er lokaleide mindre familieselskaper.
3. Det er usikkert om analysene av HI for PO3 er direkte overførbart til PO4. I tillegg er analysene basert på numeriske beregninger. Lukking av enkeltlokaliteter bør gi en rask og målbar nedgang i smittepresset av lakselus i produksjonsområdet. Det er viktig for legitimiteten.
4. Usikre skattemessige rammevilkår og tilgang på kapital. Den 28.9.2022 foreslo Regjeringen Støre en grunnrenteskatt på 40 % på matfiskoppdrett av laks og regnbueørret. Denne skatten kommer på toppen av selskapsskatt, produksjonsavgift, naturressursskatt, vederlag for MTB, eiendomsskatt, utbytte- og formuesskatt på tillatelser. For eiere av familieselskaper vil formues- og utbytteskatt på markedsverdier av akvakulturtillatelser kunne være betydelige. I den grad det er kapitalbegrensninger, og de familieeide selskapene primært bruker midler opptjent i matfiskeleddet til investeringer, så vil en økning i skattetrykket redusere tilgangen til investeringskapital. Det blir ofte hevdet at en kontantstrømskatt vil subsidiere investeringer og kan dermed gi økte investeringer i kapitalintensive prosjekter. Dette er misforstått. Det stemmer at en kontantstrømskatt isolert sett vil redusere investeringsbeløpet etter skatt, men den vil også ta en større andel av fremtidig overskudd likt skattesatsen. Når disse to effektene summeres, blir totaleffekten redusert lønnsomhet etter skatt målt i kroner. Internrenten vil være uforandret som følge av skatten, og dermed gi et misvisende mål på lønnsomhet. En skattesats på 0,0001 % vil gi samme internrente som et prosjekt som skattlegges med 99,9999 %. En kontantstrømskatt på 40 % vil derfor redusere tilgangen på ny kapital generert fra eksisterende oppdrettsvirksomhet. Dette kan ha betydning for viljen og evnen hos

oppdretterne til å delta i en frivillig ordning med et regionalt havbruksmiljøfond. Videre har måten grunnrenteskatten har blitt innført på redusert tillitten til politikere.

En annen måte å innhente midler til et slikt fond på er en tvungen innbetalingsordning, men det vil innebære at det etableres et regelverk som regulerer en slik ordning, samt at det er politisk vilje til å innføre en slik tvungen ordning.

## 5.5. Oppsummering

Det vil være fordeler og ulemper med de ulike tiltakene som beskrevet over, og disse er oppsummert i Tabell 5.1.

**Tabell 5.1.** Fordeler og ulemper med ulike tiltak

Virkemiddel	Fordeler	Ulemper
Miljøavgifter	Hvis korrekt utformet vil være den beste løsningen.	Vanskelig å utforme korrekt. De viktigste eksemplene på eksternaliteter i oppdrett, nemlig lus, sykdom og rømning er eksempler på <i>non-point-source pollution</i> , noe som gjør det svært vanskelig å utforme effektive miljøavgifter.
Andre skatter og avgifter	Enklere å utforme og det er lettere å bestemme skattegrunnlaget	Mindre treffsikre enn miljøavgifter. En overskudds-/kontantstrømskatt kan subsidiere internaliserte luse-, sykdoms- og rømningskostnader
Reguleringer	Den enkleste løsningen og ofte foretrukket av politikere	Ikke like treffsikker som korrekt utformede miljøavgifter. Vanskelig å utforme når utslippene er av typen <i>non-point-source pollution</i>
Subsidier	Kan insentivere investeringer i miljøteknologi. Det er identifisert mulige innretninger som i) konverteringsordninger for lukkede anlegg, ii) unntak fra bruttoavgifte (med Færøymodellen), og iii) ekstra friinntekt (med kontantstrømsskatt)	Vanskelig å utforme slik at de blir treffsikre. Muligheter for «rent-seeking»-atferd

Virkemiddel	Fordeler	Ulemper
Regionalt havbruksmiljøfond	Kan være med å finansiere lukking av de lokalitetene som bidrar mest til smittepress av lus i et produksjonsområde	Er avhengig av frivillighet og tillitt til myndighetene. Det er grunn til å tro at tillitten til myndigheten har falt hos oppdrettere etter forslaget om grunnrenteskatt i 2022. En grunnrenteskatt vil redusere kontantstrøm etter skatt og dermed mulighetene til å finansiere en slik ordning

Det er vanskelig å identifisere den beste løsningen og metoden for reduksjon av miljøkonsekvenser i lakseoppdrett. Med dagens teknologi er de viktigste eksternalitene lus, sykdom og rømning av typen *non-point-source pollution*. Det er ikke mulig å måle nøyaktig utslipp av luselarver, virus og bakterier, samt rømt oppdrettslaks, slik at de negative effektene måles på et aggregert nivå og reguleres deretter. Ideelt burde en kunne måle utslipp på merd/lokalitetsnivå, og kanskje det blir mulig i fremtiden, men vil være avhengig av det utvikles teknologi som gir presise målinger av utslippsnivåer. Kompleksiteten i miljøeffektene av havbruk gjør det vanskelig å finne den kombinasjonen av virkemidler som vil virke best.

I dag fremstår lukking av anlegg og nedsenkbare anlegg som den teknologien som kan bidra på flere miljøparametre, spesielt hvis det bygges robuste lukkede anlegg med dobbel rømningssikring og med oppsamling av slam. Spørsmålet er hvilket av virkemidlene over, eller kombinasjoner av virkemidler, som vil virke best for å stimulere til investering i slike teknologier. Det er vanskelig å svare på.

Miljøavgifter er vanskelig, reguleringer er allerede innført, og regionale miljøfond er basert på frivillighet, men den nye grunnrenteskatten vil redusere oppdretternes betalingsevne. Menon (Grønvik og Grünfeld, 2021; 2022) peker på en kombinasjon av miljøavgifter og en konverteringsordning. Gitt kompleksiteten i miljøeffektene av havbruk er det usikkert om det er mulig å utforme treffsikre miljøavgifter på lus, sykdom og rømning.

Da gjenstår de rene subsidieordningene, som kan utformes på ulike måter. Skattesubsidier kan være en mulighet, men det vil være avhengig av hvilken innretning grunnrenteskatten får. Det siste alternativet er en konverteringsordning. Hvis konverteringsfaktoren settes på riktig nivå, som gir en lønnsomhet som dekker den økte risikoen å investere i en ny teknologi, kan dette være en enkel måte å stimulere til investeringer i lukket teknologi. En slik konverteringsordning kan endres over tid etter hvert som teknologien modnes.

## 6. Konklusjon

Hensikten med denne rapporten er å undersøke mulighetene for produksjonsvekst og økt verdiskaping fra oppdrett av laks og regnbueørret i PO4 i Nordhordland i Vestland fylke. PO4 har hatt 2 nedtrekk av MTB de siste årene, og er fortsatt farget rødt i trafikklssystemet, og smittepresset av lakselus på villaksen vurderes fortsatt som altfor høyt. Luseproblemene kombinert med strengere lusereguleringer har gitt hyppigere avlusninger. Selv om oppdretterne har klart å redusere antall lus per fisk, har avlusningen gitt økte produksjonskostnader og økt dødelighet av stor fisk. Gitt statusen i trafikklssystemet vil det være vanskelig å se for seg økt produksjon i årene som kommer, med mindre det skjer en radikal innovasjon som reduserer lusesmitten. '

Vi gjør en rekke økonomiske analyser, både bedrifts- og samfunnsøkonomiske analyser. Vi bygger først en bioøkonomisk modell for både åpne og lukkede anlegg, og hvor dødeligheten og tilveksten vil være avhengig av antall avlusninger per generasjon. Produksjonsdata fra den bioøkonomiske modellen brukes så i verdsettingsmodeller for investeringer i åpne eller lukkede anlegg. Til slutt beregnes også de samfunnsøkonomiske effektene i form av verdiskaping.

Våre resultater fra den numeriske analysen viser at produksjon i åpne merder med lite lus og lav dødelighet er den mest kostnadseffektive teknologien. Men, i området med mye lus, mange avlusninger og nedtrekk kan lukkede anlegg være mer lønnsomt enn åpne merder. En konverteringsordning vil kunne bidra til en enda høyere vekst hvis investeringer i lukkede anlegg kan dra nytte av at de reduserer utslipp av sedimenterbart partikulært materiale. Vi antyder at årlig verdiskapinga bør kunne øke med 2-4 mrd. kr samtidig som luseproblemet for villaksen blir redusert.

Det er imidlertid usikkerhet knyttet til tallene. Mer detaljert informasjon om produksjonskostnader, investeringskostnader, rensegrad, fiskevelferd, samt kunnskap fra driftserfaringer vil kunne gi mer presise estimater av både bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved lukking.

Semi-lukkede anlegg er ikke fullt ut utviklet teknologi, og det er fortsatt behov for innovasjoner og læring. Dette vil gjøre at bedrifter kanskje vil sitte på gjerdet og vente til teknologien er mer moden og med lavere investerings- og driftskostnader. I denne første fasen kan det derfor være rom for subsidiering av lukket teknologi under forutsetning om at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt. En konverteringsordning mellom åpne og lukkede anlegg er en slik mulig subsidie. Det er i dag vanskelig å si hvor stor konverteringsfaktoren bør være, dvs. hvor mange tonn lukket MTB en bedrift bør gis for hvert tonn åpen MTB som konverteres. **At teknologien enda ikke er fullt ut utviklet tyder på at det bør anvendes mer generøse konverteringsfaktorer i starten for å kompensere for den høye risikoen det er å utvikle ny teknologi.**

## 7. Referanser

- Aas, T.S. & Åsgård, T. (2019) *Stoff-flyt av næringsstoff og energi fra fôr i et landbasert settefiskanlegg*. Nofima rapportserie 5/2019. <https://nofima.no/publikasjon/1679656/>
- Aas, T.S. (2021). *Kunnskapsgrunnlag – slam fra fiskeoppdrett*. Nofima rapportserie 23/2021. <http://hdl.handle.net/11250/2587104>
- Afewerki, S., Asche, F., Misund, B., Thorvaldsen, T., & Tveteras, R. (2022). Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture*. <https://doi.org/10.1111/raq.12755>
- Anderson, J. L., Asche, F., & Garlock, T. (2019). Economics of aquaculture policy and regulation. *Annual Review of Resource Economics*, 11, 101–123. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093750>
- Asche, F., Cojocaru, A. L., & Sikveland, M. (2018). Market shocks in salmon aquaculture: the impact of the Chilean disease crisis. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 50(2), 255–269. <https://doi.org/10.1017/aae.2017.33>
- Asche, F., Eggert, H., Oglend, A., Roheim, C. A., & Smith, M. D. (2022). Aquaculture: externalities and policy options. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(2), 282–305. <https://doi.org/10.1086/721055>
- Asche, F., Misund, B., & Tveteras, R. (2020). Determinants of Variation in Aquaculture Profits. Available at SSRN 3703168. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3703168>
- Asche, F., Oglend, A., & Selland Kleppe, T. (2017). Price dynamics in biological production processes exposed to environmental shocks. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(5), 1246–1264. <https://doi.org/10.1093/ajae/aax048>
- Asche, F., Oglend, A., & Selland Kleppe, T. (2017). Price dynamics in biological production processes exposed to environmental shocks. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(5), 1246–1264. <https://doi.org/10.1093/ajae/aax048>
- Berge, D. M. (2002). *Dansen rundt gullfisken: næringspolitikk og statlig regulering i norsk fiskeoppdrett 1970–1997*. Universitet i Bergen.
- Blomgren, A., Fjellidal, Ø. M., Quale, C., Misund, B., Tveterås, R., & Kårtveit, B. H. (2019). *Kartlegging av investeringer i fiskeri og fangst, akvakultur og fiskeindustri, 1970–2019*. NORCE investeringer. <http://hdl.handle.net/11250/2621211>
- Brod, E., & Øgaard, A. F. (2021). Closing global P cycles: The effect of dewatered fish sludge and manure solids as P fertiliser. *Waste Management*, 135, 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.041>
- Dempster, T., Overton, K., Bui, S., Stien, L.H., Oppedal, F., Karlsen, Ø., Coates, A., Phillips, B.L. and Barrett, L.T. (2021). Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, pp.237–248. <https://doi.org/10.3354/aei00402>



- Estay, M., & Stranlund, J. K. (2022). Entry, location, and optimal environmental policies. *Resource and Energy Economics*, 70, 101326. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101326>
- Føre, H. M., Thorvaldsen, T., Osmundsen, T. C., Asche, F., Tveterås, R., Fagertun, J. T., & Bjelland, H. V. (2022). Technological innovations promoting sustainable salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. *Aquaculture Reports*, 24, 101115. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101115>
- Hersoug, B. (2021). Why and how to regulate Norwegian salmon production? The history of Maximum Allowable Biomass (MAB). *Aquaculture*, 545, 737144. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737144>
- Hersoug, B. (2022). «One country, ten systems»—The use of different licensing systems in Norwegian aquaculture. *Marine Policy*, 137, 104902. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104902>
- Hersoug, B., Mikkelsen, E., & Osmundsen, T. C. (2021). What's the clue; better planning, new technology or just more money? The area challenge in Norwegian salmon farming. *Ocean & coastal management*, 199, 105415. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105415>
- Hersoug, B., Olsen, M. S., Gauteplass, A. Å., Osmundsen, T. C., & Asche, F. (2021). Serving the industry or undermining the regulatory system? The use of special purpose licenses in Norwegian salmon aquaculture. *Aquaculture*, 543, 736918. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736918>
- Huserbråten, M. B. O., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., & Johnsen, I. A. (2020a). *Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4 – Med fokus på forholdene i Nordfjord-Frøysjøen*. Rapport fra havforskningen. <https://hdl.handle.net/11250/2725019>
- Huserbråten, M.B.O., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G.L., Qviller, L., Dean, K.R., Jensen, B.B. and Johnsen, I.A. (2020b). *Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3 – vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi*. Rapport fra havforskningen. <https://hdl.handle.net/11250/2685851>
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., Hess, E.J., Rolland, K.H., Garshol, L.D. og A. Marthinussen (2019). *Sluttrapport: Kostnadsutvikling og forståelse av drivkrefter i norsk lakseoppdrett*. Nofima-Rapport nr. 35/2019. <http://hdl.handle.net/11250/2632322>
- Iversen, A., Asche, F., Hermansen, Ø., & Nystøyl, R. (2020). Production cost and competitiveness in major salmon farming countries 2003–2018. *Aquaculture*, 522, 735089. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735089>
- Jeong, J., Arriagada, G., & Revie, C. W. (2023). Targets and measures: Challenges associated with reporting low sea lice levels on Atlantic salmon farms. *Aquaculture*, 563, 738865. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738865>
- Grønvik, O.M. og L.A. Grünfeld (2021). *Nye virkemidler for vern av miljø, bedre fiskevelferd og økt verdiskaping*. Menon-rapport 79/2021. <https://www.menon.no/havbruk-nye-virkemidler-for-vern-av-miljo-bedre-fiskevelferd-og-okt-verdiskaping/>

- Grønvik, O.M. og L.A. Grünfeld (2022). *Kostnaden av lukket oppdrettsteknologi*. Menon-notat. <https://www.menon.no/kostnaden-av-lukket-oppdrettsteknologi/>
- Larsen, M. L., & Vormedal, I. (2021). The environmental effectiveness of sea lice regulation: compliance and consequences for farmed and wild salmon. *Aquaculture*, 532, 736000. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736000>
- Misund, B. (2021). Fiskeoppdrett. *Store norske leksikon*. <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Misund, B. (2022). *Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko?* NORCE rapport nr. 41-2022. <https://hdl.handle.net/11250/3034859>
- Misund, B., & Tveterås, R. (2020). *Economic rents in Norwegian aquaculture*. NORCE rapport 39-2020: <https://hdl.handle.net/11250/2837743>
- Misund, B. & Tveterås, R. (2020) Sustainable Growth, Resource Rent and Taxes in Aquaculture. *SSRN*: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3703158>
- Oglend, A., & Soini, V. H. (2020). Implications of entry restrictions to address externalities in aquaculture: The case of salmon aquaculture. *Environmental and Resource Economics*, 77(4), 673–694. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00514-0>
- Oliveira, V. H., Dean, K. R., Qviller, L., Kirkeby, C., & Bang Jensen, B. (2021). Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93874-6>
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398–1417. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- PwC (2023). *Ny grønn verdikjede med slam fra havbruk som innsatsfaktor. Et kunnskapsgrunnlag som belyser muligheter og utfordringer knyttet til etableringen av en ny grønn verdikjede som utnytter ressurser på avveie i havbruket gjennom oppsamling av fiskeslam*. PwC rapport.
- Robertsen, R., Iversen, A., Nyrud, T., Erraia, J. og A. Blomgren (2023). *Ringvirknings- og verdiskapingsanalyser i norsk sjømatnæring 2020–2022*. Faglig sluttrapport. Nofima 2/2023. <https://hdl.handle.net/11250/3046520>
- Rosten, T. W., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Terjesen, B. F., Biering, E., & Winther, U. (2011). *Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg-forprosjekt*. SINTEF, Trondheim, 76, 14.
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M. S., Ådlandsvik, B., & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1781–1792. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab077>
- Torrissen, O., Hansen, P. K., Aure, J., Husa, V., Andersen, S., Strohmeier, T., & Olsen, R. E. (2016). *Næringsutslipp fra havbruk–nasjonale og regionale perspektiv*. <http://hdl.handle.net/11250/2409078>

- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O.T., Nilsen, F., Horsberg, T.E. and Jackson, D. (2013). Salmon lice – impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of fish diseases*, 36(3), pp.171–194. <https://doi.org/10.1111/jfd.12061>
- Tveterås, R., Bruland, G., Bryde, M.H., Handeland, S., Misund, B., Nilsen, A. og R. Solberg (2021). *Bærekraftig vekst med lukkede anlegg i sjø*. Stiim Aqua cluster rapport April 2021. <https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2021/04/Stiim-Rapport-Flytende-Lukket-Oppdrett-i-sjo.pdf.pdf>
- Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H., Misund, A. and Fjelldal, Ø., 2020. *Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs*. English: Value creation potential and roadmap for offshore aquaculture). Report. Stavanger. [https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2020/12/Rapport\\_2020\\_Verdiskapingspotensiale-og-veikart-for-havbruk-til-havs\\_hovedrapport.pdf](https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2020/12/Rapport_2020_Verdiskapingspotensiale-og-veikart-for-havbruk-til-havs_hovedrapport.pdf)
- Tveterås, R., Reve, T., Haus-Reve, S., Misund, B., & Blomgren, A. (2019). *En konkurransedyktig og kunnskapsbasert havbruksnæring*. Handelshøgskolen BI, Oslo. Rapport. [https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2019/08/BI\\_2019\\_En-konkurransedyktig-og-kunnskapsbasert-havbruksn%C3%A6ring.pdf](https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2019/08/BI_2019_En-konkurransedyktig-og-kunnskapsbasert-havbruksn%C3%A6ring.pdf)
- Xepapadeas, A. (2011). The economics of non-point-source pollution. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 3(1), 355–373. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-115945>