

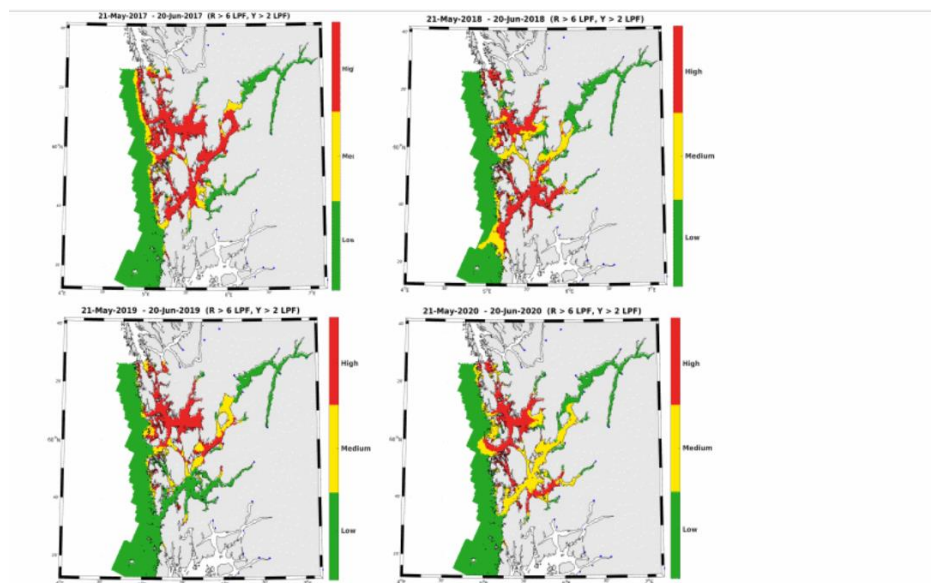
Havforskere versus veterinærer

De to fagmiljøene har utviklet hver sin modell for spredning og påslag av lus. HIs modell er basert på en hydrodynamisk fjordmodell som foregir å beregne smittetrykket mot vill laksefisk. VI/NR sin modell er basert på sjøveis distanse mellom oppdrettsanlegg, og foregir å beregne lusemengde i anleggene og smittespredning mellom dem. HI-artikkelen¹ konkluderer med at lusebekjempelsen må bli 10 ganger mer effektiv for at røde og gule POer (2-7) skal blir grønne. VI/NR- artikkelen² innebærer derimot at kraftig vekst er mulig.

Modeller må ikke forveksles med virkeligheten

HI har laget en variant av ROC-metoden (ROC=relativ operating characteristic) som produserer en tredelt kategorisering av et PO i sjøarealer med lavt, middels og høyt smittetrykk. Inndelingen er basert på forutsetninger om at lavt smittetrykk betyr inntil 2 lus pr utvandrende laks, middels 2-6 lus og høyt mer enn 6 lus. Det beregnes en indeks for hvert PO, som representerer andel av totalarealet med forhøyet smittetrykk. I trafikklyssystemet kategoriseres denne indeksen i lav, moderat og høy basert på grenseverdier for smoltdødelighet: <10% dødelighet gir grønt lys, 10-30% gult og >30% rødt. ROC-areale beregnes for glidende 30 dagers perioder fra 1. april til 1. august.

Resultatet av modellkjøringene presenteres som ROC-kart og ROC-indeks. Eksempler er vist nedenfor. Ifølge ROC-kartet³ var det ikke greit for laksesmolt å komme fra det med livet i behold i Hardangerfjorden i 2017 og 2018, mens det skulle gå litt bedre i 2019 og 2018. I Bjørnafjorden så det helrødt ut alle år.



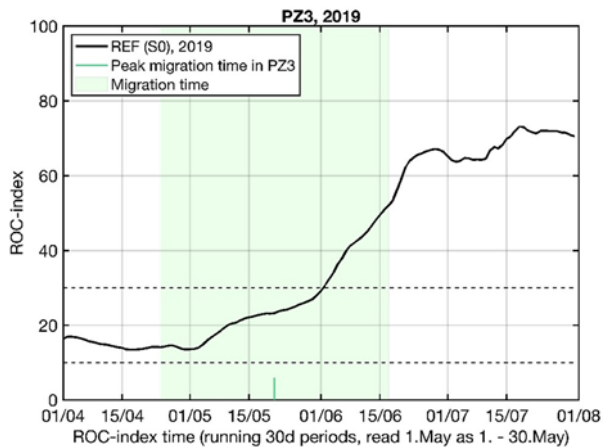
Figur 2.20. Figurene viser områder med forhøyet tetthet av lakselus akkumulert over en mnd. Røde områder indikerer at fisk som oppholder seg der sannsynligvis vil smittes med mer enn 6 lus (dødelig dose for en 20g fisk), gult indikerer at fisk som oppholder seg der sannsynligvis vil smittes med mellom 2 og 6 lus per fisk, mens grønn områder indikerer at fisken sannsynligvis smittes med mindre enn 2 lus per fisk.

¹ Anne D Sandvik, Samantha Bui, Mats Huserbråten, Ørjan Karlsen, Mari S Myksvoll, Bjørn Ådlandsvik, Ingrid A Johnsen 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*, Volume 78, Issue 5, August 2021, Pages 1781–1792, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab077>

² Katharine R. Dean, Magne Aldrin, Lars Qviller, Kari Olli Helgesen, Peder A. Jansen, Britt Bang Jensen 2021. Simulated effects of increasing salmonid production on sea lice populations in Norway. *Epidemics*, Volume 37, 2021, 100508, ISSN 1755-4365, <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2021.100508>

³ Kopiert fra <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rappport-fra-havforskningen-2021-7#sec-2-8>

ROC-indeksen i PO3 i 2019 kom aldri under 10, og lå på 50 mot slutten av smoltutvandringen (figuren nedenfor). Kurven er avledet fra rapportert lusenivå i anleggene.



Simuleringene viser at modellen eller trafikklysene er feil (eller begge)

HI-studien simulerer effektene av ulike forvaltningsstrategier, der antall tillatte voksne hunnlus pr fisk er variabelen. I alt 7 ulike scenarier er modellert:

S0-referansescenario basert på faktisk rapportert lusenivå

S1-reduksjon av voksne hunnlus til ROC-indeksen kommer under 10

S2-utvidelse av perioden med 0,2 voksne hunnlus pr fisk til slutten av ROC-perioden

S3-som S2, men med grense på 0,1

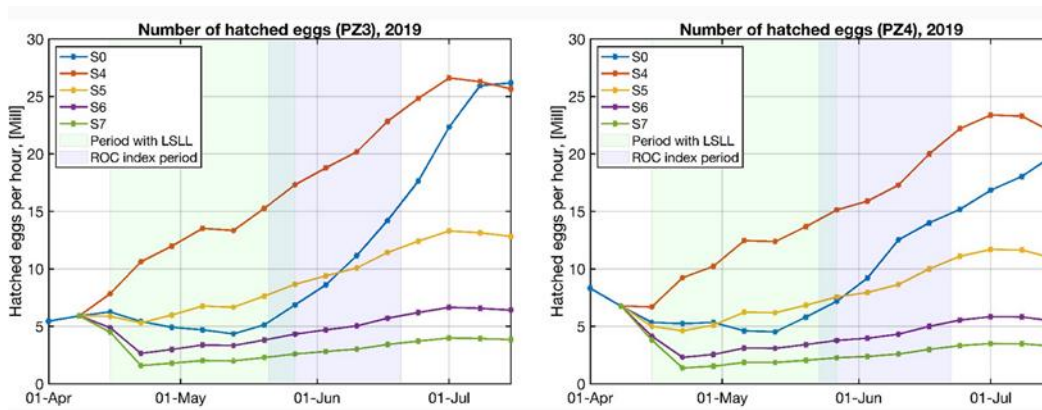
S4-fast 0,2-grense for all fisk på alle lokaliteter

S5-fast 0,1-grense for all fisk på alle lokaliteter

S6-fast 0,05-grense for all fisk på alle lokaliteter

S7-fast 0,03-grense for all fisk på alle lokaliteter

Resultatet av noen av simuleringene er vist nedenfor.



Kurvene viser antall klekte lusegg i PO3 (venstre panel) og PO4 (høyre panel) i perioden 1.april til 15.juli i 2019. Scenariene som er vist, sammenligner alternativene S0 med S4-7. Det lysegrønne feltet angir perioden med nedregulert tillatt lusenivå til 0,2 (*Period with LSL* i figuren). S4, som simulerer en fast grense på 0,2 voksne hunnlus til slutten på ROC-perioden (lilla felt), gir et dårligere resultatet

enn det faktisk rapporterte antall lus (blå linje). Dette fordi mange anlegg i praksis ligger under 0,1. Vi kan forøvrig merke oss at PO4 kom bedre ut enn PO3 i ROC-modellen, mens PO4 ble rødt og PO3 gult i trafikklysfordelingen. NFDs veier er uransakelige.

Overnaturlige åpenbaringer begrunner at ROC-indeksen må under 10

Diagrammene viser at vi må ned på lusegrenser under 0,05 hvis kurvene skal holde seg noenlunde flate om våren og sommeren. Det er det som må til, hvis ROC-indeksen skal under 10. Tabellen nedenfor oppsummer noen av simuleringene for noen av POene (PZ i tabellen). Holder vi oss til PO3 som eksempel, viser det seg at det er bare S7 (konstant mindre enn 0,03 voksne hunnlus pr oppdrettsfisk) som holder mål. PO4 slipper unna med 0,05.

	2018					2019				
	I _{S0}	I _{S4}	I _{S5}	I _{S6}	I _{S7}	I _{S0}	I _{S4}	I _{S5}	I _{S6}	I _{S7}
PZ2	32	45	21	3	0	24	38	26	14	7
PZ3	27	57	36	17	6	23	45	34	19	8
PZ4	17	29	13	4	1	24	39	23	10	4
PZ5	7	18	4	1	0	31	37	16	4	2
PZ10	3	43	23	8	3	15	50	26	9	2

Forfatterne skriver at *The analyses identified a mismatch between legal and sustainable lice levels, but also a beneficial effect of reducing lice levels on farms*. Skal den siste delen av setningen være en slags trøst? Forskerne har imidlertid ikke beregnet hvor ofte det må avluses for å nå det de kaller et bærekraftig nivå, men et stort antall ekstra avlusninger vil nok føre til at det må drepes atskillig mer laks enn i dag.

I presentasjonen av artikkelen på HIs hjemmeside⁴ heter det *For å sikre at påverknaden på vill laksesmolt held seg innfor fastsette grenser i trafikklyssystemet, må ein stor del av anlegga ha mykje mindre lus per fisk enn den lovbestemte maksimumsgrensa*. Budskapet er klart: Produksjonen må kraftig nedreguleres, eller så må kampen mot lusa bli minst 10 ganger mer effektiv.

VI/NR-metoden – sjøveis distanse mellom anleggene

Veterinærinstituttet og Norsk Regnesentral har regnet ut at en dobling av dagens lakseproduksjon vil føre til en økning på beskjedne 3,5% i total lusemengde summert for alle anlegg. En 5-dobling, som er foreslått i en scenario-studie⁵, vil gi en økning på 7,1%. Ved å senke avlusningskravet til 0,05 voksne hunnlus pr fisk vil 5-gangen i produksjonsøkning ikke gi en økning i lusemengden. Til gjengjeld må vi da øke antall avlusninger med 281%.

VI/NR-modellen predikerte videre at 8% økning i antall oppdrettsfisk ikke førte til en økning i totalt antall voksne hunnlus, men krevde en liten økning på 0,6% pr uke i antall anlegg som må avluse. Trafikklysmodellen er basert på en antakelse om at 6% nedtrekk vil monnelig redusere smittetrykket

⁴ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/oktober/behov-for-fleire-forebyggande-tiltak-mot-lakselus>

⁵ Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., Skjermo, J., 2012. Verdiskaping basert på produktive hav i 2050 [Value creation based on productive seas in 2050], Norway, pp. 1–79.

mot villfisken. Hvis 8% økning ikke vil øke mengden av voksne hunnlus, betyr det at smittetrykket heller ikke øker. Et tilsvarende nedtrekk vil ha samme betydningsløse effekt. Hvis VI/NR har rett, har forvaltning etter trafikklysmoellens 6%-trinn lite for seg. Det er vel egentlig det som er budskapet i HI-artikkelen også, som foreskriver 10-gangen i reduksjon. Det er ikke lett å skjønne hvor tallet 6 kommer fra.

Forfatterne av VI/NR-artikkelen konkluderer med at en tetthetsavhengig økning i forekomsten av lus bare kan detekteres i en nasjonal skala hvis tettheten av verter (antall oppdrettslaks) økes kraftig. En doubling av oppdrettsproduksjonen kan kompenseres ved å senke avlusningsgrensa til 0,17 voksne hunnlus pr fisk, hvilket vil kreve 121% økning av antall anlegg som må avluse hver uke.

VI/NR-artikkelen behandler ikke spørsmålet om hvor mye lus som må til for å bli en trussel mot villfisken. Artikkelen handler om totalmengden av lus i anleggene. VI/NR analyserer hva som skal til for å holde lusemengden konstant på dagens nivå, ikke hvor mye den må reduseres for at POene skal komme i grønt. De to modellene produserer imidlertid resultater som er gjensidig utelukkende, fordi det er omtrent en 10er-faktor i forskjell mellom effektene som predikeres. 8% opptrekk betyr lite i henhold til VI/NR, mens dette sannsynligvis vil bikke flere grønne POer over i rødt etter HI-modellen. Til tross for denne uenigheten sitter det medlemmer fra begge forfatterteam i Ekspertutvalget som fargelegger trafikklysene, som ifølge sine egne ekspertrapporter leverer et enstemmig råd. Karlsen og Myksvoll fra HI og Qviller fra VI er altså enige om trafikklysfargene, men tydeligvis uenige om hvor alvorlig forskjellen på grønt og rødt kan være.

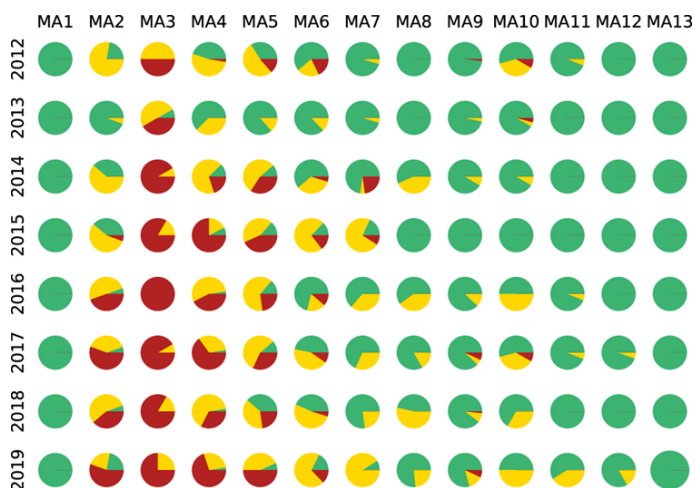
Observasjoner falsifiserer modellresultatene

Det er et påfallende fravær av interesse for å teste modellresultatene empirisk. Som tidligere vist her på bloggen er grensene for trafikklysfargene og ROC-fargene helt vilkårlige og uten sammenheng med villfiskens overlevelse under utvandringen fra elvene. Ettersom villaksen er i framgang på nasjonalt nivå, er det ingenting som tyder på at den har tatt skade av dagens lusemengde⁶. Det er derfor ikke behov for å redusere lusemengden ytterligere, i motsetning til det HI hevder.

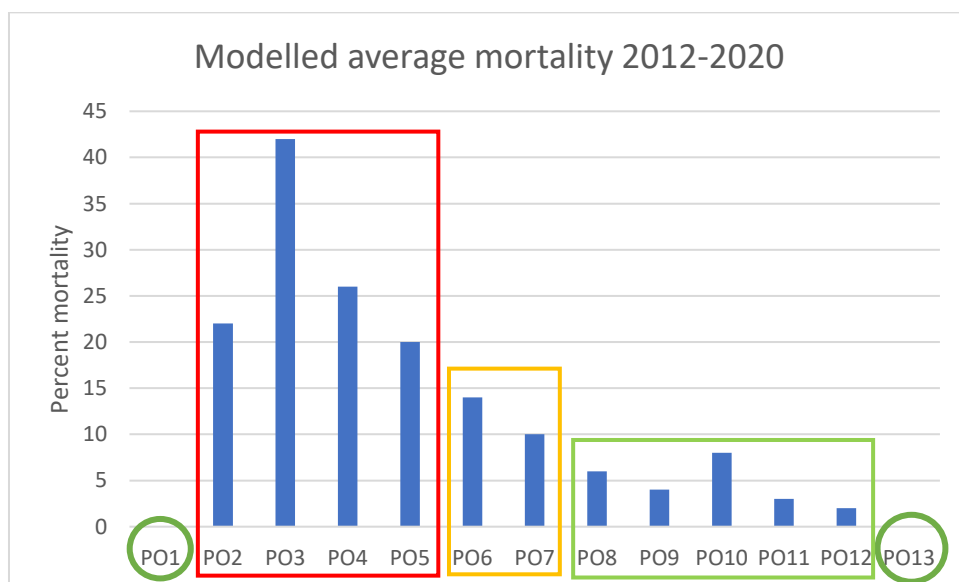
Det HI kaller modellverifisering, er en test av sammenhengen mellom modellert smittetrykk og påslag av lus på forsøksfisk i vaktbur. Dette holder ikke mål. HI hevder at modellen gir grunnlag for å predikere dødeligheten på bestandsnivå. Da må modellen testes ved å måle sammenhengen mellom prediksjon og bestandsutvikling, altså nettopp dødeligheten på bestandsnivå. HI-forskere har tidligere publisert en artikkel om predikert dødelighet for utvandrende laksesmolt for 401 elver i perioden 2012-2020⁷. Resultatet er sammenfattet i figuren nedenfor (kopiert fra artikkelen). MA står for Management Area, og viser ROC for hvert PO hvert år i 8-årsperioden.

⁶ <https://www.aquablogg.no/norsk-villaks-i-framgang-tilbakegang-i-alle-andre-land/>

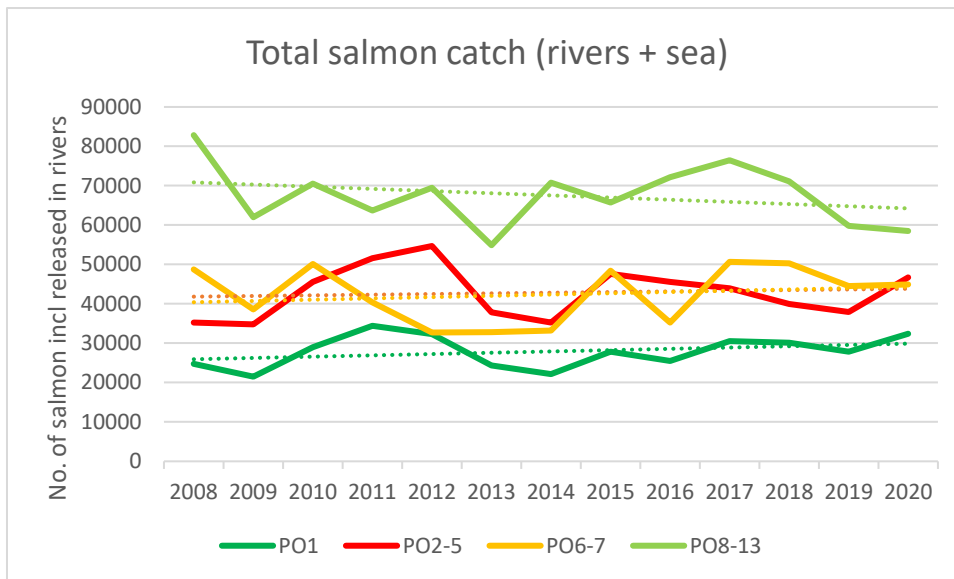
⁷ Ingrid A Johnsen, Alison Harvey, Pål Næverlid Sævik, Anne D Sandvik, Ola Ugedal, Bjørn Ådlandsvik, Vidar Wennevik, Kevin A Glover, Ørjan Karlsen, Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway, *ICES Journal of Marine Science*, fsaa202, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa202>



Basert på data publisert som *Supplementary material*, kan dette regnes om til gjennomsnittlig dødelighet for alle år i hvert PO. Dette er gjort i illustrasjonen nedenfor, der verstingene PO 2-5 er bokset inn med rødt. Det verste av dem alle er PO3, der både villaks- og sjøaurebestander merkelig nok har framgang. Dette fenomenet er alene nok til å falsifisere modellen.



Neste figur viser fangstutviklingen samlet for elv og sjø i hvert PO i samme periode. Fargekodene er de samme som i figuren ovenfor. Som vist, er det ingenting som tyder på at utviklingen har vært forskjellig i de ulike kategoriene av POer. Det betyr kort og godt at lus ikke regulerer villaksen.



Det irrgrønne PO1, der det er beregnet 0 luseindusert dødelighet hvert år, ligger på samme trendkurve som verstingene PO 2-5 og de nest verste POene 6-7. De lysegrønne POene 8-13 har en svakt fallende trend. Tana er ikke medregnet i PO13, ettersom bestandskollapsen i Tana ville dominert utviklingen og gitt en sterkt fallende kurve. Som kjent skyldes kollapsen langvarig overbeskatning skapt av ansvarsløs forvaltning, som bør fortjene betegnelsen miljøkriminalitet.

Det er altså klart og tydelig at det er ingen sammenheng mellom predikert luseindusert dødelighet og villaksens utvikling. Dette ser ut til å være klart som blekk for HI-forskere, som anser fakta som utidige innvendinger mot et vakkert modellbyggverk. På et eller annet tidspunkt vil de likevel bli nødt til å forholde seg til virkeligheten. La oss optimistisk håpe at dette blir når den internasjonale evalueringen av forskningen som ligger til grunn for trafikklyssystemet legger fram sin sluttrapport i slutten av november⁸.

Satsing på genteknologi for å bekjempe lus kan bli løsningen

Begge forfatterteam avslutter sine artikler med en opprømsing av forebyggende tiltak som kan redusere behovet for avlusninger. Barriereteknologi som lukkede anlegg, luseskjørt og nedsenkede merder nevnes, samt kortere produksjonstid i sjøen ved bruk av storsmolt. Vi kan gjøre noe med den geografiske fordelingen av produksjonen, ved å flytte deler av den havs, omfordere kapasitet mellom POene, eller satse på flere fisk i færre anlegg eller færre fisk i flere anlegg. VI/NR peker på vaksiner, men ingen nevner avl. Genomisk seleksjon for luseresistens er allerede i gang. SalmoBreed var først ute med seleksjonsforsøk allerede i 2007⁹. AquaGen startet seleksjon i 2011, og leverte den første generasjonen med selekterte egg til smoltanlegg i 2015. I 2019 presenterte selskapet resultater fra feltutprøving som viste 11% framgang sammenlignet med laks med 1 kopi av lusesamlermarkøren, og 28% sammenlignet med laks med 2 kopier¹⁰. Selskapet har rapportert at 40-45% reduksjon i påslag av lus kan oppnås etter 2 avlsgenerasjoner med ensidig vekt på lus.

Dersom 1 generasjon med genomisk seleksjon gir en framgang i resistens på 20-25%, kan det beregnes at vi i dette tempoet vil trenge 10 generasjoner (40 år) med seleksjon for å eliminere behovet for avlusning. Sterk reduksjon i behovet for avlusninger vil sannsynligvis inntreffe mye tidligere, kanskje allerede etter 3 generasjoner. En studie konkluderte med 75% reduksjon i påslag av

⁸ <https://www.aquablogg.no/trafikklysystemet-far-styrk-i-internasjonalevaluering/>

⁹ <https://bmkgenetics.com/salmon-genetic-traits/sea-lice/>

¹⁰ <https://aquagen.no/en/products/salmon-eggs/product-documentation/qtl-for-lusemottakelighet/>

lus etter 5 generasjoner med hovedvekt på luseresistens som avlsmål¹¹. Men det spørres om avlsselskapene har tilstrekkelig økonomisk incentiv til å prioritere luseresistens. Rosendal og Olesen har publisert en fornuftig diskusjon av dette spørsmålet¹².

Patentering er et dårlig og lite effektivt incentiv for egenskaper med en polygenetisk natur. Den tilsynelatende mangelen på motivasjon hos avlsselskapene skyldes ikke minst manglende etterspørsel fra oppdretterne. Næringen bør slutte med selvskading. Det er mulig næringen må frelses av statlige reguleringer og tiltak. Men er staten god til å regulere? Det er egentlig skandaløst at ordningen med utviklingskonseksjoner prioriterte frakting av 30-40.000 tonn stål til havs (bærekraftig?) i stedet for å prioritere løsning av luseproblemet med genetiske metoder¹³.

Vi ville få raskere framgang hvis vi kunne satse på genredigering ved hjelp av CRISPR-metoden. Det foregår faktisk små forsøk med dette i regi av prosjekter som CrispResist, GeneInnovate og LiceResist, men det er småpenger som satses. Vi snakker om en størrelsesorden på 80-100 millioner i løpet av noen år. Det er egentlig fantastisk at en industri som taper 5-10 milliarder hvert år på avlusning, ikke for lengst har satset en milliard eller to på genetiske løsninger. Vi mangler kanskje karismatiske personligheter som kan drive slikt fram, slike som Harald Skjervold som fikk startet opp et familiebasert avlsprogram i en tid da kostnadene til dette sannsynligvis var større enn næringens samlede inntekter.

I tillegg må næringen satse store beløp på folkeopplysning om at CRISPR er en framtidsrettet og ufarlig metode. Pr i dag er det usikkert om det er lovlig og/eller markedsmessig ønskelig¹⁴ å bruke CRISPR i lakseavl. Bruken av mRNA-vaksiner mot Covid-19 har kanskje påvirket holdningene til dette. En DNA-vaksine mot PD-SAV3 er allerede EU-godkjent og i bruk (Clynav). Når det allerede er gjort unntak fra GMO-lovgivningen, har vi en brekkstang som kan skape muligheter.

Mulighetsstudien som konkluderte med 5-dobling av lakseproduksjonen i 2050 kan bli realiserbar hvis de økonomiske og velferdsmessige tapene til lus kan bringes under kontroll. Genetikk er stikkordet. 2050 er 5 laksegenerasjoner unna. Mye kan oppnås på 20 år.

¹¹ G. Kristin Rosendal, Ingrid Olesen 2021. Overcoming barriers to breeding for increased lice resistance in farmed Atlantic salmon: A case study from Norway. *Aquaculture* 2021, 737574, ISSN 0044-8486, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737574>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621012370#fn0090>

¹² Ibid.

¹³ Mads Greker, Irja Vormedal, Kristin Rosendal 2020. Environmental policy and innovation in Norwegian fish farming: Resolving the sea lice problem? *Marine Policy*, Volume 117, 2020, 103942, ISSN 0308-597X, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103942>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X19309686>

¹⁴ Norwegian consumers' attitudes towards the use of gene editing in livestock and crop plants in Norwegian agriculture and aquaculture. Rapport fra Bioteknologirådet og GeneInnovate 2020.

<https://www.bioteknologiradet.no/filarkiv/2020/04/Report-consumer-attitudes-to-gene-editing-agri-and-aqua-FINAL.pdf>