



Bacheloroppgave

MAR600 Marin logistikk og økonomi

Bærekraft i kampen mot lakselusa

Dina Kristine Fiskvik

Totalt antall sider inkludert forside: 48

Kristiansund, 31.05.2023



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§16 og 36.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert, jf. høgskolens regler og konsekvenser for fusk og plagiat	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Personvern

Personopplysningsloven

Forskningsprosjekt som innebærer behandling av personopplysninger iht. Personopplysningsloven skal meldes til Sikt for vurdering.

Har oppgaven vært vurdert av Sikt?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

- Hvis nei:

Jeg/vi erklærer at oppgaven ikke omfattes av Personopplysningsloven:

Helseforskningsloven

Dersom prosjektet faller inn under Helseforskningsloven, skal det også søkes om forhåndsgodkjenning fra Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, REK, i din region.

Har oppgaven vært til behandling hos REK?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Ingrid Oline Uthaug

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Opgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Dato:

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2023 som avsluttende del av bachelorstudiet «Marin logistikk og Økonomi» ved Høgskolen i Molde avdelign Kristiansund.

Denne bacheloroppgaven analyserer dagens håndtering av lakselus i lys av bærekraft, både næringens håndtering og den offentlige håndteringen. Oppgavens problemstilling kommer fra et underliggende ønske om å synliggjøre problemene lakselus skaper for næringen både økonomisk, sosialt og miljømessig, slik at fremtidens håndtering av lakselus kan være en del av en bærekraftig utvikling i den norske oppdrettsnæringen.

Jeg ønsker å takke Ingrid Oline Uthaug for god veiledning i forbindelse med denne oppgaven.

Sammendrag

Norsk oppdrettsnæring er en næring i konstant vekst, og Norge er i dag verdens største oppdrettsprodusent og eksportør av atlantisk laks. Næringen er en svært viktig bidragsyter i mange distrikts- og kyst-samfunn, og næringen brer seg langs hele norgeskysten fra Finnmark i Nord til Agder i sør.

En stor trussel mot bærekraftig vekst i oppdrettsnæringen er lakselus. Lakselus finnes naturlig i norske farvann, men på bakgrunn av økt produksjon av laks langs kysten har også lakselusa vokst i omfang og utgjør nå en betydelig trussel mot villaksbestanden og oppdrettsnæringen. Påvirkningen av lakselus på villaks er en trussel for naturmangfold og fører i tillegg til et økt behov for tiltak på anleggene for å holde lusenivået under de lovlige grensene fastsatt av det offentlige. Tiltak som gjennomføres for å holde lusenivået nede har vist seg å skape store velferdsutfordringer og død hos oppdrettslaksen. Dårlig fiskevelferd og død viser seg som biologiske kostnader, og sammen med økte driftskostnader knyttet til de ulike tiltakene for bekjempelse av lakselus utgjør dette en trussel for den økonomiske og sosiale dimensjonen av bærekraft. Sosialt sett er det også velferdsmessig uforsvarlig at det dør så mange fisk, da enhver fisk også har egenverdi utover den verdien den utgjør for mennesker som følge av loven.

Mine funn bidrar til en bedre forståelse av hvordan de ulike dimensjonene av bærekraft påvirkes av lakselus- problematikken og den offentlige reguleringen i oppdrettsnæringen.

Abstract

The Norwegian aquaculture industry is under constant growth, and Norway is today the worlds largest producer and exporter of farmed Atlantic salmon. The industry is located all over the Norwegian coast- line and is an important contributor in many district and coastal communities in the country.

A major threat to sustainable growth in the Norwegian farming industry of Atlantic salmon is the salmon lice. The salmon lice is a naturally occurring parasite of salmon in sea water, but because of intensive production of farmed salmon the conditions for parasite growth has been exceptionally good. This has created problems for both wild salmon and the salmon farming industry. The impact of salmon lice on wild salmon is a threat to the natural diversity in the sea and also increases the need for treatments on farmed salmon to keep the level of salmon lice below the legal limits set by the government. It has been discovered that the different measures implemented to keep the level of lice low creates major welfare challenges and increased death in Norwegian salmon farms. Poor welfare and increased death appear as biological cost, and together with the high cost of implementing the different measures it threatens the economic sustainability. The fact that so many salmons die and suffer from bad welfare because of the treatments against salmon lice is also a threat to the social sustainability, because in terms of the law salmon is an animal of value beyond the value it represents for humans in terms of an asset.

My findings contribute to a better understanding of how the various dimensions of sustainability are affected by the handling of salmon lice by both the farming industry and the public regulation.

Innhold

1.0	Innledning	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Problemstilling og avgrensning	2
1.3	Disposisjon	3
2.0	Metode	4
2.1	Valg av metode	4
2.2	Kvalitativ dokumentanalyse	4
2.2.1	Innsamling av data	4
2.2.2	Utvalg av data	5
2.2.3	Systematisk litteratursøk	5
2.2.4	Kildekritikk	6
2.3	Utvalgte studier fra litteratursøk	6
3.0	Litteraturgjennomgang	8
3.1	Norsk oppdrettsnæring	9
3.2	Lepeophtheirus Salmonis	10
3.2.1	Lakselusens livssyklus	10
3.2.2	Smitte på laksefisk	12
3.3	Dyrevelferd	13
3.4	Bærekraft	13
3.5	Offentlig regulering	14
3.5.1	Lov om akvakultur	15
3.5.2	Forskrift om drift av akvakulturanlegg	16
3.5.3	Dyrehelseforskriften	16
3.5.4	Dyrevelferdsloven	17
3.5.5	Forskrift om bekjempelse av lakselus	18
3.5.6	Produksjonsområdeforskriften	18
3.5.7	Trafikklyssystemet	19
3.5.8	Andre offentlige tiltak	20
3.6	Forebyggende tiltak	20
3.7	Kontrollerende tiltak	22
3.8	Avlusing	23
3.9	Konsekvenser for bærekraft	25

4.0	Diskusjon.....	27
5.0	Konklusjon.....	31
5.1	Videre forskning	32
	Figurligste	33
	Referanseliste.....	34

1.0 Innledning

Denne bacheloroppgaven er en analyse av dagens lakselus- problematikk og hvordan dette stiller seg i forhold til bærekraft, samt hvordan dette kan møtes i fremtiden for å sikre en bærekraftig utvikling innen håndteringen av lakselus i norsk havbruk.

Alvorlige konsekvenser som følge av lakselus, de tre dimensjonene av bærekraft og den offentlige reguleringen i oppdrettsnæringen vil først belyses individuelt, deretter i sammenheng med hverandre for å kunne avgjøre om dagens håndtering av lakselus er bærekraftig.

1.1 Bakgrunn

Lakselus er et problem som berører alle tre dimensjoner av bærekraft. Fiskehelse rapporten fra 2022 gir en statusrapport for helse- og velferdssituasjonen for oppdrettsfisk i norsk havbruksnæring. Rapporten er utgitt av Veterinærinstituttet og rapporterer på bakgrunn av offisiell statistikk og data fra og om havbruksnæringen. I denne rapporten trekkes lakselus frem som et av de største problemene norsk oppdrettsnæring står ovenfor, og noe som truer den bærekraftige utviklingen i næringen (Sommerset et al. 2023).

I en risikorapport fra havforskningsinstituttet fra 2023, der produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett var tema, rapporteres det at på bakgrunn av den høye produksjonen av laks og regnbueørret i åpne merder er det lagt godt til rette for at lusa skal finne seg en vert og deretter reprodusere seg. Dette fører til høy forekomst av lakselus i områder med mye oppdrett (Andersen et al. 2023).

I 2021 la regjeringen frem en ny havbruksstrategi. Strategien viser til at lakselus i seg selv ikke er et helse- og velferdsproblem for oppdrettslaksen så lenge lusegrensen ikke blir for høy, men behovet for å redusere påvirkningen fra lus på villaksen medfører et økende behov for behandling av oppdrettslaksen. Dette økende behovet for behandling fører til at det gjennomføres behandlingstiltak som igjen fører til problemer for fisken (Regjeringen 2021b).

Alle disse rapportene viser til at lakselus truer den bærekraftige utviklingen i norsk oppdrettsnæring. Dette vitner om at tema lakselus og bærekraft er dagsaktuelle, og at en dypere forståelse av dette vil være essensielt for en bærekraftige utviklingen av norsk oppdrettsnæring.

1.2 Problemstilling og avgrensning

Problemstilling: «Er dagens håndtering av lakselus bærekraftig?»

Problemstillingen er utarbeidet for å analysere lakselus- problematikken og hvordan håndteringen av denne problematikken stiller seg i forhold til bærekraft samt hvordan vi kan møte denne problematikken for å sikre en fremtidig bærekraftig utvikling i håndteringen av lakselus.

Opgaven analyserer hvorvidt aktørenes håndtering av lakselus, inkludert den offentlige reguleringen, er i overensstemmelse med hver enkelt av aspektene miljø, økonomi og sosiale forhold i bærekraft- begrepet. Oppgaven skal gi innsikt i hvilke problemer lakselus skaper samt aktuelle tiltak som benyttes for å bekjempe lusa og den offentlige reguleringen av dette. Videre vil det diskuteres hvordan vi skal håndtere lakselus i fremtiden for å sikre en bærekraftig utvikling innen bekjempelsen av lakselus.

Denne oppgaven vil besvare tre forskningsspørsmål knyttet til problemstillingen;

1. Hvordan håndteringen påvirker de tre dimensjonene innen bærekraft.
2. Hvordan de offentlige reguleringene påvirker håndteringen av lakselus
3. Hvilke føringer som kan legges til grunn for å sikre en bærekraftig håndtering av lakselus i fremtiden

Avgrensninger:

- Tar utgangspunkt i bruk av tradisjonelle merder i sjø med oppdrett av atlantisk laks
- Tar utgangspunkt i den norske oppdrettsnæringen
- Oppgaven er avgrenset til problemer knyttet til lakselus (*L. Salmonis salmonis*), ikke andre sykdommer og parasitter

1.3 Disposisjon

Kapittel 1: Innledning, bakgrunn, problemstilling og avgrensning

Kapittel 2: Metodikk

Kapittel 3: Litteraturgjennomgang

Kapittel 4: Diskusjon

Kapittel 5: Konklusjon

2.0 Metode

I dette kapitlet vil metode for innsamling og analyse av data bli redegjort for. Kapitlet forklarer valg og vurderinger som er tatt for å hensiktsmessig kunne reflektere rundt og besvare problemstillingen. Dette kapitlet skal også gi grunnlag for fremgangsmåten som benyttes når data tolkes, samt relevant kritikk knyttet til valgt metode.

2.1 Valg av metode

Dag Ingvar Jacobsen skriver at forskning har som hensikt å frembringe gyldig og troverdig kunnskap om virkeligheten (Jacobsen 2015). For å frembringe gyldig og troverdig kunnskap om virkeligheten er det nødvendig med en strategi for hvordan data skal samles inn, bearbeides og formidles. Det er denne strategien som er metoden.

For å besvare problemstillingen på best mulig måte er det i denne oppgaven benyttet kvalitativ metode, da en kvalitativ metode gir utgangspunkt for en helhetlig og god forståelse av et spesifikt tema.

2.2 Kvalitativ dokumentanalyse

For å drøfte og besvare problemstillingen er det gjennomført en kvalitativ dokumentanalyse av utvalgte dokumenter og litteratur som er samlet inn under et litteratursøk. Denne metoden egner seg til å besvare problemstillingen da den gir muligheter for å undersøke store mengder data på en systematisk måte, og er spesielt nyttig her da problemstillingen er knyttet til et bredt og nyansert fagfelt.

2.2.1 Innsamling av data

For å samle inn data til denne oppgaven er det blitt gjennomført et systematisk litteratursøk. Et litteratursøk defineres av Jacobsen (2015) som en systematisk prosess for å finne og samle inn relevant litteratur og informasjon om et bestemt emne.

Dette gir en grundig oversikt over hvilken informasjon som er tilgjengelig og kan benyttes til å belyse oppgavens problemstilling. Data som samles inn på denne måten kan være sekundærdata, dette er data som ikke er hentet direkte fra kilden av forskeren, men fra

dokumenter som rapporter og analyser som er skrevet av andre. Disse dokumentene kan derfor ha et annet formål enn hva denne rapporten har, og det er derfor viktig å være bevisst på kvalitet og validitet ved en slik innsamling av data.

2.2.2 Utvalg av data

Utvalget av kilder er helt sentralt i metoden, da det kan være store variasjoner i kvalitet på dokumenter og litteratur en finner i et litteratursøk, spesielt i sekundærlitteratur. Ifølge Jacobsen (2015) foregår det en sterk utskilling av informasjon i utvalgsprosessen av relevant data ved utforming av sekundærlitteratur, noe forskeren som skal lese det ferdige dokumentet har liten kontroll over. Det eneste forskeren kan kontrollere er eget utvalg av kilder blant de som er tilgjengelige, noe som gjør det enda viktigere å være kritisk til kildene som benyttes.

I utvelgelse av litteratur i forbindelse med denne oppgaven har det vært lagt særlig vekt på fagfelleverdert litteratur, det vil si at litteraturen er vurdert og godkjent av anonyme eksperter innen fagfeltet (Utdanningsforskning.no 2016).

2.2.3 Systematisk litteratursøk

For å finne litteratur er det blitt gjennomført et systematisk litteratursøk. Jeg har i hovedsak valgt å benytte søkemotoren Oria.no for å gjennomføre litteratursøket. Denne søkemotoren lar meg søke i høgskolens samlede ressurser, noe som gir mulighet for et bredt søk i flere databaser samtidig. Jeg har også utført søk direkte i journaler jeg har kommet i kontakt med via Oria.no som har publisert relevant litteratur.

Helt avgjørende for hvilke treff som kommer ved et søk er ordene som søkes etter. Det er viktig å avgrense søket for å finne den mest relevante litteraturen. Mats Persson (2021) presenterer forskjellige teknikker for hvordan en kan avgrense søk. En av disse teknikkene er bruk av boolske operatører, noe jeg har benyttet meg av i denne oppgaven. I boken presenterer Persson at det finnes tre boolske operatører, «AND», «OR» og «NOT». Hvis man bruker ordet AND mellom to ord vil søket gi treff som inneholder begge ordene, og hvis man bruker «OR» vil treff kunne inneholde enten det ene eller det andre, eller begge ordene. Ved bruk av «NOT» avgrenses søket ved at spesifikke søkeord ikke er med i treffene.

2.2.4 Kildekritikk

Kildekritikk referer til vurderingen av påliteligheten og troverdigheten til en kilde. Ved en litteraturgjennomgang er kildekritikk svært viktig, da det kan være store forskjeller i kvalitet på litteraturen som finnes.

Det er bevisst lagt stor vekt på kildens generelle kvalitet, og utvalgt data kommer fra institusjonelle kilder der institusjonen vurderes troverdig. Vurderingen er gjort ut ifra om institusjonen kan ha egeninteresse ved å forvrengte situasjonen, da dette er det sentrale spørsmålet å stille når det opereres med institusjonelle kilder ifølge Jacobsen (2015). Det er også lagt vekt på å benytte flere kilder som kan balansere hverandre. Ved bruk av flere kilder er det viktig å vurdere i hvor stor grad kildene er uavhengige av hverandre, både dersom kildene beskriver en situasjon likt eller dersom kildene gir ulike forklaringer.

Funnene i denne oppgaven kan avvike fra andres funn ved analyse av samme problemstilling, dette er et resultat av at en kvalitativ tilnærming kan være noe subjektiv, da forskerens egne perspektiver og tolkninger både direkte og indirekte kan påvirke analysen.

2.3 Utvalgte studier fra litteratursøk

Utvalgte studier er oppgitt i tabellen i alfabetisk rekkefølge.

Referanse	Tittel
Andersen et al. 2023	Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2023 — Produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett
Aunsmo et al. 2023	Real-time Monitoring of Cause-specific Mortality- and Losses in Industrial Salmon Farming
Barret et al. 2020	Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. Reviews in aquaculture
Boxaspen 2006	A review of the biology and genetics of sea lice
Bui et al. 2020a	Salmon lice survive the straight shooter: A commercial scale sea cage trial of laser delousing

Bui et al. 2020b	Efficiency and Welfare Impact of Long-term Simultaneous in Situ Management Strategies for Salmon Louse Reduction in Commercial Sea Cages
Cerbule og Godfroid 2020	Salmon Louse (<i>Lepeophtheirus Salmonis</i> (Krøyer)) Control Methods and Efficacy in Atlantic Salmon (<i>Salmo Salar</i> (Linnaeus)) Aquaculture: A Literature Review
Contreras et al. 2020	Vaccination with Ectoparasite Proteins Involved in Midgut Function and Blood Digestion Reduces Salmon Louse Infestations Vaccines
Eilertsen et al. 2021	Inclusion of photoautotrophic cultivated diatom biomass in salmon feed can deter lice
Helgesen et al. 2021	The surveillance programme for resistance in salmon lice (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>) in Norway 2020
Holm et al. 2015	Difference in skin immune responses to infection with salmon louse (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>) in Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i> L.) of families selected for resistance and susceptibility
Holan et al. 2017	Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI) - Faglig sluttrappor
Jaya et al. 2020	Impact of a Candidate Vaccine on the Dynamics of Salmon Lice (<i>Lepeophtheirus Salmonis</i>) Infestation and Immune Response in Atlantic Salmon (<i>Salmo Salar</i> L.
Jeong et al. 2021	Salmon lice should be managed before they attach to salmon: Exploring epidemiological factors affecting <i>Lepeophtheirus salmonis</i> abundance on salmon farms
Jevne og Reitan 2019	How are the salmon lice (<i>Lepeophtheirus salmonis</i> Krøyer, 1837) in Atlanticsalmon farming affected by different control efforts: A casestudy of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013–2018
Misund 2022	Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko?
Nilsson et al. 2023	Effect of Water Temperature and Exposure Duration on Detachment Rate of Salmon Lice (<i>Lepeophtheirus Salmonis</i>); Testing the Relevant Thermal Spectrum Used for Delousing
Oliviera et al. 2021	Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming

Overton et al. 2019	Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review
Rector et al. 2022	Environmental Indicators in Salmon Aquaculture Research: A Systematic Review.
Rådet for dyreetikk 2022	Uttalelse om termisk avlusing
Sommerset et al. 2023	Fiskehelse rapporten 2022
Tartor et al. 2021	Protective Immunization of Atlantic Salmon (<i>Salmo salar</i> L.) against Salmon Lice (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>) Infestation.
Torrison et al. 2013	Salmon Lice - Impact on Wild Salmonids and Salmon Aquaculture.
Tvete, Aldrin og Jensen 2023	Towards Better Survival: Modeling Drivers for Daily Mortality in Norwegian Atlantic Salmon Farming
Walde et al. 2021	Estimating Cage-level Mortality Distributions following Different Delousing Treatments of Atlantic Salmon (<i>salmo Salar</i>) in Norway
Walde et al. 2022	How Delousing Affects the Short-term Growth of Atlantic Salmon (<i>Salmo Salar</i>)

3.0 Litteraturgjennomgang

Litteraturen kapittelet bygger på er hentet fra forskjellige lærebøker, artikler, rapporter, offentlig regelverk og andre relevante dokumenter fra litteratursøket.

Innledningsvis vil kapittelet redegjøre for hva den norske havbruksnæringen betyr for Norge, og hvordan strukturen rundt oppdrettsnæringa ser ut. Videre vil det forklares hva lakselus er, hvordan dens livssyklus fungerer og hvordan den forholder seg til miljøet rundt seg. Deretter defineres dyrevelferd, da dette er en gjennomgående faktor i både bærekraft og den offentlige reguleringen. For å kunne analysere hvordan håndteringen av lakselus stiller seg i forhold til bærekraft vil også bærekraft og dens dimensjoner presenteres. Videre presenteres kunnskap rundt det offentlige regelverket som legger styringer for håndteringen av lakselus.

Videre vil ulike tiltak for bekjempelse av lakselus presenteres med støtte i litteraturen før konsekvenser av tiltak og offentlig regulering for de ulike bærekraftdimensjonene vil

belyses. Litteraturgjennomgangen i dette kapitelet vil være grunnlag for videre å drøfte problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål knyttet til bærekraft i håndteringen av lakselus.

3.1 Norsk oppdrettsnæring

Norge er i dag verdens største oppdrettsprodusent og eksportør av atlantisk laks, og havbruksnæringen har vokst til å bli en lønnsom og viktig næring. Det er et fåtall store selskaper, og mange små- og mellomstore bedrifter som driver med matproduksjon av laks, og til sammen er det om lag 120 selskaper spredt langs kysten. Havbruksnæringen er blitt viktig og lønnsom for Norge, spesielt for distrikts- og kyst- Norge i form av sysselsetting (Regjeringen 2021a). Figur 1 viser en oversikt over godkjente lokaliteter for å drive akvakultur med matfisk av laks, og det er totalt 1031 lokaliteter godkjent for dette per mai 2023 (Fiskeridirektoratet 2023).



Figur 1: Fra fiskeridirektoratets kart for akvakultur. «Godkjente lokaliteter for å drive akvakultur med matfisk av laks» <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=87d862c458774397a8466b148e3dd147>.

Ifølge Norges sjømatråd (2023) var 2022 tidenes beste år for norsk sjømateksport, og den største andelen av eksportverdien var det laks som sto for. Sammenlignet med 2021 økte verdien for eksport av laks med 30% i 2022, til tross for et fall på 2% i eksportvolum (Norges Sjømatråd 2023). Eksporttallene vitner om en lønnsom næring under økonomisk vekst og at oppdrett av laks er en viktig næring for Norge.

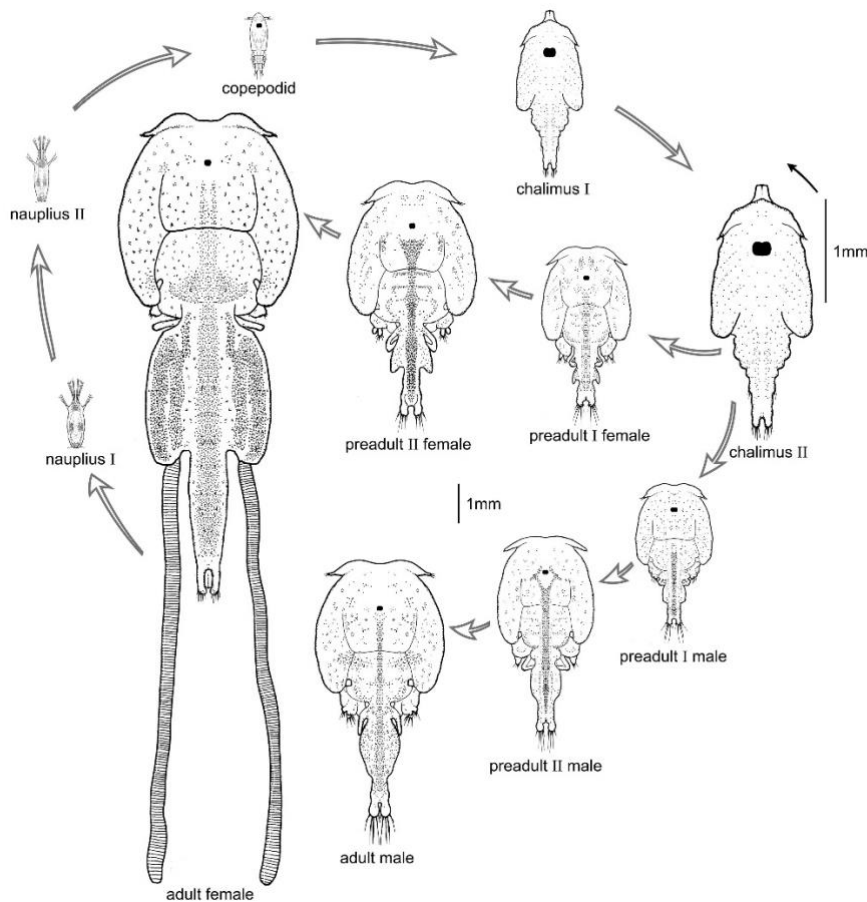
3.2 Lepeophtheirus Salmonis

Lepeophtheirus salmonis, ofte omtalt med navnet lakselus er ifølge havforskningsinstituttets en naturlig parasitt som lever på laksefisk og finnes naturlig i alle havområder på den nordlige halvkule. Lepeophtheirus salmonis deles inn i to underarter etter hvor de befinner seg geografisk. *L. Salmonis oncorhynchi* finner vi i Stillehavet, og *L. Salmonis salmonis* i Atlanterhavet. Det er dermed den sistnevnte underarten vi naturlig finner i norske farvann, og som skaper problemer for norsk havbruk (Havforskningsinstituttet 2018a).

Lakselus er små krepsdyr, og de livnærer seg ved å spise slim, skinn og blod fra fisken. Dette kan blant annet skape skader og sår på fisken, noe som igjen kan føre til infeksjoner i sår som i verste fall kan føre til død. Både villaks og oppdrettslaks kan fungere som vert for lusa, noe som har vist seg å være en trussel for bærekraftig vekst i oppdrettsnæringen (Havforskningsinstituttet 2018a)

3.2.1 Lakselusens livssyklus

For å forstå hvordan vi kan oppnå en effektiv lusekontroll og for å få en dypere forståelse av hva som preger dagens håndtering av lakselus må vi forstå hvordan livssyklusen til lusa er på et oppdrettsanlegg. Lusa er enten i planktonisk stadium der den beveger seg fritt i vannmassene uten å være festet til en vert, eller på et parasittisk stadium der den er festet til en vert hvor den kan reprodusere seg. For å overleve og reprodusere seg er lusa nødt til å være festet til en vert (Havforskningsinstituttet 2018b).



Figur 2: Sea Lice Research Centre, 2020, "SLRC - Life cycle of the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*)", <https://doi.org/10.18710/GQTYYL>

Lakselusens livssyklus (figur 1) går over åtte livsstadier fordelt på frittlevende, fastsittende og mobile stadier. Kjønnsmodne hunnlus produserer egg som bæres til de klekkes og frigis i vannmassene som naupiller. Naupilus 1 og 2 er de første av de tre frittlevende stadiene i lakselusens livssyklus (Havforskningsinstituttet 2018b).

Copepoditt er det tredje stadiet, og det er copepoditten som infiserer laks. I dette stadiet er det avgjørende for lusa å finne seg en vert, da den ikke spiser før den finner en vert. Dersom lusa ikke finner en vert vil den dø. Levetiden til copepoditten avhenger dermed av om den finner en vert eller ikke, men varierer fra en uke til en måned avhengig av vanntemperaturen. Lusa er 0,8 mm og svært vanskelig å se på laksen, men dersom den finner en vert hefter den seg fast i huden, ofte på finnene eller på siden. Når copepoditten har funnet en vert begynner den å spise, da vil den etter hvert skifte skall og går inn i det første fastsittende stadiet av livssyklusen, Chalimus 1. Under Chalimus 1 og 2 er lusa festet til laksen med et frontalfilament- både ved og mellom skallskifte. Lusa er altså

fastsittende under disse to stadiene, og flytter seg ikke rundt på fisken (Havforskningsinstituttet 2018b).

De mobile stadiene er preadulte 1 og 2 og adulte. Her beveger lusa seg rundt på huden til laksen, altså den er mobil. Det er ved det første mobile stadiet (preadulte 1) at det vil være enkelte å se forskjell på kjønnene hos lusa. Dette kan ses på formen til kjønnssegmentet til lusa, og forskjellen på denne blir større når lusa når preadulte 2 og adulte. Når lusa har gått gjennom siste skallskifte og befinner seg i adult- stadiet kan de pare seg (Havforskningsinstituttet 2018b).

3.2.2 Smitte på laksefisk

Ifølge en risikorapport fra havforskningsinstituttet har Lakselus utviklet seg til å bli et forholdsvis stort problem for villaksbestanden i Norge, og er en av de største menneskeskapte truslene for villaksen. På bestandsnivå hos villaks viser rapporten til at påvirkningen hovedsakelig er knyttet til dødelighet på utvandrende laksesmolt (Andersen et al. 2023).

Smitte av lakselus på villfisk er avhengig av miljøforholdene i den grad at lakselusa ikke fester, utvikler og formerer seg dersom miljøforholdene ikke er gode nok til det. Disse miljøforholdene er vannets saltholdighet, temperatur og strøm. En annen faktor er at det må være overlapp mellom fisk i tid og rom, da lakselus ikke vil kunne feste seg til laksen dersom laksen ikke er der (Andersen et al. 2023).

Lakselus trives godt i sjøvann, og laksen klarer i liten grad å kvitte seg med lusa så lenge de oppholder seg i sjøvann. Temperatur er særlig viktig for hvordan lakselusa trives, og den trives særlig godt på middels og høye temperaturer. Ved lave temperaturer (under 5 grader) er lakselus ifølge risikorapporten et mindre problem, da lavere sjøtemperatur vil være begrensende for larveproduksjon, utvikling og hvor effektivt lusa smitter (Andersen et al. 2023).

3.3 Dyrevelferd

Dyrevelferd og dyrehelse henger tett sammen, og god fiskevelferd er ifølge mattilsynet (2012) en forutsetning for god fiskehelse, lav dødelighet og god kvalitet. Fiskehelse dreier seg om fiskens helse (sykdom), og fiskevelferd om hvordan fisken har det.

Som et resultat av prosjektet «Fishwell» ble det i 2018 gitt ut en håndbok for hvordan å vurdere og dokumentere fiskevelferden til oppdrettslaks. Håndbokens mål er å tilgjengeliggjøre for oppdretterne kunnskap om fiskevelferd og hvordan denne kan måles. I håndboken er det brukt følgende definisjon på begrepet dyrevelferd: «Dyrevelferd = livskvalitet som oppfattet av dyret selv» (Noble et al. 2018, s.12). Håndboken påpeker at fordi vi ikke kan spørre fisken om hvordan den har det, er vi derfor nødt til å benytte velferdsindikatorer for å kunne si noe om den sannsynlige opplevde livskvaliteten til fisken (Noble et al. 2018)

Velferdsindikatorer deles ofte inn i to kategorier; miljøbaserte og dyrebaserte. Miljøbaserte velferdsindikatorer er basert på miljøet eller ressurser oppdrettslaksen eksponeres for. Eksempler på miljøbaserte velferdsindikatorer for oppdrettslaks er oksygenmetning og temperatur i vannet. Dyrebaserte velferdsindikatorer er basert på observasjon på fisken. Dyrebaserte velferdsindikatorer kan enten være gruppebaserte eller individbaserte. Eksempler på gruppebaserte velferdsindikatorer hos oppdrettslaks er adferd og dødelighet, og eksempler på individbaserte velferdsindikatorer er ytre skader på fisken som sår og status på gjeller (Noble et al. 2018).

3.4 Bærekraft

Bærekraft er et begrep som stadig dukker opp i dagens samfunn, men hva betyr egentlig bærekraft? Bærekraft (sustainability) defineres av FN som «En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.» (FN- sambandet 2021).

Begrepet bærekraftig utvikling ble i rapporten «Vår felles framtid» fra 1987 beskrevet som utvikling som sørger for at dagens behov imøtekommes, uten at kommende generasjoner mister mulighet til å dekke sine behov i fremtiden. Bærekraftig utvikling ble i denne

rapporten introdusert med tre viktige dimensjoner, miljø, økonomi og samfunn. Disse tre dimensjonene må ses i sammenheng med hverandre for å avgjøre om noe er bærekraftig (Brundtland og Dahl 1987).

Miljø som et element i bærekraftig utvikling er i stor grad knyttet til naturen, særlig når det ses i lys av havbruksnæringen. En aktuell miljøkrise vi nå står ovenfor er tapet av naturmangfold. FN forklarer naturmangfold som alle de ulike variasjonene av liv vi finner i naturen, og begrepet omfatter ulike økosystemer av dyr og planter i alle geografiske områder (FN- sambandet 2021). Den økonomiske delen av bærekraftig utvikling omhandler økonomisk trygghet for mennesker, samfunn og bedrifter. Den økonomiske utviklingen må være bærekraftig slik at naturens kapasitet ikke overstiges samtidig som den sikrer menneskers behov (FN- sambandet 2021). Sosial bærekraft handler om trygghet i samfunnet vi lever i og goder som arbeid, utdanning og gode nærmiljø (Folkehelseinstituttet 2020).

En bærekraftig utvikling er viktig i det store verdensbildet, men også innen havbruket. Vi har en begrenset mengde ressurser, og vi er nødt til å ta vare på og forvalte disse ressursene på en bærekraftig måte slik at også de kommende generasjoner kan drive havbruk. Regjeringen har i følge havbruksstrategien fra 2021 som mål «...å øke veksten i havbruksnæringen innenfor bærekraftige rammer.» (Regjeringen 2021b).

Ifølge strategien er lakselus regnet som en av de største miljøpåvirkningene fra oppdrettsnæringen, og luseproblematikk er derfor en svært viktig faktor for å sikre en bærekraftig utvikling i havbruket.

3.5 Offentlig regulering

Håndtering av lakselus er offentlig regulert i lover og forskrifter. Akvakulturloven og akvakulturforskriften fungerer som rammen rundt den offentlige reguleringen av havbruksnæringen og gir lover og regler rundt tillatelser for havbruksdrift, tillatt produksjonsmengde og krav til bærekraft. Luseforskriften gir regler for hvordan bekjemping av lakselus skal håndteres med tanke på blant annet miljø og fiskevelferd.

I tillegg til kunngjorte lover og regler er det også innført andre grep fra det offentlige som påvirker håndteringen av lakselus. Trafikklyssystemet regulerer vekst i næringa på

bakgrunn av påvirkningen lusa har på villaksen, og er et system som bygger på lusegrensene fastsatt i luseforskriften. Særtillatelse har hjemmel i akvakulturloven, og gir det offentlige mulighet til å regulere produksjonsmengden ved gjennomføring av nyttig forskning eller utvikling innen havbruket.

3.5.1 Lov om akvakultur

Akvakulturloven ble kunngjort i 2005 og trådte i kraft 1. januar 2006. I lovens kapittel 1 står det følgende om lovens formål; «Loven skal fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskaping på kysten.» (Akvakulturloven §1)

Videre i lovens andre paragraf er det stadfestet lovens virkeområde, det fremkommer her at «Loven gjelder produksjon av akvatiske organismer (akvakultur). Med akvatiske organismer forstås vannlevende dyr og planter. Som produksjon regnes ethvert tiltak for å påvirke levende akvatiske organismers vekt, størrelse, antall, egenskaper eller kvalitet.» (Akvakulturloven §2).

Det stilles krav til akvakulturtillatelse utstedt av nærings- og fiskeridepartementet, og det er lovfestet at ingen kan drive akvakultur uten å være registrert i akvakulturregisteret som innehaver av akvakulturtillatelse (Akvakulturloven §4).

Akvakulturloven er sentral i den offentlige reguleringen av oppdrett, og har derfor også stor viktighet for håndteringen av lakselus. Særlig kapittel III er relevant, da dette kapitlet tar for seg miljøhensyn. Kapitlet sier blant annet at akvakultur skal etableres, drives og avvikles på en miljømessig forsvarlig måte (Akvakulturloven §10). Kapitlet omfatter også tema miljøovervåking, og det fremkommer her at den som har eller søker om akvakulturtillatelse skal sørge for dokumentasjon på miljøtilstanden innenfor lokalitetens influensområde både ved etablering, drift og avvikling. Dette kan blant annet omfatte undersøkelser for å kartlegge akvakulturvirksomhetens påvirkning på miljøet, både påvirkning som har skjedd, kan skje eller skjer. (Akvakulturloven, §11).

3.5.2 Forskrift om drift av akvakulturanlegg

Akvakulturdriftsforskriften har i likhet med akvakulturloven til formål å fremme akvakulturnæringens konkurransekraft og lønnsomhet innenfor rammene av en bærekraftig utvikling samt bidra til verdiskaping på kysten. Akvakulturdriftsforskriften har i tillegg til formål å fremme god helse hos akvakulturfisk og ivareta god velferd hos fisk (Akvakulturdriftsforskriften §1).

Biomasse defineres i forskriften som den mengden av levende fisk målt i kg eller tonn som til enhver tid er stående (Akvakulturdriftsforskriften §4). Forskriftens §47 omhandler produksjonskapasitet, og denne paragrafen sier at biomassen på en lokalitet ikke skal overstige den maksimalt tillatte biomassen som er godkjent for lokaliteten i henhold til akvakulturtillatelsen. Med andre ord sier paragrafen at mengden levende fisk målt i kg eller tonn på en lokalitet ikke skal overstige den maksimale tillate mengden lokaliteten er godkjent for i akvakulturtillatelsen.

I forskriftens kapittel 2 står det følgende om de generelle kravene til forsvarlig drift; «Driften skal være teknisk, biologisk og miljømessig forsvarlig., ..., Driften skal være helsemessig og fiskevelferdsmessig forsvarlig. Gjennomføringen av aktivitet i tilknytning driften skal være teknisk, biologisk og miljømessig forsvarlig.» (Akvakulturdriftsforskriften §5).

3.5.3 Dyrehelseforskriften

Dyrehelseforskriftens formål er å fremme forebygging og bekjempelse av dyresykdommer som kan overføres til enten dyr eller mennesker (dyrehelseforskriften §1). Ifølge forskriftens §6 er infeksjon med lakselus en nasjonalt listet sykdom.

I 2022 skjedde det en total revisjon av dyrehelseregleverket og fastsettelse av nye dyrehelseforskrifter. Dette ble gjennomført på bakgrunn av nye regler om dyrehelse i EU (Mattilsynet 2022). En av de nye forskriftene som ble fastsatt er akvabiosikkerhetsforskriften. Denne forskriften utfyller dyrehelseforskriften med krav og bestemmelser i forhold til biosikkerhet. Biosikkerhet brukes innenfor havbruk som forebygging og kontroll av smittsomme sykdommer (Madsen 2017).

3.5.4 Dyrevelferdsloven

Dyrevelferd reguleres i Norge av dyrevelferdsloven. Denne loven er sentral når det kommer til håndteringen av lakselus da tiltak som settes inn for å bekjempe lusa viser seg å berøre velferden hos fisken.

Alle dyr har ifølge loven egenverdi uavhengig av hvilken nytteverdi de måtte ha for mennesker (Dyrevelferdsloven §3), og lovens formål er å fremme god dyrevelferd og respekt for dyr (Dyrevelferdsloven §1). Fisk er også dyr, og har derfor egenverdi uavhengig av nytteverdien de utgjør for mennesker, enten det gjelder oppdrettet fisk eller vill fisk. God dyrevelferd og respekt skal dermed også fremmes for fisk som produseres eller benyttes i oppdrettssammenheng.

Lovens §3 lovfester følgende: *«Dyr har egenverdi uavhengig av den nytteverdien de måtte ha for mennesker. Dyr skal behandles godt og beskyttes mot fare for unødige påkjenninger og belastninger.»* (Dyrevelferdsloven §3)

Dyrevelferdsloven omfatter forhold som påvirker velferd hos eller respekt for dyr, herunder også fisk (Dyrevelferdsloven §3). I denne loven er det også lovfestet at driftsformer, metoder, utstyr og tekniske løsninger som brukes til dyr skal være egnet til å ivareta hensynet til dyrenes velferd av dyreholder (Dyrevelferdsloven §8). Dette gjelder da også for tiltak som gjøres for å bekjempe lakselus.

Paragraf §24 er også relevant for problemstillingen, da den omfatter tilsyn og stell av dyr. Denne paragrafen lovfester at dyreholder skal sikre at dyr får godt stell og tilsyn, som blant annet betyr at fôr og vann skal være av god kvalitet, samt dekke fiskens behov for næring og væske og fremme god helse og velferd. Dyr skal også ifølge denne paragrafen beskyttes mot skade, sykdom, parasitter og andre farer, og loven sier at syke og skadde dyr skal gis forsvarlig behandling og avlives om nødvendig. Godt tilsyn og stell omfatter også at dyreholder skal sikre at spredning av smitte begrenses (Dyrevelferdsloven §24).

3.5.5 Forskrift om bekjempelse av lakselus

Håndtering av lakselus er stort og omdiskutert tema, med mange nyanser. Det er ikke fritt frem for oppdretteren hvordan de velger å håndtere lusa, blant annet er oppdretteren nødt til å forholde seg til *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg*. Denne forskriften har følgende formål; «...å redusere forekomsten av lakselus slik at skadevirkningene på fisk i akvakulturanlegg og i viltlevende bestander av laksefisk skal minimeres, samt redusere og bekjempe resistensutvikling hos lakselus.» (Forskrift om lakselusbekjempelse §1)

Forskriften om bekjempelse av lakselus er fastsatt av Fiskeri- og kystdepartementet, og ble kunngjort i 2012. Slik det er skrevet i forskriftens formål er det fokus på å minimere skadevirkninger på laksefisk og redusere og bekjempe resistensutviklingen hos lusa. Dette skal blant annet oppnås ved at akvakulturanleggene skal ha en plan for effektiv kontroll og bekjempelse av lakselus. Denne planen skal ifølge forskriften være samordnet med andre akvakulturanlegg i samme område. Tiltak som iverksettes skal være i tråd med denne planen, og planen skal årlig oversendes til mattilsynet og skal til enhver tid være oppdatert og tilgjengelig på det aktuelle akvakulturanlegget.

I forskriften er det fastsatt grenser for hvor mange voksne hunnlus av lakselus det kan være i gjennomsnitt per fisk i et akvakulturanlegg. Disse grensene er avhengig av geografisk plassering og tid på året på grunn av den ville laksesmoltens gytemønster, og skal rapporteres i henhold til forskriftens §10.

Forskriftens §10 gir krav om rapportering til Mattilsynet av lakselus- situasjonen hver 14. dag. Rapporten skal inneholde opplysninger om sjøtemperatur, eventuelle behandlinger mot lus, hvilke virkestoff og eventuell mengde som er benyttet ved behandling, resultater av følsomhetsundersøkelser, mistanke om resistens og antallet voksne hunnlus, både i bevegelige og fastsittende stadier registrert i snitt per laks.

3.5.6 Produksjonsområdeforskriften

Forskriften skal fremme lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en miljømessig bærekraftig utvikling i akvakulturnæringen ved opprettelse av

produksjonsområder og regulering av produksjonskapasitet for akvakultur med laksefisk (Produksjonsområdeforskriften §1). Forskriften gjelder ikke regulering av de enkelte lokaliteters produksjonskapasitet, kun kapasiteten i produksjonsområdene (Produksjonsområdeforskriften §2).

Hovedregelen for fastsettelse av produksjonskapasitet er at kapasiteten skal reguleres i samsvar med produksjonsområdets miljømessige bærekraft, som ifølge paragrafen er påvirkning av lakselus på vill laksefisk (Produksjonsområdeforskriften §8). Videre gir forskriften vilkår om nedbygging, opprettholdelse og økning i produksjonskapasiteten (§§9- 11). I forskriftens §12 settes det vilkår for når departementet kan gi tilbud om unntaksvekst i et produksjonsområde, altså kapasitetsøkning uavhengig av miljøstatus.

3.5.7 Trafikklyssystemet

Lakselusens påvirkning på villaksen er miljøindikatoren som brukes for å sørge for en forutsigbar og bærekraftig vekst i havbruksnæringen gjennom trafikklyssystemet.

Trafikklyssystemet ble innført i 2017, og dette systemet bygger på en inndeling av kysten i 13 produksjonsområder der hvert produksjonsområde tildeles enten rødt, gult eller grønt lys for om produksjonskapasiteten i det aktuelle området skal reduseres, holdes likt eller økes. Det er Nærings- og fiskeridepartementet som avgjør om produksjonsområdene blir klassifisert som røde, gule eller grønne, og dette gjøres hvert andre år. Grønt lys gir oppdrettere i produksjonsområde mulighet til å øke produksjonskapasiteten, gult lys vil si at produksjonskapasiteten kan holdes der den er. Ved uakseptabel miljøpåvirkning i et produksjonsområde vil det tildeles fargen rød og oppdretterne i dette området må nedjustere produksjonskapasiteten (Styringsgruppen for vurdering av lakseluspåvirkning, n.d).

Hensikten med inndelingen i produksjonsområder er å minimere smitte av lakselus på tvers av produksjonsområdene. Grensene mellom produksjonsområdene er basert på spredningsmønsteret til lusa langs kysten, og at anleggene innad i et område påvirker hverandre i større grad enn anleggene i de ulike produksjonsområdene (Styringsgruppen for vurdering av lakseluspåvirkning, n.d).

3.5.8 Andre offentlige tiltak

Et grep som er gjort av det offentlige for å fremme utvikling og forskning i næringen er utsteding av særtillatelser. Særtillatelser er tillatelser for økning av produksjonskapasitet fra nærings- og fiskeridepartementet med hjemmel i akvakulturdriftforskriften.

I mai 2023 står det på fiskeridirektoratets nettsider at utviklingstillatelser en ordning der prosjekter som innebærer betydelig innovasjon sammen med betydelige investeringer kan tildeles en særtillatelse. Forskningstillatelser har ifølge nettsiden som hensikt å gi rom for forskningsprosjekter som kan være viktige i å bringe norsk oppdrettsnæring fremover (Fiskeridirektoratet, n.d).

Brakklegging

Brakklegging er en form for tiltak som gjennomføres etter endt produksjonssyklus, før ny fisk sjøsettes i et anlegg. Lokalteter i sjøvann med matfisk skal tømmes og brakklegges i minst to måneder etter hver produksjonssyklus (Akvakulturforskriften §40). Dette tiltaket er en del av driftsplanen hvert anlegg skal ha, og brakklegging gjennomføres blant annet for være sikker på at det ikke finnes planktonisk lakselus i vannmassene.

Når lokaliteten igjen får fisk, blir lakselusa først introdusert i anlegget fra utsiden.

Nærliggende lokaliteter i samme produksjonsområde kan også være en kilde til lus, og det er derfor krav om at lokaliteter i samme område skal være brakklagt samtidig (Akvakulturforskriften §40).

3.6 Forebyggende tiltak

Forebyggende tiltak mot lakselus er tiltak som gjøres for å forebygge og redusere nye infestasjoner av lakselus. Slike tiltak har som mål å redusere møtet mellom laks og infeksiøs lus, enten ved å fysisk hindre kontakt mellom lus og laks, gjøre det vanskeligere for lusa å feste seg til laksen eller vanskeliggjøre forholdende slik at lusa er mindre levedyktig på laksen. Felles for de forebyggende tiltakene er at de ofte settes i gang før det forekommer lusepåslag, og at de ofte følger produksjonssyklusen fra start til slutt.

Ved å plassere lokaliteter hensiktsmessig kan naturgitte forhold dras nytte av som et tiltak mot lakselus. For å minimere risiko for biologiske utfordringer knyttet til lus er utredningen av de naturgitte fordelene et svært viktig forebyggende tiltak, og dette har vist seg å kunne være effektivt for å unngå høyt lusepress (Barret et al. 2020).

Brakklegging har også vist seg å være effektivt for å fjerne lusa under visse forhold samt å gjøre tiden fra laksen settes i sjø og til første avlusing lengre. Til tross for rapportering om effekt ved brakklegging kan det fortsatt komme lus fra miljøet utenfor relativt raskt etter brakkleggingsperioden, noe som tyder på at brakklegging ikke utgjør en stor forskjell i lusetall (Jeong et al. 2021).

Litteraturen viser til at forebyggende tiltak vil være å foretrekke ovenfor avlusing på generell basis (Barrett et al. 2020; Jeong et al. 2021). I disse to studiene påpekes at det å jobbe mot en mer preventiv måte å håndtere lakselus på vil kunne utgjøre forskjell for virkningen av tiltakene, fiskevelferden, og miljøpåvirkningene.

Barriereteknologi

Som et resultat av forståelsen av lusens fysiologi og prosessen rundt lusens søk etter en vert er barriereteknologi kommet opp som et forebyggende alternativ mot lakselus.

Barriereteknologi sikter til å hindre lusa i å finne en vert ved å fysisk adskille lusa og fisken. Ulike variasjoner av barriereteknologi er luseskjørt, snorkelmerder og nedsenkede merder. Alle disse tre metodene baserer seg på at lusa trekker opp mot lyset i de øverste vannmassene når den fortsatt lever fritt i vannmassene i copepoditt- stadiet.

I litteraturen rapporteres det om varierende effekt ved bruk av barriereteknologi. Enkelte studier viser færre lusepåslag ved bruk av slik teknologi (Barret et al. 2021).

Andre rapporterer funn som indikerer fravær av effekt (Jevne og Reitan 2019). Det de fleste studier er enige om er at det kreves mer kunnskap og forskning rundt teknologien for å sikkert kunne vise til effekt.

Biologiske tiltak

Forebyggende, biologiske tiltak for å bekjempe lakselus er metoder som sikter til å påvirke biologiske faktorer hos laksen for å gjøre den mindre attraktiv som vert for lakselusa. Metoder for å gjøre dette som er aktuelle i dag er avl, vaksine og fôr.

Å utvikle en vaksine mot lakselus har vist seg å være krevende, og detaljert kunnskap på om lakselusens livssyklus er avgjørende for utvikling av vaksiner (Boxaspen 2006), og det er enda ikke kommet en vaksine med god nok effekt. Studier gjort på ulike variasjoner av vaksiner viser likevel en mulighet for utvikling av effektive vaksiner (Contreras et al. 2020; Jaya et al. 2020; Tartor et al. 2021)

Det har også vist seg å være en mulighet for at enkelte tilsetninger i fôret kan føre til at det blir vanskeligere for lakselusa å overleve på laksen, og dette er fortsatt under utvikling. Studier viser til muligheter for bruk av fôr som et tiltak mot lakselus (Eilertsen et al. 2021).

Avl er en metode der det forsøkes å avle frem en laks med et immunforsvar som enten avstøter, dreper eller inaktiverer lakselus. Dette er også under utvikling, men forskning har vist at muligheten for å påvirke laksens genetikk og avle frem en mer luseresistent laks er der (Barret et al. 2020; Holm et al. 2015).

3.7 Kontrollerende tiltak

Bruk av rensefisk

Bruk av rensefisk er fortsatt en utbredt metode for håndtering av lakselus, og det ble i 2022 innrapportert utsett av 36,2 millioner rensefisk i Norge. Det meste av rensefisk som settes ut i norske oppdrettsanlegg er fanget lokalt, og det er store velferdsutfordringer knyttet til fangst, lagring, transport og smitterisiko for villfanget rensefisk. For oppdrettet rensefisk er rognkjeks den dominerende arten (Sommerset et al. 2023)

Tall fra fiskeridirektoratet viser at ca. 20,6 millioner rensefisk ble registrert døde i 2022, dette rapporteres i fiskehelse rapporten med forbehold om usikkerhet i rapporteringen. Effekten av rensefisk har vist seg å være vanskelig å dokumentere, og det er mangel på vitenskapelig dokumentasjon på effekten. I en undersøkelse gjort i forbindelse med fiskehelse rapporten har mattilsynet og fiskehelsepersonell svart på spørsmål rundt bruken av rensefisk, og svarene vitner om en stor usikkerhet rundt bruken av rensefisk. Da

respondentene ble spurt om effekten av rognkjeks svarte hele 34% «vet ikke», for oppdrettet berggyllt og villfanget leppefisk svarer over 60% «vet ikke» på spørsmål om effekten av artene. I spørreundersøkelsen blir også medikamentfri avlusing trukket frem som en årsak til dødelighet og redusert velferd hos rensfisk (Sommerset et al. 2023).

Andre studier om bruken av rensfisk viser også stor usikkerhet i effekten og enighet om at bruk av rensfisk er et område der det er mangel på kunnskap og vitenskapelige studier (Barret et al. 2020; Halvorsen et al. 2021)

Bruken av rensfisk har utviklet seg raskt og utarbeiding av regelverk og innsamling av data rundt dette har ikke holdt tritt med denne utviklingen (Jeong et al 2021). For å fortsette å bruke rensfisk for å bekjempe lakselus i fremtiden er det blitt signalisert krav fra mattilsynet om dokumentasjon på at rensfisken bidrar vesentlig i lusebekjempelsen og at de kan leve gode liv i merdene. Tilsvarende konklusjon ble også presentert i regjeringens havbruksstrategi (Sommerset et al. 2023).

Laser- teknologi

En relativt ny måte å bekjempe lakselus på er ved bruk av laser. Denne metoden fungerer ved at lusa fjernes fra laksen av en laser som ved hjelp av avansert teknologi detekterer lusa på fisken. Teknologien kan potensielt være et svært godt alternativ til bekjempelse av lakselus da den ikke skal påvirke velferden til fisken, og samtidig ikke fører til negative konsekvenser for miljøet (Stingray, n.d). Når det kommer til forskning og litteratur på laser- teknologiene er det fortsatt svært lite å vise til i form av fagfelleverdert forskning.

En studie fra 2020 viser at laser- teknologien ikke førte til færre lus, og at lusepresset nærmet seg grensene for avlusing ved slutten av studie- perioden (Bui et al. 2020a). Dette er ut ifra mine søk (per mai 2023) den eneste fagfelleverderte studien av teknologien, og studien påpeker viktigheten av å validere ny teknologi før den implementeres i industrien (Bui et al. 2020a).

3.8 Avlusing

For å holde lusetallene under grensen som er lovfestet i lakselusforskriften er det i dag ikke tilstrekkelig med kun forebyggende og kontrollerende tiltak mot lakselus, det er også behov for tiltak som fjerner lusa fra laksen etter den har festet seg. Avlusing gjennomføres

på de enkelte anleggene, men det gjennomføres også koordinerte avlusinger. Koordinerte avlusinger er pålagt blant annet på våren i luseforskriften, og gjennomføres ved at samtlige merder i et gitt geografisk område avluses samtidig. (Lusedata, n.d)

Ifølge fiskehelse rapporten 2022 ble totalt 3145 medikamentfrie avlusinger og 738 medikamentelle avlusinger rapportert i 2022. Disse tallene er historisk høye, og fra 2012 til 2022 viser rapporten at den totale mengden medikamentfrie og medikamentelle behandlinger mot lakselus har økt med 96% (Sommerset et al. 2023).

Studier viser til sammenhengen mellom avlusingsoperasjoner og dødelighet hos oppdrettslaks (Cerbule and Godfroid 2020; Oliviera et al. 2021; Tvette, Aldrin og Jensen 2023). Dødelighet er ifølge fiskehelse rapporten en grov velferdsindikator, men flere rapporter viser til at det er rimelig å anta at fisk som dør har opplevd dårlig fiskevelferd før de døde, og at høy dødelighet er et tegn på dårlig velferd (Aunsmo et al. 2023; Rector et al. 2022; Sommerset et al. 2023).

Medikamentell avlusing

Medikamentelle avlusingsmetoder er metoder som fjerner lusa fra laksen ved bruk av godkjente legemidler blandet i vann. Medikamentell avlusing kan enten utføres i merden eller i en brønnbåt, og dersom det skal gjennomføres i merden er den nødt til å være omsluttet av en tett presenning (Lusedata, u.d). Denne avlusingsmetoden er fortsatt hyppig i bruk, men ikke på langt nær like hyppig som tidligere. Forskningen peker på resistensutvikling hos lakselus som grunnen for dette (Helgesen et al. 2021; Sommerset et al. 2023; Torrisen et al. 2013).

Medikamentfri avlusing

Medikamentfri avlusing ser ut til å være den dominerende avlusingsmetoden som brukes i dag. Medikamentfrie metoder som brukes i dag er termisk avlusing, mekanisk avlusing og avlusing ved hjelp av ferskvann (Sommerset et al. 2023).

Ifølge Fiskehelse rapporten 2022 var termisk avlusing dominerende i 2022 for de ikke-medikamentelle avlusingene, enten alene eller i kombinasjon med andre tiltak. Denne avlusingsmetoden bruker oppvarmet sjøvann slik at lusa mister evnen til å suge seg fast til

laksens hudoverflate ved at musklene lammes når lusa kommer i kontakt med vannet (Holan et al. 2017).

Fiskehelse rapporten 2022 viser til at termisk avlusing har vært svært omdiskutert da de benyttede vanntemperaturene har vist seg å være smertefull for fisken. Det ble i 2019 varslet om et mulig forbud fra mattilsynet mot avlusing ved hjelp av varmt vann på bakgrunn av manglende kunnskap rundt dens effekt, men dette forbudet er ikke blitt innført, til tross for en fortsatt mangelfull forskning (Sommerset et al. 2023).

Felles for termisk, mekanisk og avlusing med ferskvann er at de krever en del håndtering av fisken. Disse metodene gjennomføres ofte ved hjelp av en brønnbåt, og fisken må da trenge sammen i merden og pumpes inn i brønnbåten. Denne håndteringen er krevende for fisken og kan påvirke velferden (Aunsmo et al. 2023; Bui et al. 2020b; Rådet for dyreetikk 2022; Sommerset et al. 2023; Walde et al. 2021; Walde et al. 2022)

3.9 Konsekvenser for bærekraft

Miljø

En av hovedutfordringene med lakselus er påvirkningen den har på villaksen. Det rapporteres stadig om alvorlige konsekvenser for villaksen forårsaket av lakselus fra oppdrettsanlegg. Økt stressnivå og problemer med vann- og saltbalansen samt redusert vekst, svømmeevne og reproduksjon er alle konsekvenser som er observert hos villaks infisert med lakselus, og sannsynligheten for død som følge av smitte av lakselus hos utvandrende villaks er i stor grad avhengig av smittepress og villaksens toleranse for lakselus (Andersen et al. 2023)

Ifølge risik rapport norsk fiskeoppdrett 2023 er i hvilken grad oppdrettsnæringen evner å bekjempe eller redusere utslipp av lakselus et kritisk element for framtidig utvikling av påvirkning fra lakselus på villfisk. Rapporten vurderer at risikoen er høy for at ytterligere bestander blir kritisk truet eller går tapt som følge av lakselus. Dette begrunnes med at det på tidspunktet ikke var signalisert at det ville settes i verk tiltak som kraftig reduserer smitte av lus på villaks i områder der det observeres høyere lusepåslag hos villaksen, samtidig som biomassen i oppdrett øker nasjonalt (Andersen et al. 2023).

Økonomi

Ifølge fiskehelse rapporten 2022 er den samlede sykdomsbyrden i norsk oppdrettsnæring økende, og dette viser seg i form av biologiske kostnader. De biologiske kostnadene har doblet seg fra 2012 ifølge rapporten, noe som tyder på at kostnader forbundet med sykdom (herunder lakselus) har store økonomiske virkninger.

Misund (2022) viser til at årsaken for økningen i de biologiske kostnadene i hovedsak knyttes til blant annet strengere miljøreguleringer, oppdretternes respons til innstramningene og sykdomsutbrudd. Innføringen av lusegrensene i 2013 (lakselusforskriften) trekkes frem som en streng miljøregulering, og Misund (2022) knytter dette til hyppigere avlusinger, økt medikamentbruk og økt utsett av renseskisk.

Bærekraftig økonomisk vekst er viktig for Norge, også innen havbruket. For å sikre en bærekraftig økonomisk vekst er vi nødt til å bruke ressursene vi har tilgjengelig på en fornuftig og effektiv måte. Litteraturen tyder på at bekjempelse av lakselus medfører store kostnader for oppdretter (Overton et al. 2019, Oliviera et al. 2021, Misund 2022, Sommerset et al. 2023).

Et sentralt begrep er i denne bærekraft- dimensjonen sirkulær økonomi.

Definisjonen av sirkulær økonomi er ifølge miljødirektoratet en økonomi der vi utnytter naturressurser og produkter effektivt og så lenge som mulig, i en syklus der minst mulig ressurser går tapt (Miljødirektoratet 2022). Sirkulær økonomi er også en del av regjeringens havbruksstrategi, og ifølge strategien noe som vil være viktig for å sikre en bærekraftig økonomisk vekst i samfunnet. Sirkulær økonomi bygger på tre prinsipper ifølge Ellen Macarthur- stiftelsens nettsider- eliminere, resirkulere og gjenskape. De tre prinsippene beskriver at en sirkulær økonomi eliminerer avfall, resirkulerer produkter og materialer og gjenskaper naturen. En sirkulær økonomi påvirker med andre ord ikke bare den økonomiske dimensjonen av bærekraft, men kan potensielt bidra til både miljømessig og sosial bærekraft.

En faktor i akvakulturlovens formål er blant annet å fremme lønnsomhet innenfor rammene av en bærekraftig utvikling. For å øke verdiskapingen er produksjonsmengden viktig, da en økning i produksjonsmengde vil kunne føre til økt inntekt. I dag er

produksjonsmengden i stor grad regulert gjennom trafikklyssystemet, og den økonomiske veksten er derfor også knyttet tett opp mot dette systemet.

Sosiale forhold

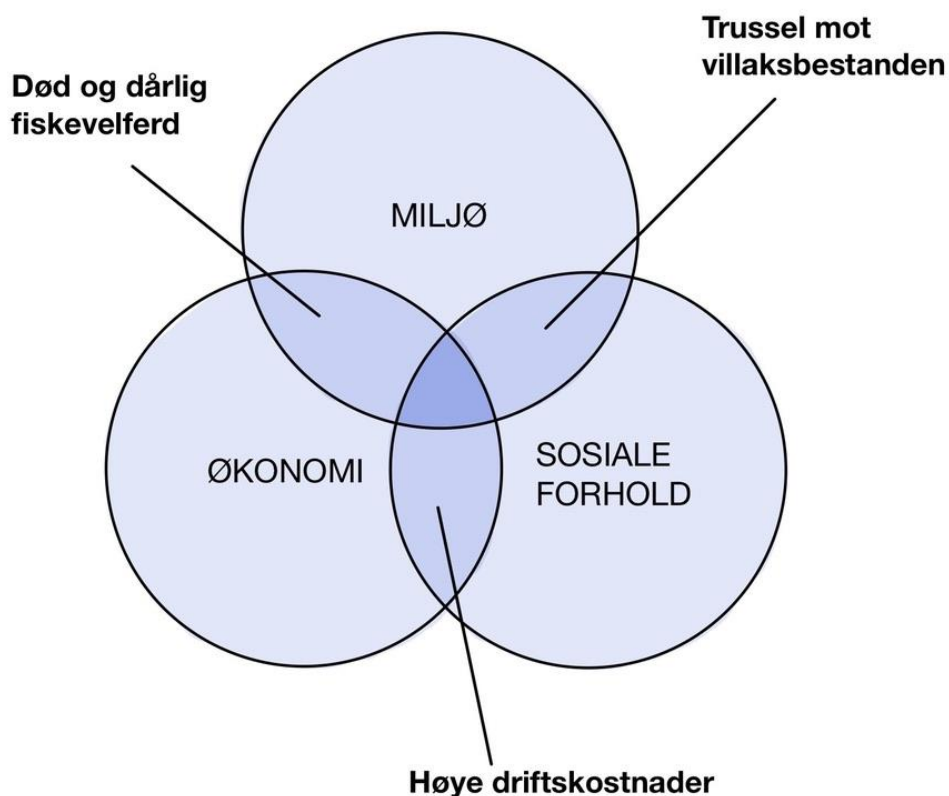
Sentralt for lakselusens påvirkning på de sosiale forholdene er hvordan det påvirker bedrifter i havbruksnæringen. En bedrift som driver med oppdrett av laks er avhengig av at den produserte laksen blir kjøpt. Dette vil igjen avhenge av laksens kvalitet og effektivitet i produksjonen. Ved store luseutfordringer vil produksjonen være mindre effektiv da luseutfordringer ofte krever mange ressurser og også kan påvirke kvaliteten på fisken (Bui et al. 2020b; Overton et al. 2020).

De sosiale forholdene vil også kunne påvirkes av de økonomiske i stor grad, da vekst i næringen i stor grad påvirker distrikts- og kystsamfunn i form av sysselsetting og verdiskaping til samfunnet (Regjeringen 2021b).

4.0 Diskusjon

For å kunne avgjøre om noe er bærekraftig er en ifølge FN er nødt til å se på sammenhengene mellom de tre bærekraftdimensjonene. For å kunne svare på om dagens håndtering av lakselus er bærekraftig er en derfor nødt til å se hvordan håndteringen påvirker de ulike bærekraftdimensjonene hver for seg, men også i sammenheng med hverandre. Trusselen mot villaksbestanden, høye driftskostnader samt høy dødelighet og dårlig fiskevelferd er alle alvorlige konsekvenser av lakselus, og sentrale elementer i spørsmålet om dagens håndtering av lakselus er bærekraftig.

En sammenheng mellom disse er at påvirkningen av lakselus på villaks fører til et behov for å holde lusetallene nede i anleggene, som igjen fører til tiltak som gir dårlig fiskevelferd og død, som igjen påvirker kostnader knyttet til produksjon av oppdrettslaks. Denne sammenhengen påvirker alle dimensjoner av bærekraft, og det er sammenhengen av dette som vil være sentral for hvorvidt dagens håndtering av lakselus er bærekraftig eller ikke.



Figur 3: Hvordan de største konsekvensene påvirker bærekraftens tre dimensjoner

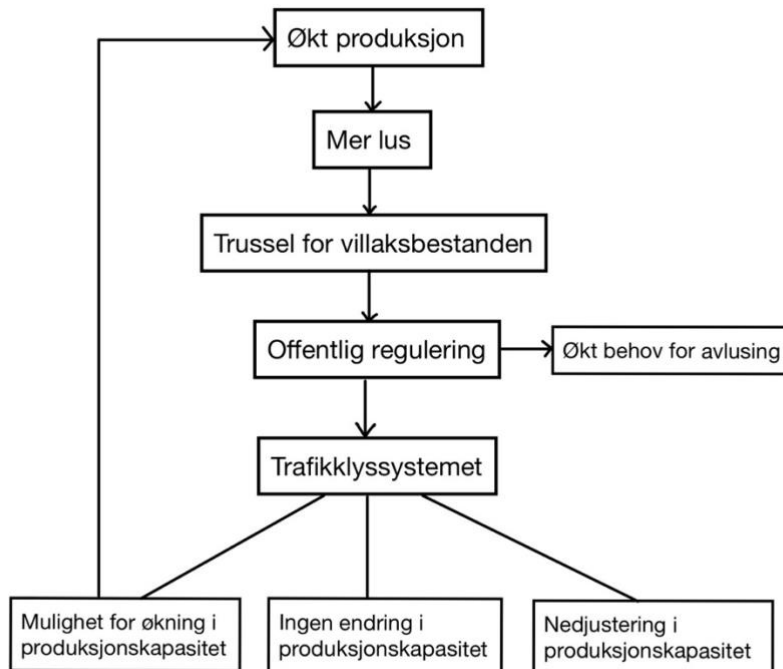
Trussel mot villaksbestanden

Påvirkningen av lakselus på villaksbestanden er en sentral påvirkning lakselusa har på bærekraft, både selve påvirkningen og indirekte påvirkning i form av den rolle i den offentlige reguleringen. På bestandsnivå er påvirkningen på villaksen hovedsakelig knyttet til dødelighet av utvandrende laksesmolt (Andersen et al. 2023). Dette truer naturmangfoldet og miljøaspektet av bærekraft.

I tillegg fungerer lakselusens påvirkning på villaksen som eneste miljøindikator for å regulere produksjonen av oppdrettslaks gjennom trafikksystemet. Dette er i seg selv å regne som et steg i riktig retning når det kommer til miljø og bærekraft, men på grunn av produksjonsområdeforskriftens §12 kan det gjøres unntak for enkelte lokaliteter.

Dersom en lokalitet i et område med rødt lys oppfyller strenge vilkår knyttet til lakselus kan lokaliteten søke for å unngå nedtrapping i produksjonskapasitet. Ikke bare åpner dette for at lokaliteten slipper å nedjustere, paragrafen gir også mulighet for unntaksvekst.

Særtillatelser åpner også for dette da også disse kan innvilges uavhengig av produksjonsområdets farge.



Figur 4 Egen illustrasjon av sammenheng

Mulighet for unntaksvekst i områder der produksjonskapasiteten ifølge trafikklyssystemet skal trappes ned eller holdes likt kan gi motsatt effekt av hva trafikklyssystemet prøver å oppnå. Kravene for tilbud om unntaksvekst er i tillegg til strenge lusegrenser i tidsrom hvor villaksen er ekstra sårbar mot lakselus også krav angående medikamentell avlusing. Kravet er her at det ikke skal være gjennomført mer enn én medikamentell avlusing i siste produksjonssyklus. Det er ingen krav knyttet til ikke- medikamentell avlusing, noe som trolig fører til en økt bruk av ikke- medikamentelle tiltak i produksjonsområder der lakselusens påvirkning på villaksen er stor. Den ikke- medikamentelle avlusingen har vist seg å føre til økt dødelighet og dårlig velferd hos oppdrettsfisken (Cerbule og Godfroid 2020; Oliviera et al. 2021; Tvette, Aldring og Jensen 2023), og dette regelverket kan fungere som en pådriver for oppdretterne til å holde lusegrensene lave ved hjelp av ikke- medikamentell avlusing.

Hvorvidt trafikklssystemet faktisk bidrar til å gjøre næringen mer bærekraftig, eller om det fungerer mer som en symbolsk handling fra det offentlige for å kunne vise til konkrete tiltak for å fremme bærekraftig utvikling i næringen vites ikke med sikkerhet, men denne motsigende praksisen gir likevel grunnlag for kritikk. Et mulig insentiv fra det offentlige bak denne motsigende praksisen er den enorme verdiskapingen som ligger i havbruk og en videre vekst.

Død og dårlig fiskevelferd

Høy dødelighet er gjerne et resultat av dårlig fiskevelferd, og påvirker både miljømessig og økonomisk bærekraft. Høy dødelighet påvirker miljøet i den forstand at ressurser går tapt. Dette er også et økonomisk problem, da økonomisk bærekraft også dreier seg om ressursutnyttelse. Velferd og dødelighet påvirker også det sosiale aspektet av bærekraft, da dyr også har egenverdi utover den nytteverdien den har for oss mennesker (Dyrevelferdsloven §3).

Årsaken til høy dødelighet og dårlig velferd er i stor grad avlusing og håndtering av fisken i forbindelse med avlusingen. Særlig ikke- medikamentell avlusing har vist seg å ha negative effekter på død og velferd (Aunsmo et al. 2023; Bui et al. 2020b; Nilsson 2023; Sommerset et al. 2023; Walde et al. 2021; Walde et al. 2022). Behovet for avlusing kommer av behovet for å holde lusenivået innenfor de lovlige grensene, som igjen er satt med hensyn til påvirkning av lakselus på villaksen. Årsaken til økt behov for avlusing kan derfor spores tilbake til den offentlige reguleringen gjennom trafikklssystemet.

Det sosiale aspektet av bærekraft knyttes opp mot fiskens egenverdi. Det er fastsatt i loven at fisken skal behandles med respekt, og det skal fremmes god velferd (Dyrevelferdsloven §1). Den høye dødeligheten av både oppdrettslaks og rensefisk omtales ofte som «tap» og «svinn», men dersom store mengder andre dyr knyttet til matproduksjon dør, eksempelvis i en storfeproduksjon under en brann vil dette kunne sies å være en dyretragedie. En potensiell forklaring bak det jeg vil betegne som en bagatellisering av et enormt velferdsproblem er synligheten av næringen i samfunnet.

Høy dødelighet og dårlig fiskevelferd har også mye å si for det økonomiske, da en død laks ikke nødvendigvis fører til økonomisk gevinst. Kvalitet på laksen har også mye å si for verdien, og en laks som opplever dårlig fiskevelferd kan derfor påvirke kvaliteten negativt.

Høye driftskostnader

Håndteringen av lakselus fører med seg store økonomiske kostnader, både i form av økte kostnader fra tiltak mot lus og tapte kostnader som følge av dødelighet og dårlig fiskevelferd (Misund 2022; Sommerset et al. 2023). Et område der død laks spiller en særlig uheldig rolle er i den sirkulære økonomien. Et så stort antall laks som idag dør i sjøfasen som følge av bekjempelsen av lakselus er ikke en effektiv utnyttelse av naturressursene, verken i form av laksen eller arealbruk og produksjonsmidler som er benyttet i oppdrettet av fisken.

De økte produksjonskostnadene som følge av lakselus har vist seg å være store for oppdretter (Overton et al. 2019, Oliviera et al. 2021, Misund 2022, Sommerset et al. 2023). En forutsetning for vekst i næringa er at oppdretterne har økonomisk kapasitet til å vokse, noe som potensielt kan være et problem dersom kostnadene lakselusa fører med seg blir for store. Dette vil også berøre det sosiale aspektet av bærekraft da næringen er viktig for mange distriks- og kyst-samfunn i form av arbeidsplasser og verdiskaping.

5.0 Konklusjon

En bærekraftig utvikling vil være avgjørende for fremtiden innen norsk havbruk. Hvorvidt dagens håndtering av lakselus bidrar til dette er det vanskelig å gi et klart svar på, da det i dag ikke finnes noen konkret og felles forståelse av hvordan en bærekraftig havbruksnæring ser ut. Det som likevel kan trekkes frem er at slik situasjonen ser ut idag med tanke på trusselen mot villaksen, høy dødelighet, dårlig fiskevelferd og økende driftskostnader peker ikke dette i retning av en bærekraftig utvikling.

De offentlige reguleringene og tiltakene rundt håndtering av lakselus kan se ut til å være noe tvetydig. På den ene siden er det bra for naturmangfold og miljømessig bærekraft at næringens vekst styres av påvirkningen lakselusa har på villaksen. Samtidig er det kritikkverdig at veksten i en næring som er såpass viktig for landet vårt skal styres basert kun på denne ene miljøindikatoren.

Dersom en ser på de ulike bærekraftdimensjonene isolert sett vil det være variasjoner i hvor stor grad de enkelte utfordringene stiller seg i forhold til bærekraft, men sett i

sammenheng er den samlede belastningen av utfordringene for store til å kunne konkludere med at dagens håndtering av lakselus er bærekraftig.

For å legge til rette for en fremtidig, bærekraftig utvikling i næringen er håndteringen av lakselus svært sentral. Den høye dødeligheten og dårlige fiskevelferden næringen i dag står ovenfor som følge av tiltak mot lakselus er ikke bærekraftig for hverken miljø, økonomi eller det sosiale. En løsning på dette problemet vil kunne være et viktig steg mot en bærekraftig utvikling. Løsningen ligger i et samarbeid mellom næringen og det offentlige, for å finne en varig løsning som vil være miljømessig, økonomisk og sosialt bærekraftig både på kort og lang sikt.

5.1 Videre forskning

Et forslag til fagfelt der det trengs kunnskap og informasjon er velferd og dødelighet blant oppdrettslaksen, og særlig klassifisering av dette. Det er potensielt store fordeler ved økt kunnskap om spesifikke dødsårsaker hos oppdrettslaks, og en slik kunnskap vil kunne bidra i retning av en løsning hvor mindre fisk dør i norsk oppdrettsnæring.

Forskning og videre utvikling av digitale verktøy for håndtering av lakselus er også noe som kan være nyttig å forske mer på. Dette henger i stor grad sammen med kunnskap, da en digitale løsninger vil kunne føre til enklere tilgang og bedre flyt av informasjon rundt lakselus i havbruksnæringen.

Figurligste

Figur 1 – Fiskeridirektoratets kart for akvakultur. 2023. «Godkjente lokaliteter for å drive akvakultur med matfisk av laks»

<https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=87d862c458774397a8466b148e3dd147>

Figur 2 – Sea Lice Research Centre. 2020. “Life cycle of the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*)” <https://doi.org/10.18710/GQTYYL>

Figur 3 – Egen illustrasjon. Hvordan de største konsekvensene påvirker bærekraftens tre dimensjoner

Figur 4 – Egen illustrasjon av sammenhengen i trafikkløssystemet

Referanseliste

Akvakulturloven. Lov om akvakultur av 17. juni 2005 nr. 79.

<https://lovdata.no/lov/2005-06-17-79>

Akvakulturforskriften. Forskrift om drift av akvakulturanlegg av 17. juni 2008 nr. 822.

<https://lovdata.no/forskrift/2008-06-17-822>

Andersen, L. B., B. E. Grøsvik, Ø. Karlsen, B. O. Kvamme, P. K. Hansen, V. Husa, N. Sandlund, L. H. Stien and M. F. Solberg. 2023. *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2023 — Produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett*. Rapport fra havforskningen, Havforskningsinstituttet.

Aunsmo, Arnfinn, David Persson, Marit Stormoen, Sturla Romstad, Olav Jamtøy, and Paul Johan Midtlyng. 2023. *Real-time Monitoring of Cause-specific Mortality- and Losses in Industrial Salmon Farming*. *Aquaculture* 563 (2023): 738969.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738969>

Barrett, L. T., Oppedal, F., Robinson, N. & Dempster, T. 2020. *Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture*. *Reviews in aquaculture*, 12 (4), pp.2527-2543. <https://doi.org/10.1111/raq.12456>.

Boxaspen, Karin. 2006. *A review of the biology and genetics of sea lice*, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 63, Issue 7, 2006, Pages 1304-1316,

<https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.04.017>

Brundtland, Gro H. og Dahl, Oddvar. 1989. *Vår felles framtid*. Oslo: Tiden norsk forlag.

Bui, S., L. Geitung, F. Oppedal and L. T. Barrett. 2020a. *Salmon lice survive the straight shooter: A commercial scale sea cage trial of laser delousing*. *Preventive Veterinary Medicine* **181**: 105063. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105063>

Bui, Samantha, Lars H. Stien, Jonatan Nilsson, Henrik Trengereid, and Frode Oppedal. 2020b. *Efficiency and Welfare Impact of Long-term Simultaneous in Situ*

Management Strategies for Salmon Louse Reduction in Commercial Sea Cages. *Aquaculture* 520 (2020): 734934.

Cerbule, Kristine, and Jacques Godfroid. 2020. *Salmon Louse (Lepeophtheirus Salmonis (Krøyer)) Control Methods and Efficacy in Atlantic Salmon (Salmo Salar (Linnaeus)) Aquaculture: A Literature Review*. *Fishes* 5, no. 2 (2020): 11-0.
<https://doi.org/10.3390/fishes5020011>

Contreras, Marinela, Marius Karlsen, Margarita Villar, Rolf Hetlelid Olsen, Lisa Marie Leknes, Anette Furevik, Karine Lindmo Yttredal, Haitham Tartor, Soren Grove, Pilar Alberdi, Bjorn Brudeseth, and José de la Fuente. 2020. *Vaccination with Ectoparasite Proteins Involved in Midgut Function and Blood Digestion Reduces Salmon Louse Infestations* *Vaccines* 8, no. 1: 32.
<https://doi.org/10.3390/vaccines8010032>

Dyrehelseforskriften. Forskrift om dyrehelse av 6. juni 2022 nr. 631
<https://lovdata.no/forskrift/2022-04-06-631>

Dyrevelferdsloven. Lov om dyrevelferd av 19. juni 2009 nr. 97.
<https://lovdata.no/lov/2009-06-19-97>

Eilertsen HC., Elvevoll E, Giæver IH, Svenning JB, Dalheim L, Svalheim RA, et al. 2021. *Inclusion of photoautotrophic cultivated diatom biomass in salmon feed can deter lice*. *PLoS ONE* 16(7): e0255370. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255370>

Ellen Macarthur Foundation. n.d. "How does the circular economy create value?" Funnet 23. Mai, 2023. <https://ellenmacarthurfoundation.org/how-does-the-circular-economy-create-value>

Fiskeridirektoratet. 2023. «Fiskeridirektoratets kart for akvakultur». Hentet 30.mai, 2023.
<https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=87d862c458774397a8466b148e3dd147>

Fiskeridirektoratet. n.d. «Særtillatelser.» Funnet 12. mai, 2023.

- <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>
- FN- sambandet. 2021. «Bærekraftig utviling». Oppdatert 28. oktober, 2021.
<https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- Folkehelseinstituttet. 2020. «Sosialt bærekraftige lokalsamfunn». Oppdatert 4. mars, 2020.
<https://www.fhi.no/hn/folkehelse/artikler/sosialt-baerekraftige-lokalsamfunn/#endringshistorikk>
- Forskrift om lakselusbekjempelse. Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg av 5. desember 2012 nr. 1140.
<https://lovdata.no/forskrift/2012-12-05-1140>
- Havforskningsinstituttet. 2018a. «Tema: Lakselus.» Oppdatert 5. juli, 2021.
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus>
- Havforskningsinstituttet. 2018b. «Generell biologi.» Oppdatert 17. februar, 2020.
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus/generell-biologi>
- Halvorsen, K., A. Skiftesvik, C. Durif, E. Faust, H. Wennhage, C. André, J. Rønfeldt, P. Moller, H. Carl, T. Jørgensen, M. Quintela, N. Sandlund, L. Stien, K. Nedreaas, E. Jansson, H. Stockhausen, K. Korsnes, P. Reynolds, A. Imsland and S. Mortensen. 2021. *Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture*.
[10.6027/temanord2021-545](https://doi.org/10.6027/temanord2021-545)
- Helgesen, Kari Olli, Horsberg, Tor Einar, Stige, Leif Christian, Norheim, Kari, Tarpai, Attila. 2021. *The surveillance programme for resistance in salmon lice (Lepeophtheirus salmonis) in Norway 2020*. Surveillance program report. Veterinærinstituttet 2021.
- Holm, H., N. Santi, S. Kjølglum, N. Perisic, S. Skugor and Ø. Evensen. 2015. *Difference in skin immune responses to infection with salmon louse (Lepeophtheirus salmonis) in Atlantic*

- salmon (Salmo salar L.) of families selected for resistance and susceptibility.* Fish & Shellfish Immunology 42(2): 384-394. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.10.038>
- Holan, A. B., Roth, B., Breiland, M. S. W., Kolarevic, J., Hansen, Øyvind J., Iversen, A., Hermansen, Øystein, Gjerde, B., Hatlen, B., Mortensen, A., Lein, I., Johansen, L.-H., Noble, C., Gismervik, K., & Espmark, Åsa M. O. 2017. *Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI) - Faglig sluttrapport.* In Nofima rapportserie. Nofima AS. <http://hdl.handle.net/11250/2443555>
- Jacobsen, Dag Ingvar. 2015. *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode.* Oslo: Cappelen Damm.
- Jaya, Kumari Swain, Y, Carpio, L, Johansen, J, Velazquez, L, Hernandez, Y, Leal, A, Kumar, P. E, Mario. 2020. *Impact of a Candidate Vaccine on the Dynamics of Salmon Lice (Lepeophtheirus Salmonis) Infestation and Immune Response in Atlantic Salmon (Salmo Salar L.).* PLoS One 15 (10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239827>
- Jeong, J., M. Stormoen, G. F. McEwan, K. K. Thakur and C. W. Revie. 2021. *Salmon lice should be managed before they attach to salmon: Exploring epidemiological factors affecting Lepeophtheirus salmonis abundance on salmon farms.* Aquaculture 541: 736792.
- Jevne LS, Reitan KI. 2019. *How are the salmon lice (Lepeophtheirus salmonis Krøyer, 1837) in Atlantic salmon farming affected by different control efforts: A case study of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013–2018.* J Fish Dis. 2019; 42:1573–1586. <https://doi.org/10.1111/jfd.13080>
- Madsen, Linda. 2017. «Biosikkerhet.» Store Norske leksikon. <https://snl.no/biosikkerhet>
- Mattilsynet. 2022. «Nytt regelverk for dyrehelse». Oppdatert 21. september 2022. https://www.mattilsynet.no/dyr_og_dyrehold/dyrehelse/nytt_dyrehelseregulering_2021/

Miljødirektoratet. 2022. «Sirkulær økonomi». Oppdatert 22. november, 2022.

<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/>

Misund, B. 2022. *Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko?*
NORCE Helse og samfunn. Rapportnr. 41-2022, H&S.

<https://hdl.handle.net/11250/3034859>

Nilsson, Jonatan, Luke T. Barrett, Anders Mangor-Jensen, Velimir Nola, Torstein Harboe, and Ole Folkedal. 2023. *Effect of Water Temperature and Exposure Duration on Detachment Rate of Salmon Lice (Lepeophtheirus Salmonis); Testing the Relevant Thermal Spectrum Used for Delousing*. *Aquaculture* 562 (2023): 738879.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738879>

Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J. & Gismervik, K. 2018. *Velferdsindikatorer for oppdrettlaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd*. 3. utgave. FHF prosjekt 901157.

Norges Sjømatråd. «Norge eksporterte sjømat for 151,4 milliarder kroner i 2022.»

Oppdatert 4. januar, 2023

<https://seafood.no/aktuelt/nyheter/norge-eksporterte-sjomat-for-1514-milliarder-kroner-i-2022/>

Oliveira, V.H.S., Dean, K.R., Qviller, L. *et al.* *Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming*. 2021. *Sci Rep* 11, 14702 (2021).

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-93874-6>

Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., Gismervik, K. and Stien, L.H. 2019. *Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review*. *Rev Aquacult*, 11: 1398-1417. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>

Persson, Mats. 2021. *Hvordan skrive en litteraturgjennomgang? -en praktisk guide*. Oslo: Universitetsforlaget.

Produksjonsområdeforskriften. Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret av 16. januar 2017 nr. 61.

<https://lovdata.no/forskrift/2017-01-16-61>

Rector, Megan E., Jenny Weitzman, Ramón Filgueira, and Jon Grant. 2022.

Environmental Indicators in Salmon Aquaculture Research: A Systematic Review. *Reviews in Aquaculture* 14, no. 1 (2022): 156-77.

<https://doi.org/10.1111/raq.12590>

Regjeringen. 2021a. «Norsk havbruksnæring». Oppdatert 11. oktober, 2021.

<https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/fiskeri-og-havbruk/1/oppdrettslaksen/Norsk-havbruksnaring/id754210/>

Regjeringen. 2021b. *Et hav av muligheter- regjeringens havbruksstrategi*. Nærings- og fiskeridepartementet.

<https://www.regjeringen.no/contentassets/e430ad7a314e4039a90829fcd84c012a/no/pdfs/et-hav-av-muligheter.pdf>

Rådet for dyreetikk. 2022. *Uttalelse om termisk avlusning*. Rådet for dyreetikk, oppnevnt av Landbruks- og matdepartementet. Ås, 17. juni 2022.

<https://www.radetfordyreetikk.no/uttalelse-om-termisk-avlusning/#:~:text=I%20denne%20uttalelsen%20%C3%B8nsker%20R%C3%A5det,fisken%2C%20panikkreaksjoner%20og%20d%C3%A5rlig%20velferd.>

Lusedata. u.d. «Kontroll.» Funnet 27. mai, 2023.

<https://lusedata.no/kontroll>

Sommerset I, Wiik-Nielsen J, Oliveira VHS, Moldal T, Bornø G, Haukaas A og Brun E.

Fiskehelsesrapporten 2022, Veterinærinstituttets rapportserie nr. 5a/2023, utgitt av Veterinærinstituttet 2023

Stingray. "Stingray- systemet." Funnet 28. Mai, 2023.

<https://www.stingray.no/avlusing-med-laser/>

Styringsgruppen for vurdering av lakseluspåvirkning. «Trafikklyssystemet». Funnet 10.

mai, 2023. <https://trafikklyssystemet.no/Trafikklyssystemet>

Tartor H, Karlsen M, Skern-Mauritzen R, Monjane AL, Press CM, Wiik-Nielsen C, Olsen RH, Leknes LM, Yttredal K, Brudeseth BE, Grove S. 2021. *Protective Immunization of Atlantic Salmon (Salmo salar L.) against Salmon Lice (Lepeophtheirus salmonis) Infestation*. Vaccines (Basel). 2021 Dec 23;10(1):16. doi: 10.3390/vaccines10010016

Torrissen, O., S. Jones, F. Asche, A. Guttormsen, O T Skilbrei, F. Nilsen, T E Horsberg, and D. Jackson. 2013. *Salmon Lice - Impact on Wild Salmonids and Salmon Aquaculture*. Journal of Fish Diseases 36, no. 3 (2013): 171-94.

<https://doi.org/10.1111/jfd.12061>

Tvete, Ingunn Fride, Magne Aldrin, and Britt Bang Jensen. 2023. *Towards Better Survival: Modeling Drivers for Daily Mortality in Norwegian Atlantic Salmon Farming*. Preventive Veterinary Medicine 210 (2023): 105798.

<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105798>

Utdanningsforskning.no. «Hva er en fagfelleverdert artikkel?» Oppdatert 15. april, 2016.

<https://utdanningsforskning.no/artikler/2016/hva-er-fagfelleverdert-artikkel/>

Walde, C. S, Marit Stormoen, Jostein Mulder Pettersen, David Persson, Magnus Vikan Røsæg, and Britt Bang Jensen. 2022. *How Delousing Affects the Short-term Growth of Atlantic Salmon (Salmo Salar)*. Aquaculture 561 (2022): 738720.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738720>

Walde, C. S, Britt Bang Jensen, Jostein Mulder Pettersen, and Marit Stormoen. 2021. *Estimating Cage-level Mortality Distributions following Different Delousing Treatments of Atlantic Salmon (salmo Salar) in Norway*. Journal of Fish

Diseases 44, no. 7 (2021): 899-912. <https://doi.org/10.1111/jfd.13348>