



Kostnad ved behandling av lakselus

Et litteratursøk og en modelleringstilnærming

Andreas Ruggesæter og Karl Martin Valle Haug

Veileder: Trond Bjørnenak

Masteroppgave, økonomisk styring, BUS

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer inntår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Formålet med denne oppgaven er å kartlegge forventede kostnader tilknyttet avlusinger av lakselus på atlantisk laks i norsk lakseoppdrett, og slik styrke beslutningsgrunnlaget for valg av behandlingsmetode. Laksenæringen har blitt en betydelig stor norsk næring, og er en av landets største eksportvarer. Samtidig som laksenæringen har vokst har også problematikken knyttet til lakselus blitt større. Det er utviklet en rekke metoder for å håndtere lakselusproblematikken. De ulike metodene har ulik grad av effektivitet, og noen påvirker laksen negativt i form av svekket fiskehelse, redusert vekst og død. Kostnadene av slike konsekvenser er utfordrende å kvantifisere, men er av en betydelig størrelse. I denne oppgaven presenterer vi en tilnærming for å gjøre dette.

For å kunne kvantifisere kostnadene knyttet til de negative effektene av avlusing er det først utført et omfattende litteratursøk. Litteratursøket kartlegger hvilke behandlingsmetoder som benyttes og hvilke negative effekter disse har. I litteratursøket finner vi at termisk og mekanisk avlusing er de mest utbredte avlusingsmetodene, sammen med badbehandling med hydrogenperoksid. Alle avlusingsmetodene er knyttet til ulik grad av dødelighet og effekt. Vi finner at badbehandling med hydrogenperoksid er den mest effektive avlusingsformen, men at lakselus til en viss grad har utviklet resistens mot metoden. I tillegg finner vi at bruk av rensefisk og luseskjørt er de mest utbredte forebyggende tiltakene. Vi finner at rensefisk er det mest effektive forebyggende tiltaket. På bakgrunn av funnene i litteratursøket utvikler vi en deterministisk simuleringsmodell for kombinasjoner av de mest utbredte avlusingsmetodene og forebyggende tiltakene.

Videre estimeres særkostnader knyttet til hvert tiltak, og benytter dette som parametere i den deterministiske simuleringsmodellen. Vi beregner forventede kostnader for de ulike behandlingsstrategiene i de 13 ulike produksjonsområdene i Norge. Resultatene fra modellen viser at særkostnadene for en avlusing ligger mellom 400-800 000 uten hensyn til sparte førkostnader. Medregnet sparte førkostnader vil særkostnadene i mange tilfeller spares inn. Alternativkostnadene knyttet til avlusingene estimeres til å være i området 10-14 millioner, avhengig av produksjonsområde.

Vi finner at rensefisk er det klart mest effektive forebyggende tiltaket, men ikke alltid det mest kostnadseffektive. I tilfeller med moderat smittepress vil luseskjørt være mer kostnadseffektivt, mens det ved lavt smittepress vil være mest kostnadseffektivt å ikke ha forebyggende tiltak.

Forord

Denne masteroppgaven er et selvstendig arbeid skrevet som en del av en mastergrad i økonomi og administrasjon ved Norges Handelshøyskole (NHH), og den er skrevet innen profilen Økonomisk Styring (BUS). Arbeidets omfang er normert til 30 studiepoeng og strekker seg over ett semester.

I vår masteroppgave ser vi på kostnader ved tiltak mot lakselus. Hovedfokuset har vært å anvende det økonomiske konseptet om beslutningsrelevante kostnader til å utvikle en beregningsmodell med hensyn på alternativkostnad. Våren 2021 har vært et semester med utfordringer grunnet situasjonen rundt Covid-19. Det å skulle skrive en masterutredning under en pandemi har vært både vært utfordrende og svært spennende. Valget vårt av tema har ført til at vi har fått en dypere forståelse og kunnskap, både når det kommer til akvakultur i norsk fiskeindustri og når det kommer til hva som definerer alternativkostnaden av tiltak.

Vi ønsker å takke Anne Dagrund Sandvik, Lars Asplin og Mats Huserbråten ved Havforskningsinstituttet for innspill tilknyttet modellering av lusesmitte, og for bistand til å hente ut data fra deres smittepressmodell.

Til slutt ønsker vi å rette en særlig stor takk til vår veileder, professor Trond Bjørnenak, for å ha vært behjelpelig og positiv under utarbeidelse av oppgaven. Han har bistått med nyttige diskusjoner, konstruktiv kritikk og raske tilbakemeldinger gjennom hele prosessen.

Ord og uttrykk

Akvakultur: Produksjon av akvatiske organismer. Som produksjon regnes ethvert tiltak for å påvirke akvatiske organismers vekt, størrelse, antall, egenskaper eller kvalitet.

Behandling: Medikamentell og ikke medikamentell metoder som fjerner lakselus. Bruk av rensefisk regnes ikke som behandling.

Bekjempelsesstrategi: En kombinasjon av både forebyggende og reaktive (behandling) tiltak mot lakselus.

Bevegelige lus: Voksne hannlus og halv voksne (preadulte) stadier av lakselusen.

Biomasse: Den til enhver tid stående mengde av levende fisk (målt i kg eller tonn).

Fastsittende lus: Copepoditt- og chalimusstadier av lakselus

Groe: Marine organismer som vokser på et fartøys skrog under vannlinjen (Store Norske Leksikon, 2021b). I dette tilfellet vil det være organismer som vokser på skjørt.

Konsesjon: En tillatelse, godkjenning, bevilning, særlig en tillatelse av offentlig myndighet som etter lovgivningen er nødvendig for å sette i verk en virksomhet eller et tiltak (Store norske leksikon, 2020).

KVM: Kapitalverdimodellen.

Lakselus: Hoppekreps av arten *Lepeophtheirus salmonis*.

Lokalitet: I denne oppgaven benyttes dette om en lokalitet som bedriver lakseoppdrett for matproduksjon. En oppdrettslokalitet kan bestå av én eller flere merder med laks.

Merd: Innhegning i sjøen for oppbevaring, føring og stell av oppdrettsfisk. Merden består av en notpose som blir holdt oppe av en flytekonstruksjon (Store norske leksikon, 2021a).

MTB: Maksimal tillatt biomasse. Den maksimale tillatte biomassen levende vekt oppdretter kan ha i merden til enhver tid.

Not/Nøter: En type fiskeredskap som er ment for å stenge fisken inne, laget av et nett, bundet av tråd, med en maskevidde så liten at ikke fisken setter seg fast. Har likheter som i et fiskegarn (Store norske leksikon, 2021b).

ONP: Open Net Pen, tradisjonell merdteknologi med åpne nøter i sjøen.

Planktonbasert skjørt: også omtalt som planktonduk eller fluidpermeabele skjørt. Planktonbaserte skjørt er et luseskjørt laget av type planktonnett materialer.

Produksjonsområde: Et område av de 13 inndelte kystregionene i trafikklyssystemet.

Rensefisk: Fisk som er ment for eller brukes til å redusere antall parasitter på fisk i akvakulturanlegg.

Resistens: Mangelfull behandlingseffekt på grunn av deler av eller hele den aktuelle lakselusepopulasjonen har arvbart nedsatt følsomhet for det medikamentelle virkestoff som benyttes, slik at deler av eller hele populasjonen kan overleve en dose legemiddel som er dødelig for større del av individene i en normalt følsom populasjon (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012).

Smolt: En betegnelse på ungfisk av anadrome laksefisk (laks, ørret og røye) som er klare for utvandring fra ferskvann til saltvann (Vøllestad, 2020).

Tette skjørt: en type luseskjørt som er tettere enn planktonbasert og omtales også som en presenning skjørt i noen forskning.

Utviklingskonsesjoner: En midlertidig ordning med særtillatelse som kan bli tildelt til prosjekter med formål å legge til rette for utvikling av teknologi som kan bidra til å løse miljø- og arealutfordringene som akvakulturnæringen står overfor. Dette kan være for eksempel ved konstruksjon av testanlegg, industriell design, utstyrsinstallasjon og prøveproduksjon (Fiskeridirektoratet, 2021b). Ble brukt for eksempel til å utvikle snorkel og nedsenkbar merd.

Voksen hunnlus: Kjønnsmoden hunnlus som kan ha med eller uten eggstrenger

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse.....	6
1. Introduksjon	10
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	10
1.2 Problemstilling og formål	11
1.3 Avgrensninger og klargjøringer	12
1.4 Struktur.....	12
2. Lakseoppdrett og lakselus.....	13
2.1 Lakseoppdrett.....	13
2.1.1 Konesjon og MTB	13
2.1.2 Traffikklyssystemet.....	16
2.2 Hva er lakselus?	17
2.3 Regulering av lakselus	19
2.3.1 Plan for kontroll og bekjempelse av lakselus	19
2.3.2 Grenser for lakselus og tiltak	19
2.3.3 Lusetelling.....	20
2.4 Oppsummering.....	21
3. Metode	22
3.1 Forskningstilnærming	22
3.2 Forskningsdesign.....	22
3.3 Datakilder.....	24
3.3.1 Sekundærdata.....	24
3.4 Kvalitetsvurdering.....	25
3.4.1 Reliabilitet.....	26
3.4.2 Validitet.....	27
3.5 Konseptuelt rammeverk	28
3.5.1 Særkostnad.....	28

3.5.2	Alternativkostnad	28
3.5.3	Kapitalkostnader	30
3.5.4	Avkastningskravet – risikokompensasjon.....	31
4.	Tiltak mot lakselus – et litteratursøk.....	33
4.1	Metodikk for litteratursøk	34
4.2	Forebyggende tiltak.....	35
4.2.1	Rensefisk.....	35
4.2.2	Luseskjørt.....	36
4.3	Avlusingstiltak	42
4.3.2	Medikamentelle tiltak	44
4.3.3	Medikamentfrie tiltak.....	46
4.4	Litteratursøket oppsummert	49
5.	Redegjørelse for beregningsmodell	50
5.1	Modellens utforming	50
5.1.1	Illustrasjon av beregningsmodell	51
5.2	Viktige parametere i modellen	52
5.2.1	Temperatur	52
5.2.2	Lakselus – tilkomst og vekst.....	53
5.2.3	Behandlingsgrense	55
5.2.4	Tilvekst av laks	55
5.2.5	Salgspris.....	57
5.2.6	Avkastningskrav	58
5.3	Tapt produksjon grunnet avlusing.....	60
5.3.1	Tapt biomasse etter sulting	60
5.3.2	Tap ved dødelighet tilknyttet avlusing.....	62
5.4	Spart fôr ved sulting	63
6.	Våre resultater og beregninger.....	64

6.1	Forebyggende tiltak.....	64
6.1.1	Rensefisk.....	64
6.1.2	Luseskjørt.....	67
6.1.3	Forventet antall avlusinger med forebyggende tiltak.....	69
6.1.4	Sensitivitetsanalyser.....	70
6.1.5	Mest kostnadseffektive forebyggende tiltak	72
6.2	Avlusingsmetoder.....	74
6.2.1	Badbehandling	74
6.2.2	Mekanisk avlusing	76
6.2.3	Termisk avlusing.....	80
6.2.4	Mest kostnadseffektive avlusingsmetode	86
6.3	Evaluering av beregningsmodell.....	88
6.3.1	Usikkerhet knyttet til parametre.....	88
6.3.2	Utelatte komponenter.....	90
6.3.3	Analysens validitet.....	92
7.	Diskusjon og konklusjon.....	95
7.1	Anbefalinger for videre forskning.....	96
	Litteraturliste.....	97
	Appendiks A - Luseskjørt	i
	Appendiks B - Avlusingskostnader uten forebyggende tiltak	ii

Figurliste

Figur 1 – Produksjonsområdene og deres trafikklysstatus i 2020 (Linder, 2020).....	17
Figur 2 - Lusestadiene. Figur fra Lind (2015)	18
Figur 3 - Alternativkostnad, illustrasjon.	29
Figur 4 - Kategorisering av behandlingstiltak. Figur utviklet fra (Iversen et al., 2017).....	33
Figur 5 - Utsett av rensefisk. Kilde: (Fiskeridirektoratet, Oppdatert 29-10-2020/2020).....	35
Figur 6 - Virkestoff benyttet i badbehandling 2012-2020. Kilde: Barentswatch (2021b).....	44
Figur 7 - Antall medikamentfrie behandlinger. Kilde: Sommerset et al. (2021).....	46

Figur 8 - Illustrasjon av beregningsmodell	51
Figur 9 - Sjøtemperaturer i 2019. Kilde: (Barentswatch, 2021a)	52
Figur 10 - Smittepress for lakseluslarver i 2019. Kilde: Sandvik et al. (2020)	53
Figur 11 - Modellert laksevekst i område 3 og 13.	56
Figur 12 - Tollverdier av fersk oppdrettslaks 2016-2020. Kilde: Statistisk sentralbyrå (2021a)	57
Figur 13 - Forventet antall avlusinger med forebyggende tiltak.....	69
Figur 14 - Sensitivitetsanalyse, rensefisk.....	71
Figur 15 - Sensitivitetsanalyse, luseskjørt	71
Figur 16 - Forventede total kostnader for ulike forebyggende tiltak.	73
Figur 17 - Sensitivitetsanalyse, badbehandling	76
Figur 18 - Sensitivitetsanalyse, mekanisk avlusing	79
Figur 19 - Sensitivitetsanalyse, termisk avlusing	82
Figur 20 - Fordeling av særkostnader for avlusing.....	84
Figur 21 - Fordeling av alternativkostnader for avlusing	84
Figur 22 - Kostnad per avlusing ved ulikt antall avlusinger	86
Figur 23 - Forventede generasjonskostnader	87

Tabeller

Tabell 1 - MTB-auksjon 2020.....	14
Tabell 2 - Litteratursøk for luseskjørt	41
Tabell 3 - Litteratursøk, hydrogenperoksid	45
Tabell 4 - Litteratursøk, mekanisk avlusing	47
Tabell 5 - Litteratursøk, termisk avlusing.....	48
Tabell 6 - Estimerte parameterverdier	54
Tabell 7 - 3-årig unlevered beta-verdier for børsnoterte oppdrettsselskap.	59
Tabell 8 - Rensefisk - Modellerte kostnader	66
Tabell 9 - Luseskjørt - Modellerte kostnader.....	68
Tabell 10 – Badbehandling - Modellert kostnad pr kg behandlet.....	75
Tabell 11 - Mekanisk avlusning - Modellerte kostnader pr kg behandlet	78
Tabell 12 - Termisk avlusning - Modellerte kostnader pr kg behandlet.....	82
Tabell 13 - Effekt av avlusing på laksebestanden.....	85

1. Introduksjon

1.1 Bakgrunn for oppgaven

I Norge begynte oppdrett av laks mot slutten av 1960-tallet ble den første laksesmolten i Norsk oppdrett satt ut, og i løpet av 1970-tallet befestet lakseoppdrett seg som en viktig næring (Misund, 2021). Siden den gang har lakseoppdrett vokst betydelig. I 2020 var fisk Norges tredje største eksportvare, etter råolje og naturgass, med eksportert verdi på over 100 milliarder kroner (Statistisk sentralbyrå, 2021b), og Norge produserer over halvparten av verdens forbruk av atlantisk oppdrettslaks (Misund, 2021).

Næringen har de siste årene hatt økende utfordringer knyttet til lakselus. Totalt er det estimert at lakselus kostet norske oppdrettere i underkant av 5 milliarder kroner i 2016, opp fra i overkant av 1 milliard i 2011 (Iversen et al., 2017), altså mer enn en firedobling i løpet av en femårsperiode. Noe av veksten skyldes økt produksjon av laks, men estimering gjort for lusekostnader fordelt på mengde produsert gir en utvikling fra i overkant av 1 krone per produserte kilo i 2011, til 4,25 kroner i 2016 (Iversen et al., 2017). Prisveksten skyldes ulike faktorer, men mye skyldes overgang til nyere behandlingsformer, som en konsekvens av resistensproblematikk. Disse estimatene er imidlertid usikre, og sier lite om hvilke økonomiske konsekvenser lakselusen har for en oppdretter, eller hvordan luseproblematikken påvirker ulike områder langs norskekysten.

Det å beregne kostnadene knyttet til lusebehandling er utfordrende. Først og fremst er det variasjoner i alle biologiske prosesser. Videre foregår lakseoppdrett i Norge hovedsakelig i åpne merder i sjø, slik at lokalitetene påvirkes av hydrodynamiske forhold som temperatur og strømforhold. Kostnadene som kan knyttes til bekjempelse av lakselus avhenger naturlig av disse faktorene. Som nevnt har man i stor grad gått over til nye behandlingsmetoder, noe som er med på å komplisere kostnadsbildet. Hvor effektive behandlingen er, og hvordan behandlingene påvirker laksens helse og vekst er faktorer som er viktige å hensynta når en oppdretter skal ta avgjørelser om behandlingsstrategi.

Det er klart at avlusinger i mange tilfeller påvirker laksen svært negativt (Holan et al., 2017; Nilsson et al., 2019; Roth, 2016), og det rapporteres om betydelige dødelighetstall i forbindelse med avlusinger (Walde et al., 2021). For å få overblikk over kostnadene kreves det god

dokumentasjon på hvordan fisken påvirkes, og det kreves et godt rammeverk for hvordan kostnadene utover særkostnader måles.

1.2 Problemstilling og formål

Med utgangspunkt i bakgrunnen for oppgaven ønsker vi å besvare problemstillingen:

Hvordan kan man beregne kostnaden tilknyttet ulike tiltak mot lakselus på atlantisk laks?

Dette søker vi å besvare ved å ta hensyn til alternativkostnadene knyttet til tiltakene. Særkostnadene i forbindelse med tiltakene er godt kjent for aktørene i markedet allerede, men ettersom spesielt avlusing har store konsekvenser for laksen innebærer avlusinger også alternativkostnader som er vanskelig å beregne. Vi ønsker å etablere en metode for å estimere disse, og slik skape et mer komplett kostnadsbilde for bekjempelsesstrategiene. Dette vil vi gjøre ved å:

1. Utføre et litteratursøk for å kartlegge hvilke bekjempelsesstrategier som benyttes, og hvilke effekter disse bekjempelsesstrategiene har.
2. Utvikle en beregningsmodell for de mest utbredte behandlingsmetodene.
3. Analysere og sammenligne beregninger for de 13 ulike produksjonsområdene for ulike bekjempelsesstrategier.

Vi beregner kostnader knyttet til avlusningsformene badbehandling, mekanisk- og termisk avlusning, samt de forebyggende metodene rensefisk og luseskjørt. Fordi fiskeoppdrett i stor grad er avhengig av eksterne faktorer, modellerer vi også inn forventet temperatur og smittepress i de 13 ulike produksjonsområdene.

Resultatene kan benyttes for å få et mer komplett kostnadsbilde, og vil dermed kunne være relevant beslutningsgrunnlag for aktører som sliter med lakselusproblematikk. Når en aktør skal ta beslutninger er det generelt nyttig å ha et så godt beslutningsgrunnlag som mulig, slik at beslutninger som tas er mest mulig fornuftige. Denne oppgaven samler relevant informasjon som vil være viktig for en aktør som må ta et valg hva gjelder bekjempelsesstrategi mot lakselus.

1.3 Avgrensninger og klargjøringer

I denne masteroppgaven tar vi utgangspunkt i produksjon med åpen merd i sjø, såkalte ONP-anlegg. Vi ser bort fra andre produksjonsmetoder som lukkede og semi-lukkede anlegg og oppdrett på land. Dette er fordi ONP er den klart mest utbredte oppdrettsformen i dag. Beregningene våre er gjort for en hypotetisk lokalitet plassert i hvert produksjonsområde. Produksjonsområdene er representert ved generaliserte temperatur- og smittedata, men det vil i virkeligheten være varierende innad i produksjonsområdene.

Vi har tatt utgangspunkt i de mest utbredte og best dokumenterte bekjempelsesstrategiene. I denne oppgaven benyttes bekjempelsesstrategi som et uttrykk for en gitt kombinasjon av forebyggende og reaktive tiltak. Bekjempelsesstrategi kan også innebefatte aspekter som behandlingsgrenser, -doser, -tid eller endringer av smoltens størrelse og tidspunkt for utsett, men slike aspekter behandles ikke i denne oppgaven. Dette for å skape et håndterbart sammenligningsgrunnlag og av hensyn til oppgavens omfang.

1.4 Struktur

Oppgaven er inndelt i 7 kapitler. I kapittel 2 gjøres en beskrivelse av lakselusproblematikken, hva lakselus er og hvordan lakselus i lakseproduksjon er regulert. Kapittel 3 legger vekt på hvilke metoder vi har brukt for å svare på oppgaves problemstilling, inkludert hvilke type datakilder vi har valgt og rammeverk som vi bygger modellen på. I kapittel 4 gjennomgås et litteratursøk som identifiserer ulike studier som ser på effektivitet, dødelighet og tap på vekst. I kapittel 5 redegjøres det for hvilke parametere som benyttes i beregningsmodellen, og grunnlaget for beregning av tapt produksjon grunnet sulting, samt spart fôr ved sulting. I kapittel 6 diskuterer vi våre funn og beregninger av kostnadene til ulike tiltak av forebyggende og avlusning, samt at beregningene og analysenes validitet evalueres. Til slutt, i kapittel 7 oppsummeres og diskuteres funnene før det avslutningsvis gis forslag til videre arbeid.

2. Lakseoppdrett og lakselus

Før vi skal beregne kostnader tilknyttet tiltak mot lakselus, er det viktig å formidle til leseren om utfordringer som oppstår i akvakultur ved produksjon av laks. Først og fremst vil kapittelet starte med kravene som må oppfylles for å drive lakseoppdrett. Dette fordi det er hensiktsmessig å orientere leseren hva en konsesjon innebærer og hvilke begrensninger oppdrettere har ved lakseproduksjon. Fordi problemstillingen handler om lakselusproblematikken, er det også viktig å orientere leseren om hva lakselus er. Kapittelet vil derfor gi kunnskap om lusens virkning på laksen, hva som kjennetegner ulike lusestadier og hvor fort lusen vokser. Til slutt vil kapittelet fortsette å beskrive formelle krav om lakselusbekjempelse, da oppdrettere er pålagt å ha et tiltak som reduserer luseinfestasjon, inkludert lusetelling som en kontroll. Det fundamentale her er at dersom oppdretter teller i gjennomsnitt over pålagt grense, vil det føre til flere behandlinger. Flere behandlinger reduserer lakseproduksjon forårsaket av økt metning, men i tillegg direkte forårsaket av avlusing.

2.1 Lakseoppdrett

Det er en rekke formelle krav knyttet til det å bedrive lakseoppdrett i Norge. I dette delkapittelet gjør vi rede for de kravene som er viktigst for problemsstillingen. Her vil vi diskutere konsesjon for oppdrett, MTB og trafikklyssystemet.

2.1.1 Konsesjon og MTB

En *konsesjon* er en offentlig tillatelse til å bedrive virksomhet eller utnytte gitte naturressurser (NAOB, u.d.), og er nødvendig for å kunne bedrive lakseoppdrett i Norge. Fiskeridirektoratet er bevilgende myndighet. Dersom Fiskeridirektorat gir tilsagn om tillatelse, må det søkes om klarering av lokalitet hos Fylkeskommunen i området man ønsker opprett i. Dette kalles tottrinssystemet (Fiskeridirektoratet, 2017).

I tillegg til at søknad om å få bedrive akvakultur må innvilges, trenger man en kvote. Kvotesystemet har fungert ulikt gjennom historien. Tidlig ble det gitt tillatelse til å ha et gitt merdvolum og en gitt førkvote. I 2005 ble kvotesystemet endret til å gjelde maksimalt tillat biomasse, forkortet til MTB (Fiskeridirektoratet, 2017). Det er disse kvotene som omtales som konsesjoner. I Troms og Finnmark gir én konsesjon tillatelse til oppdrett av 900 tonn laks, mens det i resten av landet gir tillatelse til 780 tonn (Laksetildelingsforskriften, 2004, § 15). MTB

avgrenses på to nivåer: selskap- og lokalitetsnivå. Selskapsnivå angir hvor stor masse et selskap kan ha totalt sett. Summen av MTB for tildelte *konsesjoner* innenfor samme region vil utgjøre en selskapskonsesjon (Akvakulturdriftsforskriften, 2008, §47). Selskaper som er tilknyttet et konsern er også innvilget som en felles biomasse (Akvakulturdriftsforskriften, 2008, §48). Begrensninger på lokalitetsnivå angir total tillatt MTB på en spesifikk lokalitet.

Tidligere ble *konsesjoner* gitt vederlagsfritt, men det er nå innført auksjoner hvor et begrenset antall *konsesjoner* legges ut for salg for de ulike produksjonsområdene langs kysten (se trafikklyssystemet, kapittel 2.1.2) (Fiskeridirektoratet, 2020a). I tillegg er det et annenhåndsmarked for konsesjoner. Prisen på en konsesjon tilsvarer verdien av konsesjonen, gitt at markedet for konsesjoner er effisient.

Verdien av en *konsesjon* er imidlertid vanskelig å bestemme, og kommer i stor grad an på hvilke forutsetninger man legger til grunn. For det første varierer konsesjonsprisen i stor grad med hvilket produksjonsområde konsesjonen gjelder for (se Tabell 1). For det andre må forventninger om fremtiden legges til grunn, og fremtiden er ingen enkel kunst å spå.

Tabell 1 - MTB-auksjon 2020

	Produksjonsområde	Tonn MTB	Vederlag	Kr/tonn
1	Svenskegrensen til Jæren	977	152 000 000,00	155 578,30
2	Ryfylke	2082	395 000 000,00	189 721,42
6	Nordmøre og Sør-Trøndelag	6384	1 545 000 000,00	242 011,28
7	Nord-Trøndelag med Bindal	2915	629 000 000,00	215 780,45
8	Helgeland til Bodø	3648	798 000 000,00	218 750,00
9	Vestfjorden og Vesterålen	3855	984 000 000,00	255 252,92
11	Kvaløya til Loppa	2481	545 000 000,00	219 669,49
12	Vest-Finnmark	4005	759 000 000,00	189 513,11
13	Øst-Finnmark	842	168 000 000,00	199 524,94
	Total	27189	5 975 000 000,00	209 533,54

Tabell 1 viser resultatet fra konsesjonsauksjonen i 2020 (Fiskeridirektoratet, 2020a). Vi ser at vederlaget betalt per tonn MTB varierer mellom 155 000 og 255 000. Det er med andre ord svært varierende betalingsvillighet for oppdrett i ulike produksjonsområder. Vurderingen av ulike produksjonsområder opp mot hverandre avhenger først og fremst av to ulike faktorer: de naturgitte forholdene, som temperatur og strømmeforhold, og de mer menneskeskapte forholdene, som hvor mange oppdrettslokalteter det er i området rundt og om selskapet har egne lokaliteter i nærheten de kan få stordriftsfordeler ved. Temperatur og strømforhold kan

man anta at er relativt stabile over tid, med naturlig variasjoner. Disse faktorene er viktige fordi gode forhold gjør at laksen vokser raskere, noe som fører til økt omløpshastighet og dermed økt verdi. Faktorer som går på lokaliteter i nærheten kan endre seg over tid, og er en viktig forklaringsfaktor når det gjelder smittepress i området.

Smittepresset kan innebære en rekke ulike sykdommer. Vi fokuserer i denne oppgaven på lakselus, men smittepress vil kunne være problematisk også for andre sykdommer. Jo flere lokaliteter det er i nærområdet, desto høyere vil smittepresset være (se lakselus – tilkomst og vekst, kapittel 5.2.2). Dersom laksen skulle bli smittet av en sykdom vil det sette fiskehelsen i fare, noe som kan medføre store økonomiske tap. Det å finne en metode for å beregne kostnadene som følge av å måtte avluse laksen er hovedoppgaven i denne masteroppgaven, og vil kunne være med å påvirke konsesjonsverdien. Det er altså slik at mange oppdrettslokaliteter i området øker smittepresset, som øker sannsynligheten for at man må avluse laksen, som øker forventede kostnader, som reduserer forventet omløpshastighet og som dermed reduserer verdien av en konsesjon i områder med mange lokaliteter. Likevel er det slik at de populære produksjonsområdene er populære av en grunn. En viktig komponent for å forklare populariteten er trolig gode vekstforhold i disse områdene.

Som tidligere nevnt er forventninger for fremtiden en viktig faktor når man skal vurdere verdien av en konsesjon. Først og fremst har man forventninger til hvor lenge konsesjonen vil vare. Det er per i dag ingen tidsbegrensning for konsesjoner. Dette kan imidlertid endre seg i fremtiden. Laksenæringen, spesielt oppdrett i åpne merder, er omdiskutert. Kritikk mot næringen går blant annet på forurensning av de lokale vannmiljøene (Miljødirektoratet, 2021), på rømming av oppdrettslaks (Fiskeridirektoratet, 2021a) og på smitte fra oppdrettslaks til villaks (Colquhoun et al., 2018). Denne typen kritikk har ført til at Tromsø i 2018 vedtok et forbud mot etablering av nye ONP-anlegg, et vedtak som har skapt mye debatt (Alsaker, 2019; Hage, 2019; Mortensen et al., 2020). Politiske rammevilkår kan endres, noe vi blant annet så i 2019. Da ble det vedtatt forbud mot oppdrett av pelsdyr i Norge (Lov om forbud mot hold av pelsdyr, 2019), etter å i 2017 ha gått inn for bærekraftig utvikling av næringen (Meld. St. 8 (2016-2017) Innst. 151 S (2016-2017)). På kort sikt er det trolig ingen umiddelbar fare for at lakseoppdrett blir ulovlig eller trappes ned på et nasjonalt nivå, men en antagelse om evig levetid vil ikke nødvendigvis være reell.

Uavhengig av politiske forhold vil verdien av ett tonn MTB variere over tid. Store deler av laksen som oppdrettes blir eksportert, og prisen som oppnås er følgelig avhengig av

internasjonale forhold og valutakurser. Den globale etterspørselen etter laks kan falle, og andre nasjoner kan trappe opp sin produksjon. Dette vil i så tilfelle påvirke lakseprisen, og dermed verdien av tillatt biomasse, negativt.

Som vist i Tabell 1 har konsesjoner for lakseoppdrett stor verdi i dagens marked. Det knyttes derfor store kapitalkostnader til det å eie en konsesjon. Kapitalkostnadene for konsesjonen vil påvirke kostnadene knyttet til en avlusing, fordi avlusing enten øker tiden fisken står i sjø (øker dager med kapitalbinding) eller reduserer mengden laks som produseres i et gitt tidsrom (reduserer fordelingsgrunnlaget).

På tross av at kapitalkostnadene for konsesjonen påvirker faktiske kostnader for en avlusing velger vi å utelate konsesjonskostnaden fra vår beregningsmodell. Dette skyldes at verdien av konsesjonen er en endogen variabel; den vil avhenge av beregninger gjort i modellen. Verdsettelse av konsesjoner ligger utenfor denne oppgavens omfang, og vår beregningsmodell er ikke alene egnet til å verdsette konsesjoner. Dersom vi skulle gjort tilnærminger for konsesjonsverdier ville disse innebåret så stor grad av usikkerhet at vi av validitetshensyn ikke ønsker å benytte slike tilnærminger i vår oppgave.

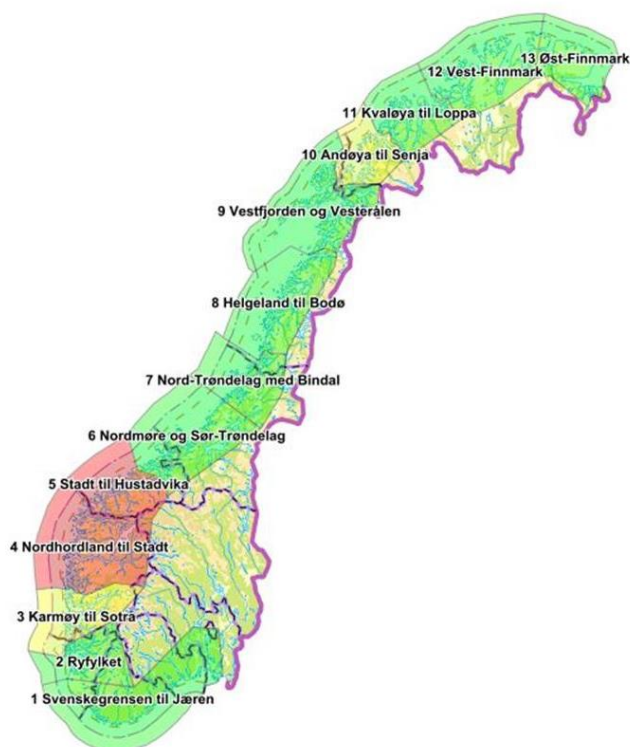
2.1.2 Trafikklyssystemet

I 2017 innførte regjeringen en ordning som kalles for trafikklyssystemet. Formålet var å sikre bærekraftig vekst i Norsk fiskeoppdrett, og kysten ble delt inn i 13 områder. Hvert område tildeles en trafikklysfarge som bestemmer om produksjon av laks skal holdes på dagens nivå, økes eller reduseres.

Dersom miljøstatusen i et produksjonsområde er rød, vil regjeringen sette begrensningen for produksjon i dette området. Det gis ikke tillatelser til ny/økt produksjon i røde produksjonsområder, og det er hjemmel for å pålegge redusert kapasitetsutnyttelsen i de røde områdene. Per dags dato har lokaliteter i røde områder kun anledning til å benytte 94% av tillatelsen pålydende MTB (Forskrift om kapasitetsjusteringer for tillatelser til akvakultur med matfisk i sjø i 2020, 2020).

I gule områder gis det ingen tillatelser til økt produksjon, men det gis heller ingen reduksjoner i tillatt utnyttelse i områdene. I grønne områder vil det kunne tilgjengeliggjøres ytterligere

MTB, og oppdrettere i grønne områder kan søke om å øke utvide sin MTB. Hvis søknad om økt MTB innvilges, må oppdretteren betale et vederlag per tonn økt MTB (Fiskedirektoratet, 2021) (Forskrift om kapasitetsjusteringer for tillatelser til akvakultur med matfisk i sjø i 2020, 2020, § 6). Det kan det også bli innvilget produksjonsøkning med inntil seks prosent, uavhengig av trafikklysstatus i produksjonsområdet. Dette er i så tilfelle en særtillatelse, og kan kun gis dersom fiskeanlegget ikke slipper ut lakseluslarver i frie vannmasser, eller dersom anlegget klarer å dokumentere færre enn 0,1 voksne hunnlus per fisk over en lengre periode med ukentlige tellinger. Det forutsettes også at anlegget har utført maksimalt én medikamentell avlusning i den siste produksjonssyklusen (Forskrift om kapasitetsjusteringer for tillatelser til akvakultur med matfisk i sjø i 2020, 2020, §12; Produksjonsområdeforskriften, 2017, § 12).

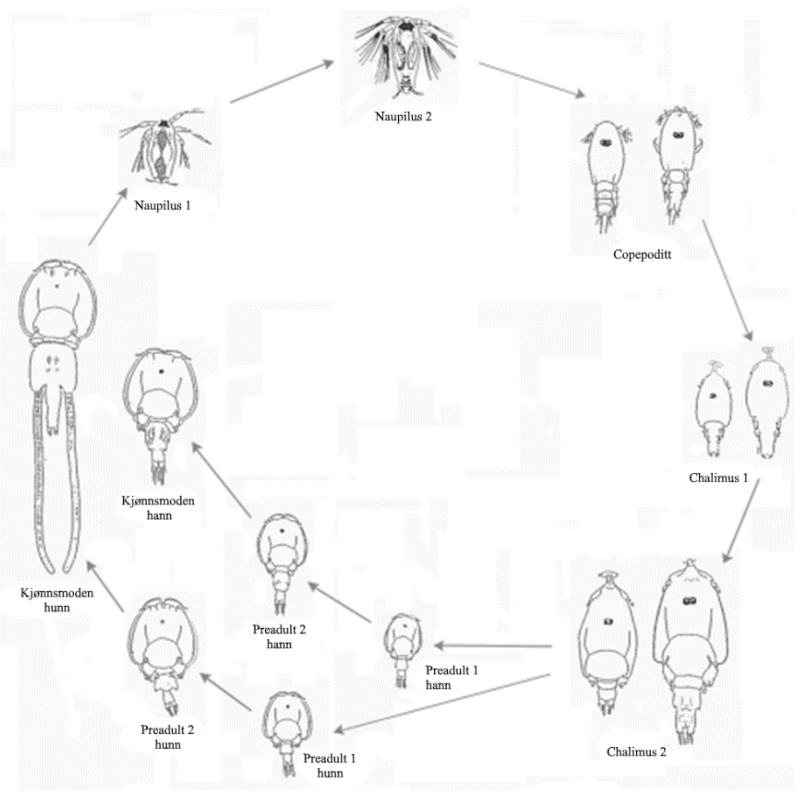


Figur 1 – Produksjonsområdene og deres trafikklysstatus i 2020 (Linder, 2020)

2.2 Hva er lakselus?

Lakselus har vært en utfordring i norsk lakseoppdrett siden oppstarten (Torrissen et al., 2013). Lakselus er små krepssdyr som fester seg i laks og ørret, og som lever av å spise fiskens skinn, blod og slim. Dersom luseinfestasjonen blir tilstrekkelig stor, vil fisken lide i form av sårskader, svekket immunforsvar, svekket osmoregulatorisk evne og potensielt død (Grave et al., 2004). Forekomster i norsk oppdrett er strengt regulert, og man er pålagt å utføre avlusningstiltak dersom forekomstene i oppdrettsanlegget kommer over gitte nivå. Dette skyldes ikke primært hensynet til oppdrettsfisk, men begrunnes med hensyn til villlevende fisk. Villfisk kan ikke avluses like enkelt som oppdrettslaks. For å unngå skadelig høye forekomster av lakselus i villaksstammene har man en lusegrense som er langt under det laksen kan tåle.

Lakselusens livssyklus deles inn i åtte stadier (Hamre et al., 2013). I denne oppgaven er det mest hensiktsmessig å dele disse åtte stadiene inn i tre stadier; frittlevende, fastsittende og bevegelige stadier. Hvor fort lakselusen går gjennom de ulike stadiene er svært avhengig av temperatur. Fra lusen begynner i *naupilus I* stadiet til den er ferdig i *naupilus II* stadiet vil det ved 5 °C gå 9,3 dager Ved 15 °C vil det kun ta 1,9 dager (Johnson, 1991).



Figur 2 - Lusestadiene. Figur fra Lind (2015)

I de frittlevende fasene (*nauplius I & II* og *kopepoditt*) utgjør ikke lakselusen en fare for laksen. Kopepodittstadiet er stadiet hvor lusen fester seg til fisken, og det er først når den er festet at den skader fisken. I kopepodittstadiet er lusen avhengig av å finne en vertsfisk for ikke å sulte i hjel, og er primært avhengig av vannstrømmene for å klare dette, da den har liten evne til å bevege seg. Grunnet lite bevegelighet vil en stor andel kopepoditter dø før de finner en vertsfisk, og disse når derfor aldri festet fase.

Fra og med de fastsittende stadiene (*chalimus I* og *II*) lever lakselusen som en parasitt på vertsfisken. Den sitter festet på ett sted, og er fortsatt så liten at den ikke utgjør en stor trussel for fisken.

Etter de fastsittende stadiene går lusen inn i den bevegelige fasen (*preadult I & II*, samt *adult*) og får evne til å bevege seg rundt på vertsfisken. Når lusen når stadiet *adult* er den kjønnsmoden. Nå er lusen på sitt største, og det er nå den yter størst skade på vertsfisken. Hunnen bærer avkommene i eggstrenger fra bakkdelen, og slipper disse når de er klare. En eggstreng kan inneholde 700 egg per streng, og hunnen kan produsere 11 eggstrengpar fra én befruktning (Heuch et al., 2000).

2.3 Regulering av lakselus

I dette delkapittelet presenteres noen av de formelle kravene som lakseoppdrettere må forholde seg til når det gjelder lakselus. Først og fremst vil delkapittelet formidle det lovmessige grunnlaget som pålegger oppdrettere å investere i tiltak; plan for kontroll og bekjempelse. Videre vil delkapittelet formidle hvilke mengder som tiltattes av lus, og hvor regelmessig man skal telle lusen.

2.3.1 Plan for kontroll og bekjempelse av lakselus

Som en del av regjeringens lovgivning for å redusere forekomsten av lakselus, samt redusere og bekjempe resistensutvikling, er det laget forskrifter om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 1). Her stilles det først og fremst krav til at oppdrettere har en plan for effektiv kontroll og bekjempelse (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 4). Denne planen skal også være samordnet med andre anlegg innenfor et bestemt geografisk område. Videre spesifiserer loven at man skal ha en plan for tiltak, samt rutiner for samordnet avlusing gjennom året. Denne informasjonen skal også utveksles med andre anlegg i nærområdet, og må inneholde opplysninger om gjennomførte avlusinger og telling av lus. Dette, samt andre gjennomførte tiltak, skal til enhver tid være oppdatert, og oversendes årlig til Mattilsynet. Hvis det skjer noen endringer i planen, for eksempel endring av tiltak mot lakselus, er det spesielt viktig at dette bli varslet inn (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 4).

2.3.2 Grenser for lakselus og tiltak

Det stilles krav til at nivået av lakselus i merden ikke overskrider et gitt gjennomsnittlig antall fastsittende lus per fisk. Dersom det er fare for at man går over disse nivåene, er oppdretter pålagt å utføre tiltak for å kontrollere lakselusbestanden (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 8). Dersom grensene ikke opprettholdes risikerer oppdretteren bøter, og kan måtte slakte ut fisken (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 13).

Forskrift om lakselusbekjempelse opererer med to ulike grenser. Den ene grensen er på 0,2 hunnlus per laks, og er gjeldene i en seksukersperiode på våren, mens en grense på 0,5 hunnlus per fisk er gjeldende resten av året. I Nord-Trøndelag og sørover gjelder den lavere grensen i uke 16 til uke 21, mens i områdene nord for Nord-Trøndelag er den gjeldende fra uke 21 til uke 26 (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 8). Denne lavere grensen gjelder i perioden

hvor villsmolt vandrer til sjøen, og grensen er satt for å skåne villaksbestanden for lakselusproblematikken i størst mulig grad (Sommerset et al., 2021).

2.3.3 Lusetelling

Alle oppdrettere er pålagt å kontrollere og rapportere hvor mye lakselus laksen er utsatt for. Det må gjennomføres jevnlig tellinger, med måling av sjøtemperatur, og resultatene sendes til Mattilsynet (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 6). Dersom temperaturen er 4 °C eller mer skal tellinger utføres ukentlig, mens det ved lavere temperaturer må gjennomføres tellinger hver 14. dag. Metoder for å utføre lusetelling varierer mellom oppdrettere. Det er ikke klart hva som er mest utbredt. Thorvaldsen et al. (2018) beskriver hvordan noen oppdrettere teller lakselus. Først tas det prøveuttak fra merden. Fisken blir vanligvis samlet med «orkastnot» eller annen metode som sikrer at fiskeutvalget er representativt, men noen bruker også fôr for å samle fisken (Thorvaldsen et al., 2018). Lusetellingen skjer vanligvis på den lysere tiden på dagen, ettersom det kan være vanskelig å fange fisken når det er mørkt; spesielt på vinter i mørketider. Når fisken er samlet, bruker man en håv til fange fisken opp fra ca. 5 - 10 meters dybde. Deretter blir den transportert over til båt for telling. Alt i alt teller oppdrettere normalt 20 fisk per telling i hver merd, hele året (Thorvaldsen et al., 2018).

Før fisken gjennomgår tellingsprosedyren bedøves den. Det finnes hovedsakelig to typer bedøvelsesmiddel som benyttes i dag: *Benzoak* og *Finquel*. Middelet helles i et kar hvor fisken senere også plasseres. Her skal fisken ligge til den viser tegn til bedøvelse, altså når fisken ikke slår med halen når den løftes opp. En sentral utfordring i prosessen er at man ikke alltid vet hvilken fisk som har ligget lengst i bedøvelsesmiddelet. Dette kan være problematisk ettersom fisken kan dø hvis den ligger for lenge i badekaret (Thorvaldsen et al., 2018).

Det er varierende hvordan selve lusetellingen utføres. Noen holder laksen i hendene, mens andre benytter et bord på dekk, for så å registrere hvor mange lus som er festet på laksen. Både lus som er festet og lus som har falt av i bedøvelseskaret skal registreres (Thorvaldsen et al., 2018). Det er også pålagt å notere antall lus i hvert lusestadie (se kapittel 2.2) (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2012, § 10 første ledd, bokstav f). Det finnes også automatisert lusetelling ved bruk av kamerateknologi (Kyst.no, 2021).

Lusetelling er en kontinuerlig kontroll som gjøres av oppdrettere for å opprettholde de formelle kravene iverksatt av regjeringen. I vår oppgave vil vi se bort fra kostnader knyttet til lusetelling. Dette skyldes at lusetelling er en kontinuerlig prosess, og telling er derfor uavhengig av

bekjempelsesstrategi. Det er likevel slik at det å måtte utføre avlusing kan føre til at laksen må stå lenger i sjø. I slike tilfeller vil man måtte utføre noen ekstra tellinger, men vi anser disse kostnadene som så små i denne sammenhengen at vi velger å se bort fra dette.

2.4 Oppsummering

Vi har i dette kapitlet sett at *konsesjon* har en økonomisk viktighet for en oppdretter, både ved oppstart, men også ved utvidelse av dagens produksjon. Muligheten til å øke kapasiteten avhenger av trafikklys-statusen i produksjonsområdet. Vi har videre diskutert at kapitalkostnadene knyttet til konsesjonen vil være en endogen variabel i vår modell, og at disse derfor er utelatt fra våre beregninger. Videre har vi kort presentert lakselus og hvorfor den er et problem i norsk lakseoppdrett. Avslutningsvis har vi presentert de viktigste kravene som stilles til lakseoppdrettere knyttet til lakselusen. Viktigst her er at oppdrettere er pålagt å ha oversikt og rapportere om lakselusbestanden ved sin lokalitet, og at de er pålagt å ha en behandlingsplan dersom lusebestanden blir høyere enn tillatte nivåer.

Vi vil i neste kapittel formidle hvilke metoder vi har brukt for å svare på problemstilling

3. Metode

I dette kapittelet skal vi gjennomgå fremgangsmåten som tas i bruk for å besvare oppgavens problemstilling (Saunders et al., 2015). Formålet her er å fremlegge en plan for hvordan problemstillingen kan operasjonaliseres til et forskningsprosjekt. Videre skal vi gjennomgå valgene som er blitt gjort med hensyn til forskningstilnærming, i tillegg til fremgangsmåten for innhenting av data. Kapittelet vil også redegjøre for hvordan valgene støtter hverandre, og hvordan de forankres i problemstillingen. Til slutt vil vi gjøre en vurdering av oppgavens validitet og reliabilitet.

3.1 Forskningstilnærming

Det skilles hovedsakelig mellom to ulike forskningstilnærminger; deduktiv og induktiv. Ved bruk av en induktiv tilnærming er målet å utlede teorier fra erfaringsdata, mens hvis man bruker en deduktiv tilnærming analyserer man data i lys av teori (Saunders et al., 2015). Vi baserer vår oppgave på en teoretisk modellering av kostnader av ulike tiltak mot lakselus og utleder effekter av tiltakene i form av kostnader. Fordi vi utleder effekter basert på en slik modell har vi en deduktiv tilnærming.

3.2 Forskningsdesign

Forskningsdesignet utgjør den generelle planen for hvordan en skal gå frem for å svare på oppgavens problemstilling (Saunders et al., 2015). Saunders et al. (2015) skiller mellom fire ulike typer metoder man kan bruke: eksplorerende, deskriptiv, forklarende og evaluerende. Det er vanlig å ha kombinasjon av to eller flere av disse (Saunders, et al., 2015). Dersom problemstillingen innebærer å *utforske* og øke forståelsen av noe det ikke foreligger mye data på, brukes det som heter eksplorerende design (Saunders et al., 2015). Hvis man heller søker å beskrive *relasjoner* og bevise korrelasjoner mellom ulike variabler, tar man i bruk et forklarende design hvor målet med designet er å oppnå en nøyaktig beskrivelse av en hendelse eller et fenomen (Saunders et al., 2015). Ved ønske om å forklare kausalitet, eller årsakssammenheng, brukes et deskriptivt design. Den siste utformingen beskrevet av Saunder et al. (2015) er evaluerende design, og benyttes i tilfeller der man ønsker å evaluere om et fenomen er verdifullt eller hvordan fenomenet fungerer (Saunders et al., 2015).

Hovedmålet med oppgaven er å kartlegge hvordan man kan beregne kostnadene av ulike behandlingsmetoder mot lakselus. Før vi utarbeidet en representativ modell var det vesentlig å få innsikt i hvilke behandlingstiltak mot lakselus som er kommersielt utbredt for lakseoppdrett i Norge, og å øke vår forståelse av lakseluseproblematikken. Vi måtte også kartlegge aktivitetene, og diskutere relevante kostnader og bundet kapital for ulike tiltak mot lakselus. Denne delen av arbeidet hadde et *deskriptivt* formål, fordi vi ønsket å tilegne oss kunnskap om behandlingene for å modellere hvordan kostnaden ser ut.

I kartleggingsarbeidet bemerket vi variasjoner i forskning på effektivitet, dødelighet og redusert tilvekst hos laksen. Det har vært nødvendig å gå bredt ut i søken etter forskningslitteratur, for å sikre at vi finner mest mulig relevant litteratur som er egnet til å besvare vår problemstilling. De ulike behandlingsmetodene har ulik grad av dokumentasjon, og det er også varierende kvalitet på dokumentasjonen. Dette har gjort det deskriptive arbeidet til en omfattende del av vår masteroppgave.

For å løse oppgavens problemstilling har det vært nødvendig med datainnsamling. I utførelsen av et forskningsprosjekt kan man velge å basere innhenting på kvalitativ eller kvantitativ metode, eller man kan gjøre en kombinasjon av disse (Saunders et al., 2015). Ofte kan datainnsamlingen foregå parallelt med analysen (Thagaard, 1998). Når man benytter seg av en kvantitativ metode, setter man tall på et fenomen som man ønsker å undersøke (Dalland, 2017). Lettere sagt er forskjellen mellom en kvantitativ og kvalitativ forskningsmetode bruken av numeriske og ikke-numeriske data (Saunders et al., 2015). I noen tilfeller kan det være vanskelig å kvantifisere det man ønsker å kartlegge; her vil en kvalitativ metode være fordelaktig (Dalland, 2017).

Fordi hovedfokuset i denne oppgaven er rettet mot hvordan vi kan beregne kostnadene av tiltakene mot lakselus, har vi benyttet en kvantitativ datainnsamling. Dette gi mulighet til å sammenligne tiltakene hver for seg, og derfor tjene formålet, som er å beregne og formidle kostnaden. Metoden tas også i bruk for å gi leseren en grunnleggende forståelse for lusebiologien og -stadiene, formelle krav knyttet til lakselus i lakseproduksjonen, og de operasjonelle prosessene for medikamentelle, medikamentfrie og forbyggende tiltak.

I oppgaven har vi utformet et rammeverk for å beregne de relevante alternativkostnadene. Målet med rammeverket er først og fremst å skape et årsak-og-virknings perspektiv, og å strukturere og illustrere hvilke faktorer som påvirker alternativkostnaden (se kapittel 3.5.2). Vi har benyttet vårt rammeverk for relevante alternativkostnader, og implementert dette i en

simuleringsmodell utviklet av Lundqvist og Solemdal, som de laget i forbindelse med deres masteroppgave (Lundqvist & Solemdal, 2018). Vi mener at deres masteroppgave har mange likhetstrekk med vår problemstilling, og at deres modell danner et godt grunnlag å bygge videre på. Vår beregningsmodell redegjøres for i kapittel 5.

3.3 Datakilder

Den innsamlede dataen til et forskningsprosjekt er enten primær- eller sekundærdata (Saunders, et al., 2015). Primærdata er data man selv samler inn fra respondenter. Fordelen med å benytte seg av primærdata er at det gir informasjon som er mer skreddersydd til det aktuelle forskningsprosjektet. Sekundærdata er data som er innhentet av andre, ofte til andre formål (Saunders, et al., 2015). Fordelen med sekundærdata er at man kan samle mye data på kort tid, hvilket kan gi stor nytteverdi med relativt lite innsats. Dette muliggjør undersøkelser som ellers ville krevd for mye ressurser for det aktuelle prosjektet. På den andre siden må en sikre at sekundærdataen som benyttes er relevant også for prosjektet en selv utfører (Saunders, et al., 2015).

På et tidlig stadium vurderte vi innhenting av primærdata fra enkelte oppdrettere i næringen. Etersom store deler av driftskostnadene for ulike tiltak allerede var kartlagt i offentlig tilgjengelige rapporter, vurderte vi det som mer hensiktsmessig å basere oppgaven på disse. Rapportene var omfattende, kvalitetssikret, og ga oss oversikt over hvilke kostnader som var relevante for vår problemstilling. De aktuelle rapportene er utført av fagpersoner som har større kunnskap enn oss om hvordan et oppdrettsanlegg faktisk driftes, i tillegg til at de har et bedre kontaktnettverk i oppdrettsnæringen enn hva vi har. Vi vurderte det derfor mest hensiktsmessig å benytte de aktuelle rapportene som grunnlag for vårt arbeid. Det er verdt å merke seg at forfatterne av de aktuelle rapportene understreker at deres kostnadsestimater i mange tilfeller er bygget på subjektive vurderinger, ettersom oppdretterne de har intervjuet i mange tilfeller oppga varierende kostnader og forutsetninger. Etersom vi vi fant tilstrekkelig data, med det vi vurderer til god nok kvalitet, vurderte vi det hensiktsmessig å basere oppgaven på sekundærdata.

3.3.1 Sekundærdata

Den sentrale delen i oppgaven er rettet mot hvordan vi kan beregne kostnaden for tiltak mot lakselus, med gitte forutsetninger og logiske forklaringer. For å kunne løse denne

problemstillingen, krevdes det tilstrekkelig innhenting av ulik informasjon for hvilke kostnader som påløper, og hvor mye kapital som bindes om de ulike tiltakene. Når en skal undersøke virkeligheten, er det viktig at det samles relevante og pålitelig data som kan dokumentere arbeidet (Johannesen et al., 2011). Det var hovedsakelig to sentrale utfordringer ved datainnsamling av sekundærdata: kartlegging av særkostnadene og beregning alternativkostnaden.

Forskningsdata for særkostnader ved tiltak

Rapportene fra Holan et al. (2017), Iversen et al. (2017) og Iversen et al. (2015) har svært viktige kilder for innsamling av kvantitative parametere for de relevante særkostnadene. Dataen innhentet i disse rapportene er hovedsakelig erfaringsdata og resultater av dybdeintervju. Herfra hentet vi grunnlagstall for kapitalkostnader, kapasitet og vedlikehold av tiltak. Vi har også vurdert hvorvidt kostnadene fortsatt fremstår som representative, og oppdatert enkelte kostnader til å bedre gjenspeile dagens kostnader. Dette gjorde vi ved hjelp av data fra Fiskedirektoratet og SSB (Fiskeridirektoratet, 2020b; Statistisk sentralbyrå, 2020).

Forskningsdata for alternativkostnaden til tapt produksjon

Vi fant det vi vurderer å være gode tilnærminger for særkostnadene, men alternativkostnadene fra kildene var ikke beregnet på hensiktsmessig vis for vår problemstilling. Vi har derfor innhentet data for effektivitet, dødelighet og tapt tilvekst for å kunne beregne alternativkostnader som er bedre egnet til å besvare vår problemstilling. I kapittel 4 redegjør vi for litteratursøket vi gjorde i den forbindelse. For å beregne alternativkostnaden av tapt tilvekst og dødelighet, har vi hentet inn tollverdien på laks som en tilnærming for prisen man kunne solgt fisken for i markedet.

3.4 Kvalitetsvurdering

For at vår undersøkelse skal kunne utlede et troverdig resultat må oppgaven holde høy kvalitet (Dalland, 2017). For å evaluere oppgavens kvalitet må vi vurdere i hvilken grad datamaterialet vi har benyttet innehar validitet og reliabilitet (Saunders et al., 2015). Det første begrepet har særlig betydning for relevans og gyldighet (Dalland, 2017). Med andre ord innebærer validitet i hvilken grad metodene vi benytter representerer problemstillingen på en riktig måte (Saunders et al., 2015). Det andre begrepet, reliabilitet, sier noe om oppgavens pålitelighet (Dalland, 2017), og dreier seg om hvor nøyaktig målingene har blitt gjort. Det sier også noe om i hvilken grad forskningen kan reproduseres, og få samme resultat. For eksempel vil målingene være

reliable dersom man får like resultater for hver gang. Det samme gjelder dersom man repliserer et forskningsprosjekt, og da oppnår tilsvarende resultat (Saunders et al., 2015).

3.4.1 Reliabilitet

Dataene vi har benyttet i vår utredning er enten publisert av anerkjente private og offentlige institusjoner, og/eller publisert i anerkjente tidsskrifter. Det underliggende kvalitetskravet for slike rapporter og forskningsartikler er en sikkerhetsmekanisme for å sikre reliable data (Saunders et al., 2015), men er ikke alene godt nok. Vi har derfor søkt å finne kilder som taler både for og imot de funnene vi har basert oppgaven videre på. I mange tilfeller sier kilder tilnærmet det samme, noe som styrker reliabiliteten til oppgaven vår.

Likevel er det i noen tilfeller lite publisert, konkluderende forskning på faktorer som er viktige for modellens validitet. Et viktig eksempel på dette er i hvilken grad gjentatte behandlinger påvirker fiskens dødelighet. Det finnes en rekke antagelser om at gjentatte behandlinger øker dødeligheten, men vi har ikke klart å finne noe forskning som måler effekten. Der vi ikke har funnet reliable kilder som måler effektene vi er ute etter, har vi som hovedregel valgt å ikke modellere effekten. Dersom vi har funnet få kilder som angir effekt, har vi i noen tilfeller gjort forsiktige estimater på effekten, basert på kildenes funn. Dette er gjort dersom vi vurderer at det å ikke modellere effekten vil svekke oppgaven mer enn det gjør å modellere effekten med usikre parametere.

Vi har vært enige om kriterier for hvilke data som er viktige, og innhentet data etter disse kriteriene. Slike vurderinger innebærer en viss subjektivitet, og ved replisering av dette prosjektet vil andre kunne konkludere annerledes. Oppgaven bygger i stor grad på konklusjoner basert på funn i sekundærkilder, og dersom andre sekundærkilder vurderes som mer hensiktsmessige av andre vil dette kunne ha stor påvirkning på deres resultat. Dersom man eksempelvis legger helt andre kostnader til grunn vil kostnadsbildet endres, og andre behandlingsmetoder vil kunne vurderes som mer effektive. Det samme gjelder for alle parametere i beregningsmodellen vår. Beregningsmodellen er laget på en slik måte at alle slike parametere er enkle å endre på, men våre funn er likevel svært avhengige av våre vurderinger av hvilke parameternivå som gir riktigst bilde. Det er sannsynlig at ved en eventuell replikasjon av vår masteroppgave ville andre datakilder kunnet bli lagt til grunn, og ville dermed gitt andre svar. Dette taler negativt for oppgavens reliabilitet.

3.4.2 Validitet

Det finnes flere måter å angripe validitet i datamaterialet (Saunders et al., 2015). I vår oppgave anser vi det som tilstrekkelig å vurdere dataens indre og ytre validitet. Indre validitet evaluerer prosjektets forskningsdesign og strategi, fremgangsmåte i måling av variabler og seleksjon av hvilke variabler som måles (Huitt et al., 1999). Prosjektet innehar en større grad av indre validitet dersom man kan utelukke alternative forklaringer til funnene som blir gjort. Når vi vurderer ytre validitet setter vi søkelys på i hvilken grad resultatene fra forskningsprosjektet er relevante for lignende studier (Saunders et al., 2015). Ytre validitet handler om å sette søkelys på resultatenes overførbarhet. I dette tilfelle vil det være relevant å kunne si noe om i hvilken grad våre funn vil være overførbare til oppdrettere i produksjonsområdene vi diskuterer.

Indre validitet

Med hensyn til indre validitet er det viktig å sikre riktig data for det vi ønsker å måle. I oppgaven er det hensiktsmessig å vurdere validiteten av kvantitative data for relevante kostnader. Som nevnt i kapittel 3.4.1 besluttet vi å innhente særkostnadene fra offentlig tilgjengelige rapporter for å belyse deler av problemsstillingen vår. Rapportene inneholder omfattende et tallmateriale, og gir et godt grunnlag for særkostnadene i modellen vår. Disse kostnadene vurderer vi til å ha høy grad av validitet. Samtidig anerkjenner vi at det er variasjon mellom oppdretteres praksis, og at ikke alle oppdrettere nødvendigvis vil kjenne seg igjen i kostnadene som er beskrevet. Det var også nødvendig å innhente data for å beregne alternativkostnader. Rammeverket vi presenterer i kapittel 3.5.2 illustrerer hvilken informasjon vi hadde behov for å innhente. Dette er hovedsakelig informasjon om effektivitet, dødelighet og tap av vekst. I litteratursøket fikk ble det identifisert mange ulike bekjempelsesmetoder mot lakselus, samt stor variasjon i forskningsfunnene som undersøker metodene. For å styrke oppgavens validitet var det derfor nødvendig å sammenligne ulike rapporter for de samme behandlingsmetodene, for så å kunne vurdere hvilke rapporter som fremlegger mest representative tall.

Ytre validitet

Siden det finnes en rekke metoder for å håndtereluseproblemet, er det hensiktsmessig å vite hvilke som er kommersielt utbredt i Norsk lakseoppdrett. Våre funn vil være lite representative for oppdrettere som benytter andre bekjempelsesstrategier enn de vi diskuterer, eller som har en ikke-kommersiell hensikt, som for eksempel forskningslokaliteter. Oppgaven vil være mest overførbar, og dermed mest egnet, som en del av beslutningsgrunnlaget for lakseoppdrettere

som driver til matproduksjon i produksjonsområdene langs norskekysten. Likevel er våre funn aggregert opp til å kunne si noe om produksjonsområdene generelt. Funnene vil derfor ikke nødvendigvis være representative for enhver oppdretter i området. Lokale forhold vil spille en viktig rolle for hvordan kostnadene knyttet til lusebekjempelse blir. Dersom vår beregningsmodells inndata tilpasses lokale forhold, vil tilsvarende analyser kunne gjøres mer overførbare for spesifikke oppdrettslokaliteter.

3.5 Konseptuelt rammeverk

Fordi hovedmålet i oppgaven er å beregne kostnader for tiltak mot lakselus, har vi brukt et rammeverk basert på beslutningsrelevante kostnader (Bjørnenak, 2019). Ikke alle kostnader er relevante for tiltakene, og kostnadene vil være avhengige av hvilke tiltak som velges. Dette delkapittelet vil derfor formidle viktige trekk som inngår i konseptet beslutningsrelevante kostnader. Vi vil først presentere særkostnader, og deretter alternativkostnader, før vi avslutningsvis presenterer kapitalkostnader og avkastningskrav. Sammen danner disse grunnlag for å beregne totale beslutningsrelevante kostnader.

3.5.1 Særkostnad

En særkostnad er en beslutningsrelevant kostnad som endrer seg som følge av en beslutning. Eksempelvis kan særkostnaden ved avlusningstiltak være den økte kostnaden tiltaket medfører; slik som vedlikeholdskostnader av avlusingsmaskin, lønn for medgått arbeidskraft, og frakt av maskineri. I de tilfeller hvor et tiltak krever økt kapitalbinding, vil også kapitalkostnader medgå i særkostnaden. Dette er i større eller mindre grad gjeldende for alle tiltakene som diskuteres i denne oppgaven, og kapitalkostnadene er derfor inkludert i særkostnader. Vi presenterer likevel konseptet kapitalkostnader separat i kapittel 3.5.3.

3.5.2 Alternativkostnad

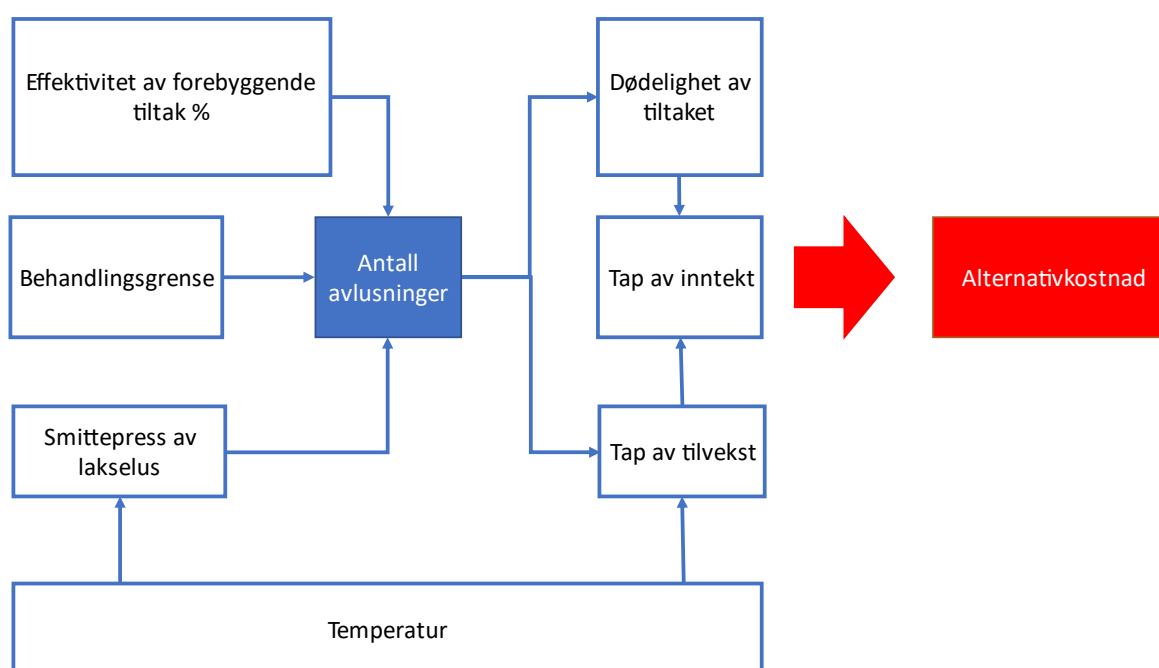
Alternativkostnaden er det bidraget til driftsinntektene som man går glipp av ved å ikke benytte en begrenset ressurs i det nest beste alternative bruk (Datar & Rajan, 2021). Dersom man har en begrenset ressurs og benytter det til det beste alternativet vil man altså gå glipp av inntektene man ville fått ved å benytte ressursen til det nest beste alternativet. Ved å se på dette tapet som en kostnad vil resultatet man kommer frem til være meravkastning sammenlignet med nest beste alternativ. Dette gjelder kun dersom alternativet er reelt i forhold til valget man tar. Hvis

en alternativet gir en veldig høy avkastning, men er et urealistisk alternativ, vil dette ikke kunne regnes som en alternativkostnad. For eksempel kan en oppdretter istedenfor å investere i avlusningstiltak heller bruke pengene på ekstra produksjonskapasitet. Dette er ikke et reelt alternativ ettersom formelle krav hindrer å øke produksjonskapasiteten (se kapittel 2.1). Alternativkostnad kan også være en form for særkostnad avhengig av valg man gjør, og hva man ønsker å måle (Bjørnenak, 2019). Ettersom vi ønsker å tydeliggjøre kostnadene utover utgiftene knyttet til avlusning skiller vi ut disse som alternativkostnader.

Rammeverket for alternativkost

I Figur 3 illustrerer vi alternativkostnaden for et gitt tiltak mot lus med et rammeverk. Dette er hensiktsmessig for å kartlegge hvilke parametere som definerer alternativkostnaden. Basert på våre antakelser vil alternativkostnaden være økt dødelighet av tiltaket og tap av tilvekst forårsaket av sulting.

Økt antall avlusninger avhenger av fire sentrale parametere: effektiviteten av forebyggende tiltak, behandlingsgrensen av lakselus, smittepress av lakselus og temperaturen i sjøen, noe som også påvirker tap av tilvekst. Tapet av inntekt tilsvarer mengde produksjon man kunne ellers solgt for gitt laksepris, og derfor er en reell alternativkostnad for tiltak mot lakselus. Dette kommer vi til å gå i dybden i vår beregningsmodell i kapittel 5.



Figur 3 - Alternativkostnad, illustrasjon.

3.5.3 Kapitalkostnader

Enkelte av tiltakene vi diskuterer i denne oppgaven krever relativt store investeringer, og vil derfor binde en stor mengde kapital. Bundet kapital medfører kapitalkostnader fordi kapitalen alternativt kunne vært anvendt på andre måter, og dermed skaffet inntekter (Bjørnenak, 2019). Kapitalkostnaden kan dekomponeres i to komponenter: avskrivninger og kalkulatorisk rentekostnad.

$$\text{Kapitalkostnad} = \text{avskrivninger} + \text{kalkulatorisk rentekostnad} \quad (1)$$

Avskrivninger utgjør kostnaden av eiendelers verditap, og skyldes hovedsakelig slitasje og utdatering av eiendeler ved tilkomst av ny teknologi (Harrison & Horngren, 2008). Dette gir eiendeler en begrenset økonomisk levetid, og man må fordele kapitalkostnadene utover den forventede økonomiske levetiden. Årlige avskrivninger representerer derfor beregnet verditap for den aktuelle eiendelen det aktuelle året.

Kalkulatorisk rentekostnader kan dekomponeres i kapitalbinding multiplisert med avkastningskrav (Bjørnenak, 2019). Kapitalbindingen er summen av aktiva knyttet til selskapet, og består av både varige driftsmidler og arbeidskapital. I denne oppgaven ser vi bort fra arbeidskapital, fordi det i betydelig grad vil være selskapsspesifikt og derfor vanskelig å beregne ved hjelp av vår generelle tilnærming. Kapitalbindingen reduseres med avskrivningen. Avkastningskravet presenteres i kapittel 3.5.4, og er en form for risikokompensasjon. Avkastningskravet oppgis som en prosentsats. Kalkulatorisk rentekostnad er kompensasjon for den kapitalen man har bundet opp i den aktuelle eiendelen, og er en form for alternativkostnad. For denne oppgavens formål er det lite hensiktsmessig å dekomponere kapitalkostnaden i avskrivninger (særkost) og kalkulatorisk rentekostnader (alternativkostnad), og den behandles derfor under ett som særkostnad.

For å beregne kapitalkostnadene benytter vi metoden nominell annuitet. Nominell annuitet er godt egnet i tilfeller hvor man antar jevn kontantstrøm, men ser bort fra effekter ved prisstigning (Bjørnenak, 2019). Fordi vi antar jevn produksjon for lakseoppdretteren, med en jevn kontantstrøm, og fordi vi kun studerer kostnader for én laksegenerasjon (omkring 20 måneder), vurderes denne metoden som godt egnet. Nominelle annuiteter gir en jevn belastning av kapitalkostnader for hele eiendelens levetid, men med ulik fordeling av avskrivninger og kalkulatoriske rentekostnader hver periode.

3.5.4 Avkastningskravet – risikokompensasjon

Avkastningskravet er et uttrykk for alternativkostnaden for kapital (Bjørnenak, 2019). Fordi kapital er en begrenset ressurs vil kapital alltid ha en alternativ, og gjerne verdifull, anvendelse. Avkastningskravet er kompensasjonen man krever for å benytte kapital til den aktuelle anvendelsen fremfor et alternativ (Gjesdal & Johnsen, 1999).

Totalavkastningskravet

Å fastsette alternativkostnaden for kapital er likevel ikke enkelt. Det første steget er å beregne et totalt avkastningskrav uavhengig av hvordan kapitalbindingen er finansiert (Bjørnenak, 2019). Ved hjelp av kapitalverdimodellen kan vi finne både avkastningskravet for gjeld og egenkapital, og deretter vekte andelen av gjeld og egenkapital i forhold til total kapital.

$$r_T = r_E * \frac{EK}{EK + Gjeld} + r_G * \frac{Gjeld}{EK + Gjeld} \quad (2)$$

Dette gjøres normalt på bedriftsnivå i en virksomhet, og det kan være vanskelig å fastsette en miks for hver enkelt eiendel (Bjørnenak, 2019). I vår oppgave antar vi at virksomheten er 100% egenkapitalfinansiert, og ser derfor bort fra avkastningskrav for gjeld. Dette er en nyttig antagelse fordi vurderingen av virksomhetens finansiering gjøres på selskapsnivå, og vår oppgave søker ikke å belyse kostnader for et spesifikt selskap.

Avkastningskravet i forhold til ulike risiko

Avkastningskravet er kompensasjon for tid, inflasjon og risiko (Bøhren & Gjerum, 2015). Kompensasjon av tid er kompensasjon for at eier utsetter sitt konsum. Kompensasjon for inflasjon er kompensasjonen for prisstigning som forekommer i den tiden eier utsetter sitt konsum, og dette tas hensyn til når man beregner reelle avkastningskrav. Fordi vi analyser en laksegenerasjon som strekker seg over relativt kort tid (omkring 20 måneder), er inflasjonskostnaden lite relevant. Investor må også kompenseres for risikokostnaden det medfører å investere i et prosjekt med ukjente fremtidige kontantstrømmer (Bøhren & Gjerum, 2015). For å vurdere risikoen til investeringen må vi skille mellom systematisk og usystematisk risiko. Usystematisk risiko er en spesifikk risiko, og en veldiversifisert investor diversifiserer bort usystematisk risiko ved å spre kapital utover ulike investeringer. Systematisk risiko vil være relevant også for en veldiversifisert eier. I vår oppgave tar vi utgangspunkt i en veldiversifisert investor, og benytter følgelig *kapitalverdimodellen* (KVM) for å beregne avkastningskrav.

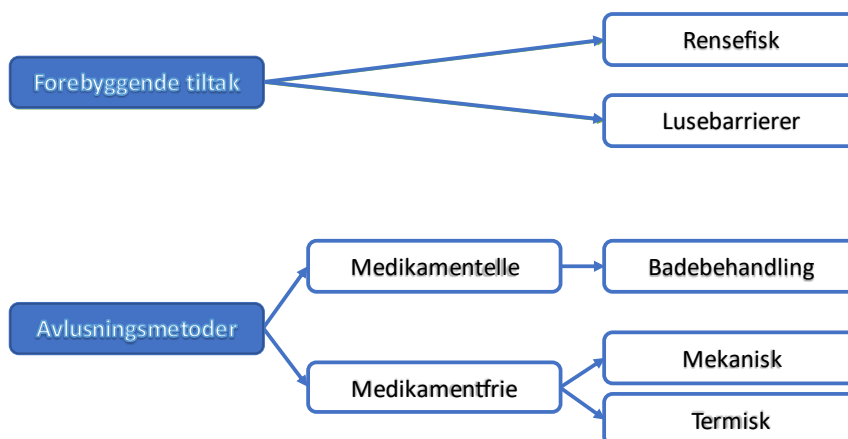
Kapitalverdimodellen (KVM)

KVM tar utgangspunkt i at en investor har mulighet til å allokere sine ressurser mellom risikofrie aktiva (r_f) og aksjefond med risiko (r_m) (Gjesdal & Johnsen, 1999), som er vist i formel 3. Det risikoholdige aksjefondet representerer en portefølje bestående av børsens totalindeks, og det risikofrie aktivumet representerer en mellomlang plassering i statsobligasjoner (Gjesdal & Johnsen, 1999). Den siste komponenten er kalt beta (β), og representerer den systematiske risikoen for et gitt prosjekt.

$$r = r_f + (r_m - r_f) * \beta \tag{3}$$

4. Tiltak mot lakselus – et litteratursøk

Det er en rekke ulike metoder for å håndtere lakselusproblematikken. I vår oppgave sorterer vi tiltak som diskuteres enten som forebyggende tiltak, medikamentell avlusning eller medikamentfri avlusning. Vi benytter avlusning som



Figur 4 - Kategorisering av behandlingstiltak. Figur utviklet fra (Iversen et al., 2017)

uttrykk for tiltak som utføres for å redusere bestanden av lakselus, noe som typisk gjøres når lusebestanden er over tillatt grense.. Forebyggende tiltak er langtidsvirkende tiltak som er mer eller mindre kontinuerlige. Det kan argumenteres for at rensefisk er et kontinuerlige avlusningstiltak, ikke et forebyggende tiltak, men i denne oppgaven sorteres metoden under forebyggende tiltak.

I dette kapittelet gjør vi rede for vårt litteratursøk som ble utført for å identifisere ulike studier som ser på effektivitet, dødelighet og tap på vekst. Dette gjøres fordi vi ønsker å kvalitetssikre verdier som senere vil inngå som parametere i modelleringen, og for å tilegne oss kunnskap om problematikk knyttet til lakselus. Oppgaven inkluderer kun tiltak som er kommersielt utbredt og forsket på. Vi inkluderer derfor rensefisk, lusebarrierer, badbehandling med hydrogenperoksid og mekanisk og termisk avlusning. Vi ekskluderer tiltak som er mer eksperimentelle eller lite utbredt, som for eksempel snorkelmerd, strømgjerde, nedsenkbar merd og luse laser.

Fôr kan også benyttes som tiltak mot lakselus, men ekskluderes fra vår oppgave. Medikamentelt fôr er ikke like utbredt i dag som det var tidligere, ettersom lakselusen har utviklet resistens mot en del virkestoffer (se kapittel 4.3.2). Funksjonelt fôr er en samlebetegnelse for fôr som har til hensikt å forebygge luseproblematikken. Tidligere ble funksjonelt fôr hovedsakelig benyttet for å øke laksens resistens mot lakselus, men i dag er det utviklet til å også innebærer fôr som styrker fiskens forsvarssystemer og for å hente igjen svekket vekst (Iversen et al., 2017). I rapporten til Iversen et al. (2017) fant de at den største kostnadsøkningen i lakseoppdrett skyldes økte fôrkostnader. Prisen per kilo var høyere enn

tidligere og kunne forklares mest av svak kronekurs (2014 - 2016), men også av at man gradvis gikk over til dyrere fôr. At oppdrettere bruker mer penger på funksjonelt fôr for å kompensere tapet på tilvekst, kan være et argument for å inkludere i oppgaven. Ettersom mesteparten av undersøkelsene av nyere type fôr er finansiert av industriaktører (Holan et al., 2017), er det mangel på forskningsdata vi anser som reliable. Effekten av funksjonelt fôr er med andre ord målt i det vi anser som tilfredsstillende grad, og vi ekskluderer det derfor fra vår oppgave.

Vi vil i dette kapittelet gå systematisk gjennom tiltakene vist i Figur 4, men vi vil først presentere metodikken vi har benyttet i vårt litteratursøk.

4.1 Metodikk for litteratursøk

For å skape best mulig forståelse for hvordan lakselus skaper problemer for lakseoppdrettere, og for å bedre egen forståelse av de ulike behandlingsmetodene, har vi utført flere semistrukturerte litteratursøk. For behandlingsmetodene har vi i hovedsak vært interessert i målt effektivitet, men også hvorvidt tiltakene har en målbar effekt på laksen i form av dødelighet og tapt tilvekst.

Arbeidet med å finne litteratur for hvert behandlingstiltak har vært semistrukturert. For hvert tiltak har vi benyttet «Google Scholar»-søk med variasjoner av tiltakets navn, både på norsk og engelsk. I tillegg har vi inkludert søkeord som «laks», «lus», «effektivitet» og «dødelighet» i kombinasjon, også disse på norsk og engelsk. En viktig kilde til ytterligere litteratur har vært referanser i litteraturen vi har funnet via søkemotoren.

For å kunne inkludere litteraturen har vi hatt krav om høy vitenskapelig kvalitet. Videre må litteraturen være relevant for vårt formål. Det finnes mye litteratur på laks og lakselus, men for mange behandlingstiltak er det lite forskningslitteratur som måler effektivitet og dødelighet. Søk i litteraturen tyder også på at effektivitet og dødelighet endres over tid, som resultat av resistens hos lusen og teknologisk utvikling. Vi har derfor hatt et ønske om å benytte litteratur av så ny dato som mulig.

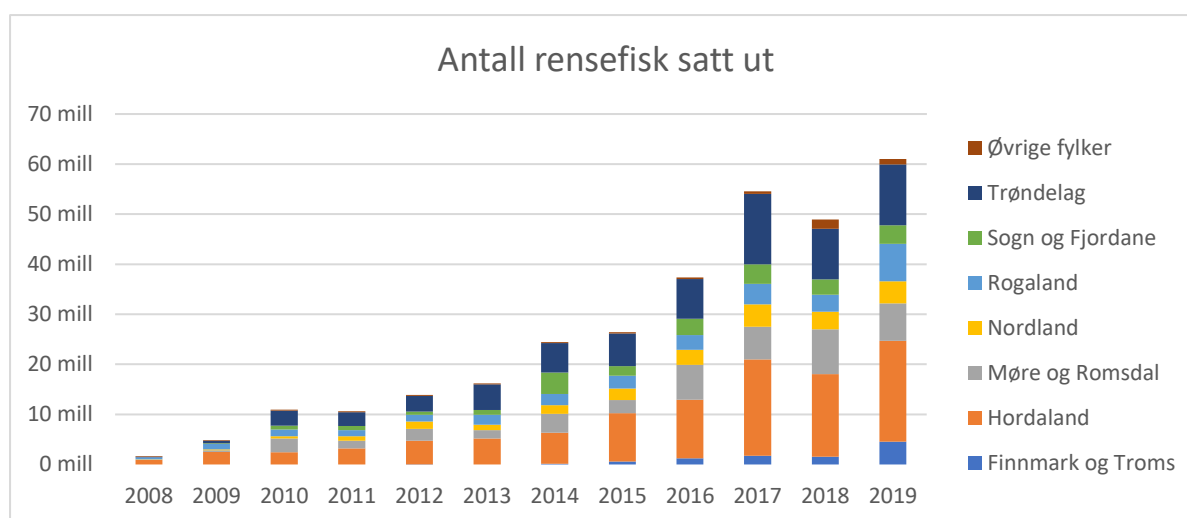
Søket har gitt oss en bred grunnforståelse av problematikken knyttet til lakselus for lakseoppdrettere. De funnene som er viktigst videre i oppgaven er presentert i tabeller i hvert tiltaks delkapittel. Litteraturen som presenteres i disse tabellene er funn som måler effektivitet og/eller dødelighet, og som er av relativt ny dato. Kilder utover dette refereres til løpende i teksten.

4.2 Forebyggende tiltak

Å forebygge betyr at man utfører noe som bidrar til å hindre eller begrense en uønsket utvikling (NAOB). I vår oppgave vil dette handle om å hindre lusene i å utvikle seg og beite på fisken. I første del av kapittelet formidles to forebyggende tiltak; rensefisk og luseskjørt. Videre diskuteres ulike studier som ser på effektivitet, dødelighet og vekst.

4.2.1 Rensefisk

Rensefisk er en samlebetegnelse på fisk som settes ut sammen med laksen med den hensikt å spise lakselus, og slik holde lakselusbestanden nede. Det finnes ulike arter av rensefisk. Mest brukt i Norge er bergnebb, grønngylt og rognkjeks, men det finnes også en rekke andre arter som benyttes til formålet. I denne oppgaven vil vi behandle rensefisk under ett, uten videre spesifisering av art. Bruken av rensefisk har økt betraktelig de siste årene, og antall rensefisk i norske anlegg har mer enn doblet seg fra 2015 til 2019 (Fiskeridirektoratet, Oppdatert 29-10-2020/2020). Fangst og oppdrett av rensefisk har blitt en næring i seg selv, og det ble i 2019 satt ut rensefisk for 1,3 milliarder kroner i norske oppdrettsanlegg (Misund & Sæteren, 2021).



Figur 5 - Utsett av rensefisk. Kilde: (Fiskeridirektoratet, Oppdatert 29-10-2020/2020)

Effektiviteten av rensefisk

Det ble i 2020 publisert en litteraturstudie hvor dokumentert effekt av rensefisk ble undersøkt (Overton et al., 2020). Studien fant et vidt spenn i beregnet effektivitet, med funn fra 28% økning av lakselusbestanden i den behandlede merden, til 100% reduksjon. Det blir påpekt at de aller fleste studiene er utført enten på små testlokaliteter eller i små tanker, og at drift på

kommersielt nivå ikke nødvendigvis vil gi sammenlignbart. De store kommersielle merdene er dypere, større og ofte utsatt for andre strømforhold enn det testlokalitetene er.

Generelt har studier av mindre anlegg også kortere tidshorisont, og er typisk ikke utført i temperaturer man kan forvente på vinterstid (Overton et al., 2020). Dette er problematisk fordi merdene som brukes i oppdrett står ute i et vidt spenn av temperaturer, og ulike arter viser ulik effektivitet i ulike temperaturer (Geitung et al., 2020; Overton et al., 2020). I tillegg benyttes det typisk en kombinasjon av ulike arter i en merd. Disse kombinasjonene varierer mellom lokaliteter, og gjør det vanskelig å studere effekten av én art. Videre er forholdet mellom rensefisk og laks sentralt for observert effektivitet, og det er ingen enighet om hva som er det ideelle blandingsforholdet. Dette skyldes tilsynelatende manglende forskning på området, heller enn varierende resultater.

Dødelighet og tap av vekst

I vårt arbeid har vi ikke funnet noe som tyder på at laksen lider noen negative konsekvenser som følge av at rensefisk tilføres merden.

Det råder imidlertid konsensus om at rensefisken ikke trives i merdene. Mattilsynet rapporterer om dødelighet på over 40%, og avvik fra regelverket knyttet til rensefisk hos 28% av matfiskanleggene kontrollert i forbindelse med rensefiskkampanjen de utførte i 2018/2019 (Mattilsynet, 2020). Samtidig melder de om at dødeligheten av rensefisk antagelig er underrapportert, da det ikke er pålagt å rapportere om antall rensefisk ved slutten av en laksegenerasjon. Rømte rensefisk fanges dermed ikke opp av tallmateriale.

Fokuset i denne oppgaven er ikke på fiskehelse eller etiske dilemmaer rundt dette, men det er ikke tvil om at den høye dødeligheten som forekommer blant rensefisk er en reell kostnad for lakseoppdretterne. Vår tilnærming for å tallfeste dette i kroner er at dødeligheten allerede er innbakt i mengden rensefisk oppdretteren kjøper, og at det derfor er tatt hensyn til i statistikken for utsett av rensefisk.

4.2.2 Luseskjørt

Den mest utbredte formen for barriereteknologi i oppdrett er luseskjørt. Barriereteknologi er designet for å hindre lakselusen i å komme inn i merden. Slik kan man hindre laksen i å bli infestert av lus, samtidig som laksen lever relativt upåvirket. Etersom lusen tiltrekkes av lys er det høyest konsentrasjon i de øverste meterne av vannsøylen, i det som kalles lusesjiktet

(Bui et al., 2020). Det er derfor tilstrekkelig å dekke til en del av merden for å holde lusen ute. Dybden på luseskjørtene varierer typisk mellom 5 og 10 meter (Holan et al., 2017).

Det utvikles også andre former for lusebarrierer, hvor nedsenket merd og snorkelmerd er de som har kommet lengst i utviklingen. Tanken bak disse er å senke hele merden under lusesjiktet, og slik unngå luseinfestasjon. Luseskjørt er, så langt vi har funnet ut, den eneste formen for lusebarriere som er kommersialisert, og er derfor den eneste barriereteknologien vi setter søkelys på i vår oppgave. Bruk av luseskjørt er ikke rapporteringspliktig, og vi har derfor ikke tilgang på gode tall for utbredelse. Vi finner likevel indikasjoner på at luseskjørt er i bruk i betydelig skala (Ervik, 2021; Volent et al., 2019).

Siden lusen har høyest konsentrasjon i lusesjiktet, monteres luseskjørtet på den øvre delen av merden (Stien et al., 2018). Det finnes hovedsakelig to utbredte typer skjørt: planktonskjørt og tette skjørt. Forskjellen på disse to ligger i materialet skjørtet er laget av (se Appendiks A -). Materialene har ulik rivestyrke, som kan påvirke skjørtets økonomiske levetid, samt kostnader av vedlikehold og utskifting (Iversen et al., 2017).

Effektiviten til luseskjørt

Forskning tilsier at luseskjørt har en forebyggende effekt ved å redusere tilkomsten av lus, men at effektiviteten varierer. Noen finner at luseskjørt kan redusere antall lus med ca. 70-80% (Lind, 2015; Næs et al., 2012; Stien et al., 2018). Andre finner effektivitet på ca. 50% (Johansen, 2014; Midtlyng et al., 2019; Næs et al., 2014). Forskingen til Grøntvedt et al. viser en ukentlig effektivitet på planktonskjørt på 30% (Grøntvedt et al., 2018).

Det er mange faktorer som påvirker effektiviteten til luseskjørt. Forskning viser at effektiviteten er spesielt avhengig av lys, temperatur, groe, størrelse, strømning og værforhold (Holan et al., 2017; Lien et al., 2014; Næs et al., 2014; Stien et al., 2018). De to første rettes mot luseintensiteten ved lokaliteten, mens resten er effekter knyttet til skjørtets utforming og vedlikehold av dette.

Luseskjørt fungerer tilsynelatende best i sommerhalvåret, ettersom stabil temperatur og sterkere lys bidrar å holde lusen nær overflaten (Holan et al., 2017). Når temperaturen minker ved vinterstid, vil overflatevannet være kjølt ned og synke på grunn av økt tetthet. Dette bidrar til at tykkelsen på lusesjiktet er større om vinteren enn om sommeren, og luseskjørtene er ikke nødvendigvis lenger tilstrekkelig dype til å blokkere lusen ute (Holan et al., 2017). Mer stabil temperatur gir mindre vertikal bevegelse i vannet og færre lus som går under skjørtet (Holan

et al., 2017). Dette finner også Stien et al. (2018) i sin forskning. Basert på observasjonsperiode i sommerstid (juni, juli og august) fant de større effektivitet i august, men lavere effektivitet i juli og i juni. De konkluderte med at luseskjørt kunne være mindre gunstig på vinterstid, og at man burde vurdere å bruke skjørt avhengig av sesong (Stien et al., 2018).

En annen faktor som påvirker luseskjørtets effektivitet skjørtets dybde. Forskningen til Næs et al. (2014) fant at både 6 og 10 meters dype skjørt hadde en signifikant blokkeringseffekt, men konkluderte med at 10 meter var det mest effektive. Dette skjørtet ga en gjennomsnittlig reduksjon i antall fastsittende lus på 49%, mens 6 meter dype skjørt hadde målt effekt på 28% (Næs et al., 2014).

Luseskjørt er krevende å vedlikeholde (Ervik, 2021). Uten tilstrekkelig vedlikehold vil effektiviteten reduseres grunnet dårlig overlapp mellom endene, samt at hull og skader gir åpninger som lusen kan komme gjennom (Grøntvedt & Kristoffersen, 2015). Groe kan redusere gjennomstrømningen i planktonskjørt, og derfor gi dårligere vannmiljø. For å håndtere disse problemene vil det være behov for å bytte skjørt 2-3 ganger i løpet av en produksjonssyklus (Holan et al., 2017).

Skjørtets effektivitet avhenger også av strømmingene i havet, ved at skjørt kan bli presset oppover og bli deformert av sterke strømminger (se Appendiks A -. Dersom skjørtet dras oppover vil den effektive dybden bli vesentlig redusert, og lusen kan passere under (Lien et al., 2014). Videre kan ulik vanntetthet innen- og utenfor merden resultere i vakuumeffekt innenfor skjørtet, som gjør at merden deformeres til en timeglassform (Frank et al., 2014; Misund et al., 2020; Volent et al., 2020).

Ettersom de ulike forskningsprosjektene rapporterer svært varierende effektivitet, er det vanskelig å si eksakt hvor mye av lusetilkomsten som blokkeres av luseskjørt. I tillegg er mesteparten av forskningen er gjort på lokaliteter i Nord-Norge, og det er ikke gitt at funn fra Nord-Norge kan overføres til andre deler av landet. Tilsynelatende vil effektiviteten variere med observasjonsperiode, ettersom forskningsfunn som baseres på korte perioder generelt har høyere effektivitet enn forskning over lengre perioder (se Tabell 2). I tillegg ser vi at noen forskningsfunn basert på korte perioder også fokuserer på observasjonsperiode i sommerstid, hvor lusepresset er høyest (se kapittel 5.2.2). Det er ikke gitt at observert effektivitet på sommeren vil være representativ også for andre årstider.

Dødelighet og tap av vekst med luseskjørt

Vi finner ingen kilder som påviser økt dødelighet ved bruk av luseskjørt (Lind, 2015; Næs et al., 2012; Stien et al., 2018). Det er imidlertid en risiko for skade på fisken grunnet deformering av skjørt, forårsaket av strømminger (Lien et al., 2014; Stien et al., 2018). Basert på Iversen et al. (2017) og Holan et al. (2017) sine antakelser, antar vi at dødelighet knyttet til slike hendelser er minimal.

Når det gjelder tapt tilvekst som konsekvens av bruk av luseskjørt er det usikkert om dette er et problem. Volent et al. (2019) og Stein et al. (2018) rapporterer om redusert tilvekst ved bruk av skjørt, mens annen forskning ikke finner denne effekten (Næs et al., 2012). Ifølge Bergheim kan tap på vekst forekomme ved bruk av luseskjørt, og mener at man kan løse dette med å tilføre oksygen (Bergheim, 2018). Vi skal derfor gå nærmere gjennom to sentrale deler som påvirker tilveksten til laksen: redusert oksygenmetning og blokkering av vannstrømning.

Oksygenmetning

Den største utfordringen ved å satse på luseskjørt, er redusert oksygenmetningen (Stien et al., 2018). Forskning indikerer at det kan være en sammenheng mellom lavt oksygennivå og redusert appetitt, noe som vil resultere i redusert tilvekst (Oppedal et al., 2011). Jo høyere temperaturen er, desto mer oksygen trenger fisken. At skjørt reduserer oksygenmetningen vil derfor være en større utfordring i sommerhalvåret (Remen et al., 2013; Remen et al., 2016).

På et kommersielt nivå er det uklart om skjørt faktisk reduserer tilveksten til fisken. Volent et al. (2019) utførte en spørreundersøkelse hvor de undersøkte hvilke påvirkninger luseskjørt hadde på fisken ved en rekke lokaliteter. Her kom det frem at noen lokaliteter hadde problemer med appetitt og tilvekst hos fisken, mens andre ikke hadde denne typen problemer. Spesielt aktører i sør hadde denne typen utfordringer, mens de i Midt- og Nord-Norge generelt ikke rapporterte om dette. Forskningen til (Næs et al., 2012) fant ingen forskjell mellom merd som var utstyrt med og uten luseskjørt. Forskning sier at redusert oksygenmetning kan tilføre lav fiskevelferd og vekst, og må derfor tas i betraktning (Oppedal et al., 2011; Remen et al., 2016).

Tette skjørt (se ord og uttrykk) er en annen skjørtetype enn planktonskjørt, og er tettere enn sistnevnte. Tette skjørt blokkerer derfor oksygen ute i større grad, og vil derfor være mer utsatt for problemer med oksygenmetning (Stien et al., 2012). Stien et al. (2012) brukte 3 meter tette skjørt i en 157 meters merd, hvor oksygenmetningen innenfor skjørtet sank ned til 50 % i løpet av to dager. Dette resulterte i at de avsluttet testingen etter dag 3. Overflatetemperaturen var rundt 15 °C, mens temperaturen på 20 meters dyp var 8 °C. Mye av fisken oppholdt seg nær

overflaten innenfor skjørtet, mest sannsynlig fordi temperaturen var nærmest fiskens foretrukne temperatur. Temperatur kan påvirke forskningsresultater, og kan være en forklaring på ulike konklusjoner knyttet til lav oksygenmetning (Lind, 2015; Næs et al., 2014). Resultatene kan også forklares på grunn av typen luseskjørt som benyttes, ettersom noen bruker *tette skjørt* og andre *planktonskjørt*. Midtlyng et al. (2019) benyttet en oksyngenerator for å kompensere for den lave oksygenmetning i tette skjørt, men fant ingen effekt på tilvekst som resultat av dette. Det er med andre ord vanskelig å finne et estimat på tap i vekst, da det er lite forskning som klarer å tallfeste veksttapet i kommersiell skala.

Blokkering av vannstrømning

Oppdrett som benytter luseskjørt, opplever også at fisken får en dårligere gjellehelse (Volent et al., 2020). Gjellehelse anses som kritisk i forhold til hvor lett fisken blir stresset, og hvor godt den spiser (Veterinærinstituttet, 2020a). Dette problemet ble oppdaget spesielt ved skjørt som var strømutsett. Siden fisken også har behov for strømning, kan det gi økt stressnivå og tap på tilvekst dersom skjørt blokkerer for mye av vannstrømningen. I likhet med oksygenmetning estimerer ingen av forskningsartiklene vi har funnet effekten den reduserte vannstrømningen har på fiskens vekst.

Tabell 2 - Litteratursøk for luseskjørt

Referanse	Periode	Lokasjon	Observasjoner	Funn
<i>Stien et al. (2018)</i>	23. mai - 7. sep.	Antall: 1 Sted: Ingelsfjord (Nord-Norge)	Totalt: 6 3 med/3 uten	Effektivitet: 82 % Stor variasjon. Størst i august. Dødelighet: Ikke signifikant Vekst: ikke målt
<i>Lind (2015)</i>	Periode 1: 23. apr - 7. sep Periode 2: 1. okt - 1. nov	Antall: 1 Sted: Hadsel (Nord-Norge).	Totalt: 6 3 med/3 uten	Effektivitet: 86% Betydelig effekt i perioder med høyt lusepress. Dødelighet: Ikke signifikant Vekst: Ikke målt
<i>Grøntvedt et al. (2018)</i>	Ulike 11-21 ukers perioder i 2012–2014.	Antall: 5 (6 oppdrettsanlegg) Sted: Nord-Norge	Totalt: 49 11 med 10 m, 12 med 8 m, 26 uten	Effektivitet: 30% Dødelighet: Ikke målt Vekst: Ikke målt
<i>Næs et al. (2012)</i>	Mai - des 2011	Antall: 1 Sted: Fornes (Nord-Norge)	Totalt: 6 3 med/3 uten	Effektivitet: ca 70 % Dødelighet: Ikke signifikant Vekst: Ikke signifikant
<i>Næs et al (2014)</i>	Periode: Ulike perioder fra høst 2012 til høst 2013	Antall: 5 Sted: Nord-Norge	Totalt: 35 15 med 6 m, 3 med 10 m, 15 uten (+ observasjoner som ikke målte effektivitet)	Effektivitet: 49% (10m), 28% (6m) Dødelighet: Ikke målt Vekst: Ikke målt
<i>Midtlyng et al. (2017)</i>	Periode: Høst 2017 - vår 2019.	Antall: 4 Sted: Midt-Norge	Totalt: 14 4 med 5m, 3 med 8m, 7 uten (+ observasjoner som ikke målte effektivitet)	Effektivitet: 50% for høstutslipp, ikke signifikant for vårutslipp Dødelighet: Ikke signifikant Vekst: Ikke signifikant

4.3 Avlusingstiltak

Dersom lusebestanden kommer over tillatt grense, må oppdretter igangsette avlusingstiltak. Det finnes ulike metoder for avlusing, og det er opp til oppdretter å velge metode. I dette kapitlet presenterer vi de avlusingstiltakene som er vanligst i Norge i dag. Vi presenterer kort hvordan tiltakene fungerer, og hvilke dokumenterte effekt de ulike tiltakene har. Før vi går inn på de konkrete tiltakene, presenterer vi hvordan vi har funnet de aktuelle dødelighetstallene, og hvordan vi vil håndtere problematikken knyttet til tapt tilvekst i denne oppgaven.

Dødelighet for behandlinger

Walde et al. (2021) har gjort beregninger for observert dødelighet for ulike behandlingsformer, basert på datasett fra tre store aktører innen lakseoppdrett. Her har de beregnet observert økt dødelighet i etterkant av ulike behandlingsformer sammenlignet med dødeligheten i uken før behandlingen fant sted. Vi velger å benytte deres beregnede dødelighetsrate for 14 dager etter behandling for behandlinger utført i 2017. Grunnen til dette valget er at det observeres en avtakende dødelighetstrend for ulike behandlingsformer (Overton et al., 2019; Walde et al., 2021). 2017 er det siste året hvor Walde et al. har hatt datagrunnlag for laks i alle størrelser, slik at vi vurderer denne dødelighetsraten som mest representativ. Den observerte avtagende dødelighetstrenden kan trolig forklares med at oppdretterne blir flinkere til å velge behandlingsformer etter fiskens forutsetninger, samt at behandlingsformene utvikles for å være mer skånsomme mot fisken. Det ville derfor være interessant med beregninger basert på tallgrunnlag av enda nyere dato, men dette har vi ikke lyktes med å finne.

Tapt tilvekst som konsekvens av behandlinger

Alle de ulike behandlingsformene som benyttes i dag krever en viss grad av håndtering av laksen. Graden av håndtering avhenger noe av metoden som benyttes. Badbehandlinger og behandling med hydrogenperoksid kan gjøres i merden, men det forutsetter at oppdretter skaper trengsel. Dette gjøres ved å samle all laksen fra merden i en «presenning» eller i en brønnbåt. Her får laksen mye mindre vann å svømme i. Den reduserte vannmengden betyr også at oppdretter får betydelig mindre vann som må behandles, samt bedre kontroll på dosering. Denne trengselen fører til stress for fisken, og kan trolig forklare en del av dødeligheten knyttet til behandlingsformene. Dersom behandlingen utføres på båt eller flåte må fisken gjennom mer håndtering. Det finnes litt ulike teknologier for håndteringen, men generelt må laksen gjennom ulike former for trengsel, spyling og pumping som del av behandlingen.

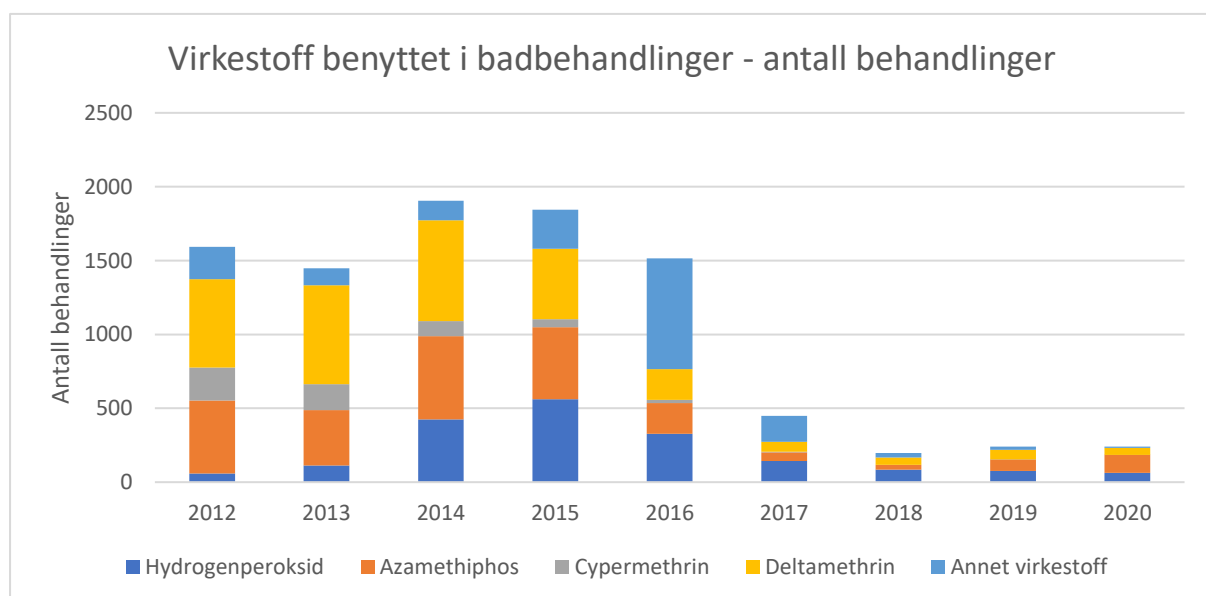
For at laksen bedre skal tåle håndteringen og stresset den utsettes for i forbindelse med de ulike behandlingsformene blir den sultet før behandlinger som innebærer håndtering. Som konsekvens av at fisken sultes vil den slutte å vokse i en periode. Det rapporteres om at fisken i en periode etter behandling kan ha redusert eller ingen appetitt, noe som også vil være med å bidra til redusert vekst (Iversen et al., 2017).

4.3.2 Medikamentelle tiltak

Tradisjonelt har medikamentelle tiltak vært den mest utbredte formen for avlusing. Bruken av medikamentelle tiltak har imidlertid blitt kraftig redusert etter 2016. Skiftet i behandlingsstrategi kom som en direkte konsekvens av at lusen utviklet resistens og/eller redusert følsomhet ovenfor de ulike medikamentene. Likevel benyttes medikamenter i noen grad ennå, til tross for at det fortsatt vises klare tegn til resistens i lusebestanden (Jensen et al., 2020).

Badbehandling

Badbehandling er en samlebetegnelse for behandling hvor man lar fisken svømme i vann tilsatt medikament i en gitt tid før fisken igjen får svømme i sjøvann. Dette kan enten gjøres ved å dekke merden med en presenning, tømme ut en del vann og for så å tilsette anbefalt dose av kjemikalet, eventuelt pumpe fiskene over i en brønnbåt hvor fisken behandles (Volent et al., 2017). Det er ulike kjemikalier som blir distribuert ved badbehandling, men samlet sett har bruken blitt kraftig redusert siden toppen i 2014, som vist i Figur 6. Den sterkt økende trenden fra 2012-2015 skyldes at lakselusen utviklet resistens mot medikamentene, som igjen førte til økt bruk. Som tidligere nevnt har man nå hovedsakelig gått over til medikamentfrie avlusingsmetoder (Litleskare, 2020). I denne oppgaven vil vi fokusere på hydrogenperoksid, som er det mest utbredte virkestoffet i medikamentelle badbehandlinger de siste årene, ettersom dette er et virkestoff det i liten grad er påvist resistens mot (Sommerset et al., 2021). I tillegg benyttes hydrogenperoksid som behandling mot amøbegjellesykdom, slik at ikke alle behandlinger som gjøres med hydrogenperoksid er avlusningstiltak.



Figur 6 - Virkestoff benyttet i badbehandling 2012-2020. Kilde: Barentswatch (2021b).

Effektiviteten av behandlingen

De ulike medikamentene som benyttes i badbehandling har nokså like virkemåter. Alle medikamentene lammer og/eller dreper lusen slik at den slipper fisken, og man må derfor filtrere vannet laksen har blitt behandlet i. Medikamentene har lav eller ingen effekt på lus i larvestadiet, men har effekt på lus i øvrige stadier. Vårt fokus er, som tidligere nevnt, på hydrogenperoksid, og videre beskrivelser omhandler derfor dette virkestoffet. Gifteffekten, og dermed også effektiviteten av badbehandling, øker med konsentrasjon, temperatur og varighet av behandlingen, men kun til et gitt nivå (Overton et al., 2019). Etterhvert vil effektiviteten avta, mens dødelighet for laksen vil fortsette å øke (Overton et al., 2018).

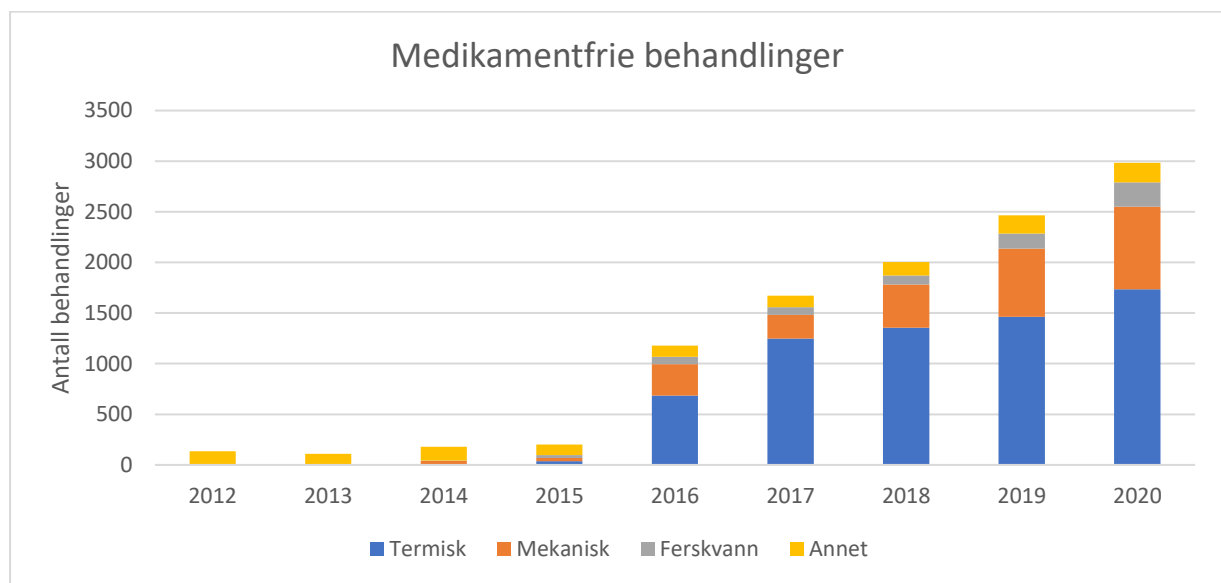
Eldre forskning finner en effektivitet på mellom 85-100% (Thomassen, 1993). Dette samsvarer godt med nyere forskning på temaet (Overton et al., 2018). Effektiviteten av hydrogenperoksid vil, i tillegg til tidligere nevnte faktorer, avhenge av lusens resistensnivå. Det er interessant å merke seg at selv om det i 2015 ble meldt om begynnende resistensproblematikk (Helgesen et al., 2015), ser ikke dette ut til å ha fått en signifikant effekt for hydrogenperoksid (Overton et al., 2018) sammenlignet med tidlig forskning på temaet. Resistensproblematikken varierer imidlertid mellom produksjonsområder (Sommerset et al., 2021).

Tabell 3 - Litteratursøk, hydrogenperoksid

Referanse	Tidsperiode	Antall (vekt)	Effektivitet
Overton et al. (2018)	Utydelig. Trolig 2017/18	420 (335g)	Bevegelige: 95-98% Voksne hunner: 95-98% Fastsittende: Ikke est.
Thomassen (1993)	Ikke kjent	Ikke kjent	Bevegelige: 85-100% Voksne hunner: 85-100% Fastsittende: Varierende

4.3.3 Medikamentfrie tiltak

Den betydelige økningen man har observert i bruk av medikamentfrie tiltak skyldes, som nevnt i 4.3.2 om medikamentelle tiltak, at man oppdaget resistens mot medikamentene som ble brukt. Utviklingen og utbredelsen av medikamentfrie tiltak har gått fort. I 2015 var det tilnærmet ingen bruk av medikamentfrie tiltak, mens det i 2017 ble utført flere medikamentfrie enn medikamentelle tiltak. Ettersom termisk og mekanisk avlusning er de klart mest utbredte medikamentfrie behandlingene er det disse vi setter søkelys på i denne oppgaven.



Figur 7 - Antall medikamentfrie behandlinger. Kilde: Sommerset et al. (2021)

Mekanisk avlusning

Mekanisk avlusning består av ulike former for fysisk fjerning av lus fra huden på laksen. I dag er det tre forskjellige metoder som brukes: vannspyling, turbulent vannstrøm og en kombinasjon av både vannspyling og fysisk børstning (Veterinærinstituttet, 2020a). I vår oppgave omtaler vi disse tre metodene under ett.

Felles for metodene er at laksen først må utsettes for trengsel (se kapittel 4.3), enten i merd eller i brønnbåt, før de pumpes gjennom et avlusningssystem og tilbake til merd. Som nevnt benyttes ulike former for børsting og spyling for å fjerne lusen. Avlusningsmetoden tar ikke livet av lusen, men løser den fra vertsfisken. Ettersom lusen ikke er død er det viktig at alt vann filtreres før det slippes tilbake i sjøen slik at lusen ikke på nytt fester seg på laksen (Gismervik et al., 2017).

Mekanisk avlusning fører til problemer knyttet til fiskehelsen i etterkant av behandlingen. De største utfordringene er knyttet til skjelltap og gjelleblødning (Erikson et al., 2018; Gismervik et al., 2017). Spesielt gjelleblødning knyttes til økte dødelighet blant laksen. Det viser seg at større laksefisk får større utfordringer knyttet til gjelleblødning, og at økt fiskevekt derfor fører til økt dødelighet (Gismervik et al., 2017).

I vårt litteratursøk for å finne stoff knyttet til mekanisk avlusning, har vi endt opp med kun to artikler vi har vurdert å være relevante. Dette begrunnes med relativt rask videreutvikling av teknologien, slik at eldre studier fort blir lite representative både når det gjelder effektivitet og dødelighet. Generelt er det lite publisert forskning på mekanisk avlusning.

Tabell 4 - Litteratursøk, mekanisk avlusning

Referanse	Tidsperiode	Antall (vekt)	Effektivitet
Gismervik et al. (2017)	5 uker (2 uker før, 3 uker etter behandling). Sesong: ukjent	A: 118 534 (ca. 4,6 kg) B: 145 657 (ca. 2kg) C: 145 723 (ca. 2kg)	Bevegelige: 81-100% Voksne hunner: 76-91% Fastsittende: Ikke est.
Erikson et al. (2018)	Periodevis fra høst 2016 til sommer 2018. Primært vinterstid.	85 000 - 180 000 (2,7 - 4,1 kg) 6 ulike lokaliteter på kommersiell skala.	Bevegelige: 78-95% Voksne hunner: 55-92% Fastsittende*: 73-83% * I de fleste tilfeller målt til "ikke signifikant"

Termisk avlusning

Laks kan overleve i vann med temperatur opp til 34°C i en kortere periode. Lakselus har en tilnærmet lik temperaturterskel, men tåler temperaturen i mye kortere tid (Grøntvedt, 2015; Roth, 2016). Når lakselusen utsettes for høy temperatur i en periode på 20-30, sekunder lammes den og slipper laksen. I termisk avlusning blir derfor laks tatt ut av merden, utsatt for vann med vesentlig høyere temperatur enn sjøtemperaturen, spylt og sluppet tilbake i merden, eventuelt over i en annen merd. Også for termisk avlusning er det viktig at vannet som er benyttet i behandlingen filtreres før det slippes ut i havet igjen, slik at lakselusen ikke får anledning til å igjen feste seg til laksen.

Forskning viser at temperaturer fra og med 28°C ikke er i tråd med god dyrevelferd for laksen (Nilsson et al., 2019). Mattilsynet vurderer derfor hvorvidt termisk avlusning skal være lovlig. Foreløpig er vurderingen at å redusere bruken av termisk avlusning ikke vil føre til bedre

fiskehelse totalt sett, og termisk behandling med temperaturer til og med 34°C er derfor tillatt (Mattilsynet, 2019).

Effektiviteten til termisk behandling avhenger av sjøtemperaturen så vel som vannet som benyttes i behandlingen. Ved riktig tilpasning av behandlingstid og -temperatur, kan man oppnå opptil 100% effekt på bevegelige lakselus, mens effekten på festede lakselus er liten eller ingen (Grøntvedt, 2015; Roth, 2016). Utviklingen av teknologien skjer hurtig, men etter at teknologien har fått nødvendig tillatelse for drift, publiseres det lite forskning på metodene. Rapportene vi har funnet for termisk behandling er fra 2015 og 2016, og det er grunn til å tro at teknologien er forbedret siden den gang. For å illustrere dette poenget refererer begge rapportene til endringer gjort på den undersøkte teknologien mellom forsøkene i rapportperioden, som for begge strekker seg over omkring et halvt år.

Opplevd dødelighet som følge av termisk behandling er varierende. I Havforskningsinstituttets risikorapport for norsk fiskeoppdrett fra 2018 vises det til forøkning av dødelighet i mellom 18 og 32% av tilfellene avhengig av temperatur (Grefsrud, 2018). Overton et al. (2019) finner at termisk avlusing er den avlusingsmetoden som er knyttet til størst grad av økt dødelighet. De definerer økt dødelighet som en økt dødelighet på minst ett prosentpoengs økning fra måneden før behandling til måneden med behandling. Utsagnet betyr altså at termisk avlusing er behandlingsformen hvor man i flest tilfeller kan forvente økt dødelighet, men ikke nødvendigvis at det er behandlingsformen hvor man forventer flest døde fisk. Det trekkes videre frem at en rekke faktorer er viktig for graden av dødelighet, spesielt fiskens helsetilstand, fiskens størrelse og vanntemperatur.

Tabell 5 - Litteratursøk, termisk avlusing

Referanse	Tidsperiode	Antall (vekt)	Effektivitet
Roth (2016)	Behandlinger fra april til september 2016.	Ca 25 000 - 200 000 (1-2,6kg) 8 ulike lokaliteter	Bevegelige: 90-100% Voksne hunner: 90-100% Fastsittende: Ikke est.
Grøntvedt et al. (2015)	Behandlinger f.o.m. november 2014 t.o.m. mars 2015.	Ca. 45 000 - 125 000 (omkring 2-2,5 kg) 4 ulike lokaliteter	Bevegelige: 75-100% Voksne hunner: 75-100% Fastsittende: Ikke est.

4.4 Litteratursøket oppsummert

Generelt kan man si at det er betydelig usikkerhet knyttet til effektiviteten til de ulike tiltakene, både for effektivitet og for dødelighet. Dette er fordi effektiviteten avhenger av faktorer som temperatur og fiskens generelle helsetilstand, men også fordi det mangler forskning, spesielt på de nyere behandlingstiltakene. Veterinærinstituttet er for tiden i gang med prosjektet «LuseKontroll», hvor de søker å tette kunnskapshullene knyttet til håndtering av luseproblematikken (Veterinærinstituttet, 2020b). Bedre kunnskap om disse faktorene vil danne et viktig beslutningsgrunnlag for aktører som skal velge avlusingsmetode, og ville vært svært nyttig for å sikre validiteten av våre beregninger og analyser.

5. Redegjørelse for beregningsmodell

For å kunne sammenligne ulike behandlingsmetoder er det behov for et verktøy som kan beregne kostnader knyttet til de ulike behandlingstiltakene gjennom en produksjonssyklus. Til dette har vi benyttet en beregningsmodell. I dette kapitlet vil vi gå igjennom hvordan modellen er bygget opp og hvilke parametere som ligger til grunn for alle beregnede behandlingsstrategier, men tar ikke for oss noen av behandlingsmetodene. I kapittel 6.1 og 6.2 går vi igjennom hvilke parametere som ligger til grunn for de ulike behandlingsmetodene og analyserer beregninger gjort med modellen. Først vil vi presentere modellens utforming.

5.1 Modellens utforming

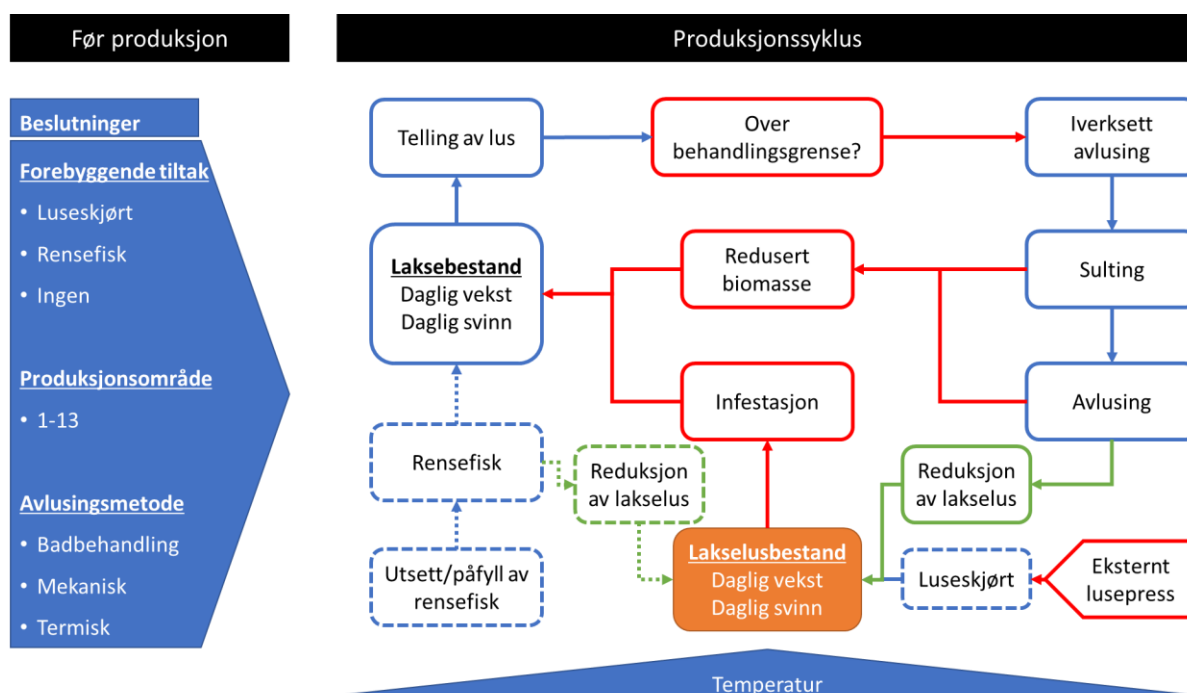
For å utvikle denne modellen har vi tatt utgangspunkt i en simuleringsmodell utviklet av Lundqvist og Solemdal i forbindelse med deres masteroppgave i 2018 (Lundqvist & Solemdal, 2018). Lundqvist og Solemdal undersøkte hvordan tilpassede behandlingsgrenser, ulike tidspunkt for utsett av smolt og ulik vekt på smolt ved utsett påvirker kostnadene for en spesifikk, reell lokalitet. De undersøkte effekter ved termisk avlusning med og uten bruk av rensefisk.

En av de største endringene vi gjør med modellen er å endre den fra en stokastisk modell til en deterministisk modell. Med det menes at vi har en gitt temperatur og smittepress for produksjonsområder og gitt effektivitet og dødelighet for behandlingsformene, mens Lundqvist og Solemdal anga intervaller hvor modellen tilfeldig valgte f.eks. effektivitet i angitt intervall. Dette vil si at vår modell vil gi samme resultat hver gang den kjøres, mens deres modell ga varierende resultat. For vårt formål er dette mer hensiktsmessig fordi vi ønsker å sammenligne behandlingsstrategier med gitte forutsetninger for effektivitet og dødelighet. Det er viktig å bemerke at dette ikke betyr at våre resultat er riktigere eller at det er mindre usikkerhet knyttet til våre resultater.

I tillegg har vi gjort modellen i stand til å håndtere ulike sammensetninger av behandlingsstrategier. Vår modell beregner kostnader for ulike kombinasjoner av termisk, mekanisk og badbehandling for avlusning, samt med og uten forebyggende tiltak i form av luseskjørt eller rensefisk. Vi beregner alle de ni ulike behandlingsstrategiene for de 13 produksjonsområdene.

Ved å gjøre dette ønsker vi både å lage en modell som undersøker flere ulike behandlingsmetoder, og å undersøke hvordan forventede kostnader kan variere i de ulike produksjonsområdene i Norge. I det følgende vil vi gjøre rede for forutsetningene som ligger til grunn for vår modell. Vi vil i 5.2 gå igjennom generelle parametere som ligger til grunn for modellen, før vi i kapittel 5.3 redegjør for hvordan vi beregner kostnader knyttet til tapt produksjon som resultat av avlusinger.

5.1.1 Illustrasjon av beregningsmodell



Figur 8 - Illustrasjon av beregningsmodell

Figur 8 er en illustrasjon av beregningsmodellen. Til venstre i illustrasjonen er det en før-produksjonsprosess hvor valgene som gjøres før produksjonssyklusen starter er presentert. Slik vi benytter modellen er dette valg av forebyggende tiltak, avlusingsmetode og produksjonsområde. Når disse valgene er tatt kjøres en produksjonssyklus for hver av behandlingsstrategiene i hvert produksjonsområde.

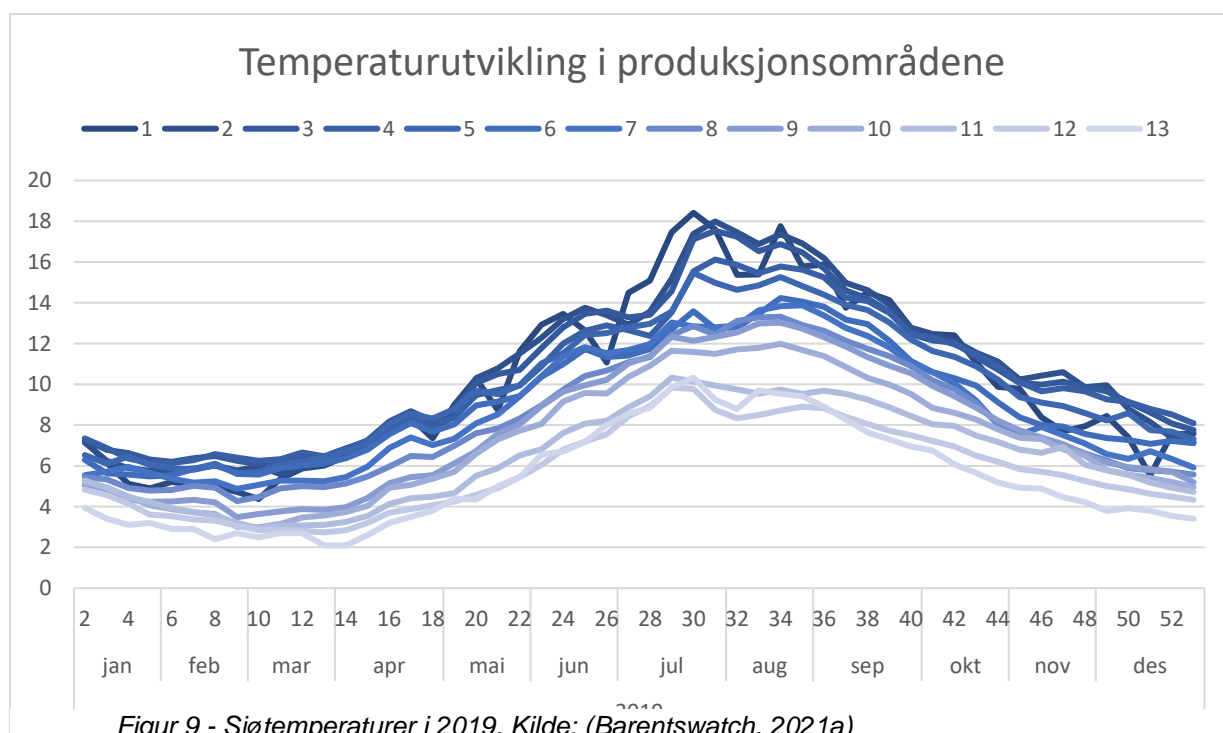
Illustrasjonen viser hvordan ulike elementer interagerer med andre elementer i modellen. Forebyggende tiltak og piler tilhørende tiltakene har stiplede piler og bokser. Dette for å tydeliggjøre at de ikke er felles for alle kjøringene. Dersom en lusetelling er over behandlingsgrensen, starter prosessen med å iverksette avlusing.

5.2 Viktige parametere i modellen

For å kunne gjøre beregningene vi skal gjøre i modellen må det ligge en rekke parametere til grunn. I dette delkapittelet skal vi gjøre rede for parameterne som ligger til grunn for alle beregningene uavhengig av behandlingsstrategi, mens vi i kapittel 6.1 og 6.2 gjør rede for parameterne for de ulike behandlingsformene.

5.2.1 Temperatur

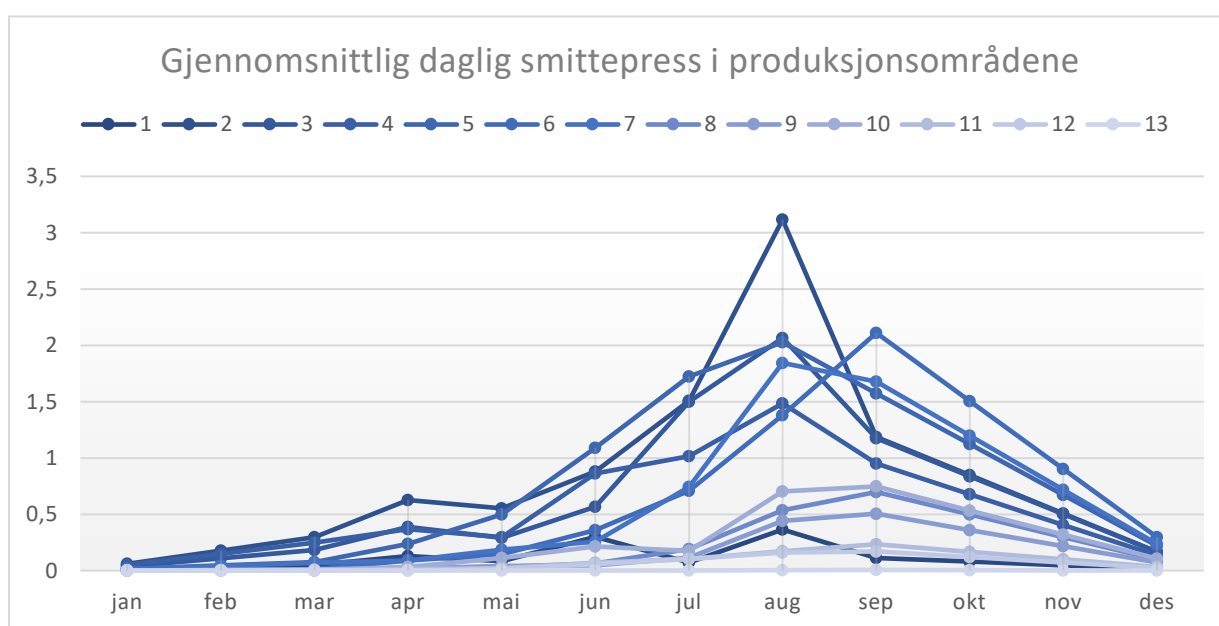
Som grunnlag for temperaturen i hvert produksjonsområde har vi valgt å beregne gjennomsnittlig rapportert temperatur i for alle lokalitetene i produksjonsområdene. Når lokalitetene rapporterer lakselustellingene sine rapporterer de også målt sjøtemperatur, og det er disse dataene våre beregninger er gjort på. Ved å gjøre dette mister vi det lokale fokuset på ett oppdrettsanlegg som Lindqvist og Solemdal hadde i sin utredning. Vi mener vår tilnærming er bedre egnet for å fortelle noe generelt om produksjonsområdet, hvilket er vårt mål. Generelt kan man si at jo lenger nord produksjonsområdet ligger, desto lavere er forventet temperatur i området. Dette er viktig informasjon fordi temperatur er en viktig forklaringsvariabel for å forklare vekst både hos lakselusen og hos laksen.



5.2.2 Lakselus – tilkomst og vekst

For å modellere ekstern tilkomst av lakselus har Havforskningsinstituttet utviklet en hydrodynamisk spredningsmodell (Sandvik et al., 2017). Her deles norskekysten inn i områder på 800x800 meter, og det beregnes smittepress for hvert område. Smittepresset beregnes som antall smittsomme lakseluslarver per m² i disse 800x800 meterne. For å gjøre dette benytter modellen en kombinasjon av lusedata fra oppdrettsanleggene, miljøinformasjon og en hydrodynamisk strømmodell. Modellen brukes så til å beregne konsentrasjonen av smittsom lakselus, før den kalibreres mot faktiske observasjoner. Resultatene publiseres på www.lakselus.no og gir en oversikt over forekomsten av lakselus i Norge. Vi hentet ut beregnet smittepress for alle aktive havbaserte oppdrettsanlegg for matfisk (Sandvik et al., 2020). For å tydeliggjøre i teksten at vi med smittepress mener smitte av lakselus benytter vi i mange tilfeller uttrykket lusepress.

For å gjøre tallgrunnlaget mest mulig representativt for hvert produksjonsområde har vi beregnet daglig median smittepress for alle oppdrettslokalitetene i et produksjonsområde. Dette gjorde vi ved å først hente ut en 3x3 matrise for områdene rundt hver lokalitet, fjernet eventuelle deler av matrisen som ligger på land, for så å beregne median smittepress i matrisen. Matrisen består av en 800mx800m rute i hver retning ut fra lokaliteten. Dette anses som mest representativt for lokalitetens opplevde smittepress (Sandvik, A.D., personlig kommunikasjon, mai 2021). Deretter beregnet vi daglig median smittepress for de 13 ulike områdene basert på lokalitetene i områdets median smittepress den dagen.



Figur 10 - Smittepress for lakseluslarver i 2019. Kilde: Sandvik et al. (2020)

En utfordring med de publiserte smittepressdataene er at de kun publiseres for 1. april til 30. august. For resten av året har vi antatt et lineært fall fra nivået 30. august til et nivå på 0 den 31. desember, og så en lineær stigning fra et nivå på 0 den 1. januar opp til nivået 1. april. Denne antagelsen virker som en rimelig tilnærming, gitt «Antall lakseluslarver i produksjonsområdet» vist på www.lakselus.no, hvor man kan se antall lakseluslarver i hvert produksjonsområde for perioden 21/3-18 til 26/12-18. Vår antagelse er en forenkling av virkeligheten, men siden vi ikke har reell data i perioden å evaluere funnene mot fremstår det som en rimelig antagelse. Denne antagelsen er med på å svekke oppgavens validitet.

Videre antas det at alle larvene fra det ukentlige smittepresset vil overleve lenge nok til å feste seg. Hvordan lus fra smittepresset fester seg er ukjent, og dette er derfor en antagelse. Realiteten er at man opplever episoder med svært høye forekomster av smitte og at man utover dette vet lite om hvor mange av lusene som festes på fisk (Asplin, L., personlig kommunikasjon, mai 2021).

Lakselusens vekst beregnes ut fra modellen og parameterne funnet av Stien et al. (2005) og er identisk med metoden benyttet av Lindqvist og Solemdal (2018). Parameterne som ble funnet er oppsummert i Tabell 6 og modellen er vist i formel 4. I formelen er $\tau(T)$ minste utviklingstid for et gitt stadium i temperatur T målt i celsius. $\bar{\tau}_{CH}$ og $\bar{\tau}_{PA}$ er estimert minste utviklingstid for henholdsvis chalimus og pre-adult stadiene til lakselusen (se 2.2 for forklaring på de ulike stadiene). De to betaene er estimert i Stien et al. (2005) basert på data, hvor β_2^{-2} er gjennomsnittlig τ for 10°C. Modellen modellerer antall fastsittende lus, kjønnsmodne hunnlus og andre bevegelige lus.

$$\bar{\tau}(T) = \left[\frac{\beta_1}{T - 10 + \beta_1 \beta_2} \right]^2 \quad (4)$$

UTVIKLINGSTID	β_1	β_2
$\bar{\tau}_{CHf}$	74,70	0,246
$\bar{\tau}_{PAf}$	67,47	0,177

Tabell 6 - Estimerte parameterverdier

5.2.3 Behandlingsgrense

Behandlingsgrense vil si når man velger å igangsette behandling. Vi velger å ha denne stabil på gjeldende lovgitte lusegrensen i det aktuelle området. Oppdretterne kan velge å ha en strengere behandlingsstrategi enn dette, og det er verdt å merke seg at Lindqvist og Solemdal (2018) viste at det kan være mer gunstig å velge en annen behandlingsgrense enn den vi har valgt her. Kragesteen et al. (2019) fant at lusenivået er en form for allmenningens tragedie, og at optimal behandlingsgrense avhenger av om man fokuserer på en enkelt lokalitet eller på alle lokalitetene i nærområdet. Hva som er optimal behandlingsgrense vil også avhenge av eksterne forhold som smittepress og temperatur i området. Vårt valg om å ha en statisk strategi for behandlingsgrense grunnis med at totale kostnader for andre valg skal være mest mulig sammenlignbare å tvers av områder. Optimal behandlingsgrense er en interessant diskusjon, men som ligger utenfor denne oppgavens omfang.

5.2.4 Tilvekst av laks

Det er en rekke faktorer som påvirker lakseveksten, og disse faktorene vil variere mellom ulike produksjonsområder og også mellom lokalitetene innad i produksjonsområdet. Eksempler på faktorer som spiller inn er fôrkvalitet, fôrmengde, sultedager, temperatur og daglengde. Faktorer vi ikke eksplisitt forklarer hvordan vi modellerer holdes lik mellom de ulike produksjonsområdene.

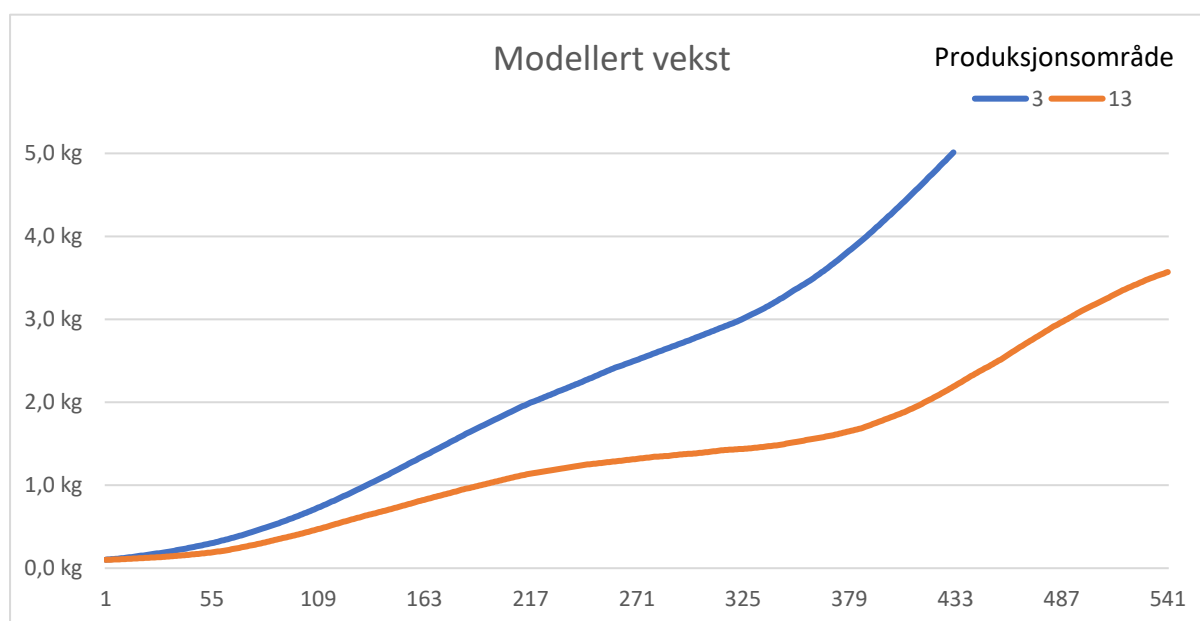
Den finnes ulike metoder for å beregne tilvekst. De to vanligste er Specific Growth Rate (SGR) og Thermal Growth Coefficient (TGC). SGR er den vanligste av de to, og benytter vekt og temperatur som forklaringsvariabler for tilvekst. SGR beregnes som et forhold mellom endring i vekt og endring i tid. Når man har kartlagt SGR for et område kan man benytte SGR til å predikere fremtidig vekt. Fôrprodusenten Skretting publiserte i 2012 en tabell med beregnet SGR for atlantisk laks etter dimensjonene vekt og temperatur (Skretting, 2012). Dette er den ferskeste tabellen av denne typen vi kan finne for norsk atlantisk laks. Denne tabellen er lagt til grunn for beregning av vekst i modellen vår. Tabellen er den samme for alle lokaliteter. Det ville være bedre å ha en tabell tilpasset lokale forhold som lys og valg av fôr, men vi mener likevel at dette er en fornuftig tilnærming ettersom temperatur og fiskens vekt anses som de viktigste faktorene for å forklare tilvekst.

Videre tas det høyde for dødelighet som ikke knyttes direkte opp mot behandlinger. Veterinærinstituttet (2021) har beregnet årlig dødelighet for norsk produksjon fra og med 2016

til og med 2020. Dødeligheten har variert mellom 14,8% og 16,2%. Gjennomsnittet for årene er 15,4%. Disse beregningene skiller ikke ut forhøyet dødelighet i en periode etter behandlinger, og vi trekker derfor fra litt for å kompensere for dette, ettersom vi har modellert inn dette i dødelighetsraten knyttet til behandlingene. Vi mener at en dødelighet på 12% i løpet av en produksjonssyklus er representativt, men dette er et usikkert estimat. Dette gir, gitt en produksjonssyklus på 18 måneder, en daglig dødelighet på 0,022%.

Vi setter i utgangspunktet en produksjonssyklus til å være 540 dager, eller omkring 18 måneder (30*18). Dette samsvarer godt med hvor lang tid laksen bruker på å nå 4,5 kg uten behandlinger i noen områder, men ettersom veksten er avhengig av temperatur vil ikke dette være sant for alle områder. Figur 11 viser modellert vekst i produksjonsområde 3 og 13. Her ser vi at mens laks i produksjonsområde 3 når 5 kg etter omkring 430 dager, når laksen i produksjonsområde 13 kun i overkant av 3,5 kg i løpet av produksjonssyklusen.

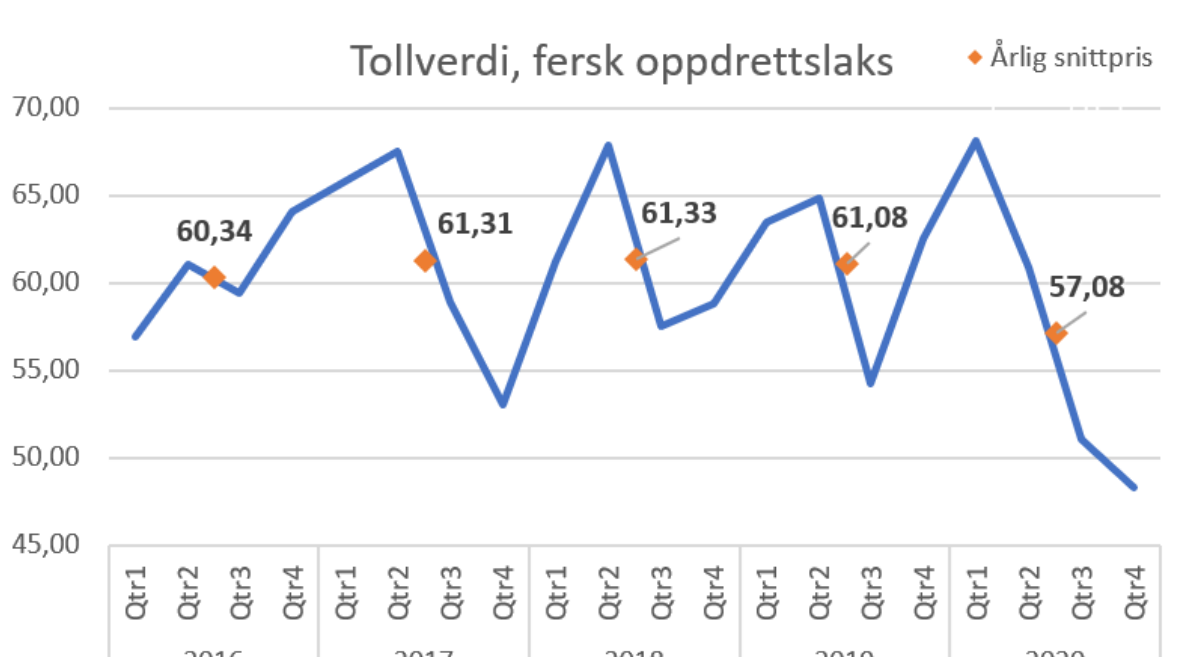
I tillegg er alle lokaliteter i sjø pålagt 2 måneder brakklegging mellom produksjonssykluser etter akvakulturdriftsforskriften § 40 (Akvakulturdriftsforskriften, 2008). Vi regner derfor en generasjon til å ta 20 måneder.



Figur 11 - Modellert laksevekst i område 3 og 13.

5.2.5 Salgspris

Salgsprisen oppdretter kan oppnå for laks er varierende. Prisen varierer med tilgjengelighet og etterspørsel og bærer preg av sesongvariasjoner. For å finne historisk salgspris har vi benyttet eksporttall fra SSB (Statistisk sentralbyrå, 2021a). Verdien i SSB sine tall er laksens verdi ved grensen, og inkluderer derfor frakt og terminalkostnader. Vi benytter verdier for fersk, nedkjølt oppdrettslaks. Dette er gjennomsnittspriser for all nedkjølt (ikke frosset) eksportert oppdrettslaks, og er ikke klassifisert i ulike vektclasser. Generelt er det slik at større laks også oppnår høyere kilopris. Den mest omsatte laksestørrelsen er imidlertid 4-5 kg (MOWI, 2020), og gjennomsnittstallene bør derfor være relativt representative for vår slaktevekt på 5 kg. I Figur 12 kan vi se at årlig gjennomsnittlig tollverdi varierte mellom 60,34 og 61,33 kroner i årene 2016-2019, og verdien i 2020 falt til 57,08. Det antas at fallet skyldes koronapandemien som preget verden i 2020 og at prisene kommer til å stige når hoteller, restauranter og catering når et mer normalt aktivitetsnivå (Berglihn & Furuset, 2020; Furuset, 2020). I vår modell benytter vi derfor salgspris på 60 kroner per kilo.



Figur 12 - Tollverdier av fersk oppdrettslaks 2016-2020. Kilde: Statistisk sentralbyrå (2021a)

5.2.6 Avkastningskrav

Kapittelet skal formidle antakelsen som inngår i avkastningskravet for bindende kapital ved gitt tiltak mot lakselus. Dette gjøres i det kapitalkostnaden er en relevant kostnad i vår problemstilling, og skal inkluderes i vår modell.

Risikofri rente

Den første biten av avkastningskravet – den risikofrie renten - skal kompensere for risikofrie investeringsmuligheter. For å finne den risikofrie renten har vi tatt i bruk en 10-års statsobligasjon fra Oslo børs. Grunnen til det er fordi vi ønsker å ta utgangspunkt av alternativkostnaden på lengre tidsperspektiv. Vi antar at driften av oppdrettsanlegget vil foregå i lang tid (30+ år), og derfor vil det være mest riktig å benytte seg av statsobligasjoner med en lang levetid. Vi benytter årsgjennomsnitt av daglige noteringer av 10-årige statsobligasjoner, som oppgis å være 0,82% (Norges Bank, 2020).

Risikopremie

Risikopremien tilsvare meravkastningen av hva investor krever på en diversifisert portefølje (markedet) i forhold til risikofri rente. For at vi skal finne en fornuftig risikopremie har vi benyttet oss av pwc (2020) sin rapport. Her viser de nivået på markedsrisikopremie i det norske markedet for 2020, og ligger på 5,0 %.

Beta

Beta-verdier for aksjer er mål på i hvilken grad aksjeverdien svinger i takt med markedet. En beta-verdi på 1 vil si at aksjeverdien beveger seg identisk med markedet, mens en beta-verdi lavere enn 1 vil si at aksjeverdien svinger mindre enn markedet svinger. Motsatt vil en beta-verdi høyere enn 1 si at aksjeverdien svinger mer enn markedet. Beta-verdien avhenger av hvordan selskapet er finansiert, ettersom gjeld innebærer et element av risiko som ikke er relevant for egenkapital. Unlevered-beta er en beta-verdi hvor man måler forretningsverden uten innvirkning fra gjeld (Ganti, 2021).

Som en tilnærming for å finne beta-verdi for oppdrettsnæringen har vi funnet data for noen av de største selskapene som driver med lakseoppdrett og som omsettes på Oslo Børs. Markedsverdien har vi hentet inn ved hjelp av Stocks-datatypen innebygget i Excel, som henter data fra Refinitiv. Unlevered beta-verdier har vi hentet fra www.infrontanalytics.com. Siste nedlastning av data er gjort 14.05.2021 for begge kilder. Vektet Beta er beregnet gjennomsnitt vektet etter markedsverdien, og er på 0,62, som oppsummert i Tabell 7.

Selskap	Markedsverdi (i millioner kr)	Beta Unlevered 3 år
Austevoll Seafood ASA	22 400	0,74
Grieg Seafood ASA	9 870	0,73
Leroy Seafood Group ASA	46 959	0,71
Mowi ASA	111 282	0,63
Norway Royal Salmon ASA	8 758	0,51
Nts ASA	10 711	0,28
P/F Bakkafrost	41 731	0,75
SalMar ASA	67 935	0,49
	Vektet Beta	0,62

Tabell 7 - 3-årig unlevered beta-verdier for børsnoterte oppdrettsselskap.

Kapitalverdimodellen

I det vi antar at en oppdretter er egenkapitalfinansiert og veldiversifisert, bruker vi kapitalverdimodellen til å beregne avkastningskravet på bundet kapital. Avkastningskravet vi beregner er nominelt avkastningskrav for total kapital før skatt. Skattesats per 2021 er 22% (Finansdepartementet, 2020).

$$r = r_f + (r_m - r_f) * \beta \quad (5)$$

Fordi vi får oppgitt verdiene etter skatt, må vi tilpasse formelen ved å dele på en minus skattesats:

$$r = \frac{0,82\% * (1 - 0,22) + 5,0\% * 0,62}{1 - 0,22} = 4,8\% \approx 5\% \quad (6)$$

I oppgaven ligger det derfor et nominelt avkastningskrav før skatt på 5% til grunn. I et historisk perspektiv er dette et lavt avkastningskrav, hvilket henger sammen med lav risikofri rente.

5.3 Tapt produksjon grunnet avlusing

Som følge av lusesmitten går over pålagt behandlingsgrense, øker også tap av produksjon som følge av gjentakende avlusinger og sulting; altså alternativkostnaden for et gitt tiltak. Kapittelet gjennomgår beregningene av disse to nevnte delene. Første og fremst belyser vi beregningen av tap av biomasse etter sultingen, hvor vi videre beskriver beregningen av tapet på økt dødelighet som forårsaket av selve avlusingen. Vårt hovedmål med kapittelet er å fremlegge viktige antakelser som inngår i beregningen for alternativkostnaden, og er derfor en viktig del for å svare på oppgavens problemstilling.

5.3.1 Tapt biomasse etter sulting

For at laksen bedre skal tåle stresset den utsettes for i forbindelse med mekanisk og termisk behandling blir den i forkant av behandlingen sultet. Sulteperioden bidrar til lavere dødelighet knyttet til behandlingene, men resulterer også i laksens vekt reduseres i en periode.

Hvor lang sulteperioden bør være avhenger primært av temperatur, og kan variere fra tre dager til en uke. I tillegg til sulteperioden før behandlingen vil laksen i mange tilfeller ha redusert appetitt i en periode etter. I sine intervjuer fant Iversen et al. (2017) at oppdretternes opplevelser av appetitt i etterkant av behandlingene er svært varierende. Noen informanter rapporterte nært ingen redusert appetitt, mens andre rapporterte om fire dagers tapt appetitt. Iversen et al. benytter selv en total sulteperiode på 5 døgn. Dette fremstår for oss som i overkant forsiktig ettersom de oppgir minimum sulteperiode til tre døgn ved høye temperaturer og inntil syv døgn ved vintertemperaturer. Vi mener syv dager sulting, da inkludert tapt appetitt i etterkant av behandlingen, fremstår mer reelt og tilstrekkelig forsiktig.

For å beregne hvor stort vekttap som knyttes til sulteperioden benytter vi funn gjort av Einen et al. (1998). Disse funnene baserer seg på et eksperimentelt forsøk hvor laks ble sultet i ulike perioder og vekttap etter sulteperioden ble målt. Vi har valgt å benytte en sulteperiode på syv døgn. Dette er også et intervall benyttet i nevnte undersøkelse, og vi benytter derfor prosentvis daglig biomassetap hentet derfra på 0,63%. Dette tallet er basert på observasjoner gjort med vanntemperatur mellom 3-6°C, noe som vil si at tallet trolig passer best for avlusing gjort høst/vinter/tidlig vår, og ikke like godt for sommeren.

$$\text{Daglig tapt biomasse ved sulting} = \text{biomasse} * 0,0063 \quad (7)$$

Verdi av tapt tilvekst

For å verdsette verdien av den tapte tilveksten som resultat av sultperioder beregner vi først differansen mellom vekten laksen kunne oppnådd uten sulting og den oppnådde vekten. Denne differansen multipliseres så med antall laks i merden ved periodens slutt og med salgspriisen man kunne oppnådd i markedet. Dette representerer en alternativkostnad, men er kun et reelt alternativ for oppdretter dersom antall avlusinger faktisk kan reduseres. Oppdretter er pålagt å utføre behandling dersom lusebestanden er over tillatt nivå, slik at det eneste reelle alternativet dersom lusebestanden er over tillatt nivå vil være å slakte ut hele merden. Dessuten ville det selv uten lovgivning ikke vært et godt alternativ å la lusebestanden vokse fritt i oppdrettsanlegget. Dette ville ført til store skader på laksen, mulig død, og dårlig kvalitet på sluttproduktet. Vi modellerer verdien av vekttapet ved bruk av formel (8).

$$Alt.kost_{tapt\ tilvekst} = (Vekt_{pot.} - Vekt_{faktisk}) * Antall\ laks_{slutt} * P_{salg} \quad (8)$$

I vår modell setter vi tidsperioden laksen står i sjø til å være fast, eventuelt at laksen tas ut når den når 5 kg (se kapittel 0). I realiteten kan oppdretter tilpasse tiden laksen skal stå i sjø. I de fleste produksjonsområder er det svært vanlig at det er behov for minst én avlusning, og det er naturlig å anta at oppdretter kompenserer for dette ved å planlegge at laksen må stå lenger i sjø. I tillegg til dette kan oppdretter umulig vite nøyaktig hvilken dag laksen ville nådd ønsket slaktevekt uansett grunnet usikkerhet knyttet til biologiske prosesser og temperatur. For å oppnå best mulig sammenligningsgrunnlag lar vi laksen stå en bestemt periode i sjø, dette er i tråd med valgene gjort i MEDFRI-rapporten av Holan et al. (2017).

I tillegg vil vi peke på at atlantisk laks delvis kompenserer for den tapte tilveksten i etterkant av sulting (Einen et al., 1998; Morgan & Metcalfe, 2001). Dette er ikke modellert inn i vår beregningsmodell, og vi får derfor et for høyt estimat for denne kostnaden. Ettersom modellen er ment å sammenligne de ulike behandlingsmetodene, og ikke til å kunne si nøyaktig hva kostnaden blir, anser vi det likevel som en akseptabel forenkling, fordi behandlingsmetodene er modellert med samme sultetid. Det er likevel verdt å merke seg at de forebyggende tiltakene ikke innebærer en sultperiode, og at den økonomiske effekten av at disse kan redusere antall avlusninger derfor overestimeres.

5.3.2 Tap ved dødelighet tilknyttet avlusning

I kapittel 4.3 er vårt litteratursøk i forbindelse med dødelighet tilknyttet behandlinger redegjort for. Fra Walde et al. (2021) har vi hentet median endret dødelighetsrate for 14 dager etter behandlingen. Disse tallene finnes i artikkelens supplerende informasjon, tabell S2. Vi velger å benytte median dødelighetsrate fremfor gjennomsnittlig dødelighetsrate i tråd med Walde et al. (2021). Dette gjøres fordi samtlige behandlingsformer har et gjennomsnitt høyere enn medianen, flere vesentlig høyere, grunnet svært høy dødelighet i noen tilfeller. Vi mener det vil være rimelig å anta at en betydelig andel av de ekstreme observasjonene skyldes andre faktorer enn behandlingen alene, eksempelvis underliggende sykdom hos laksebestanden, og at medianen derfor vil være mer representativ. Dødelighetsraten som oppgis er uttrykt som endret dødelighetsrate per dag, slik at denne dødeligheten kommer i tillegg til den dødeligheten som allerede antas i laksebestanden (se kapittel 5.2.4).

En svakhet ved å velge dødelighetsraten for 14 påfølgende dager er at raten selv etter 14 dager ikke har nådd samme nivå som før behandlingen. Det ble likevel ikke gjort beregninger for rater i et lengre tidsrom fordi det da vil være en fare for at fisken utsettes for ny behandling og at dødelighetsratene da vil blø over i hverandre (Walde et al., 2021). Å kun beregne dødeligheten i 14 påfølgende dager vil derfor trolig underestimere dødeligheten noe, men å beregne den for en lengre periode vil kunne gi lite representative tall. En annen svakhet ved denne metoden er at daglig dødelighet er varierende i 14-dagersperioden, og lavest mot slutten. Dette vil si at selv om en fast daglig dødelighetsrate vil gi et riktig bilde av totaldødelighet tilknyttet behandlingsformen, vil vi i 14-dagersperioden investere førkostnader i fisk som reelt ville dødd tidligere i prosessen. Vi anser imidlertid førkostnadene for den aktuelle fiskemengden som relativt små, og mener tilnærmingen er fornuftig.

For å kunne kvantifisere og sammenligne kostnaden av ulike dødelighetsrater har vi tatt laksens vekst på dødstidspunktet multiplisert med salgspris man kunne oppnådd ved å selge laksen slaktet, i tråd med Holan et al. (2017). Her benyttes kiloprisen man kunne oppnådd dersom laksen hadde nådd slaktevekt heller enn produksjonskostnaden knyttet til å få fisken opp på vekten ved dødstidspunktet. Dette er gjort for å kompensere for at det å regne tapet knyttet til produksjonskostnaden, eventuelt med kiloprisen for laksen ved dødstidspunktet, ville underestimert verdien. Dersom en av sistnevnte hadde vært reell verdi ville en rasjonell oppdretter solgt laksebestanden på tidspunktet, fremfor å behandle den og ta risikoen og kostnadene videre oppdrett innebærer.

5.4 Spart fôr ved sulting

I perioder hvor laksen sultes vil det være en besparelse med tanke på fôrkostnad. For å beregne dette har vi benyttet metoden beskrevet i 5.3.1 for å beregne hvor mye laksen skulle vokst den aktuelle dagen, dersom den hadde fått fôr.

Videre finner vi biologisk fôrfaktor (Feed Conversion Ratio/FCR) for laks i den aktuelle vektclassen ved hjelp av Skretting fôrtabell (Skretting, 2012, s. 76). FCR er et mål på hvor mye fôr som må til for å øke et dyrs biomasse. Eksempelvis har atlantisk laks med vekt på 4 kg FCR på 1,12. Det vil si at for laksen skal vokse én kg må den ha 1,12 kg fôr.

Vi multipliserer deretter vekten laksen skulle vokst (i kg) med FCR, antall laks og fôrpris per kg. Fôrprisen vi har benyttet er 11,80 og er hentet fra rapporten om kostnadsutvikling i lakseoppdrett med fokus på fôr- og lakseluskostnader (Iversen et al., 2017). Dette er gjennomsnittlig pris fra 2016.

Formelen for beregning av spart fôr er formel (9). Denne besparelsen beregnes daglig i sultperioden, og vi regner det som en særkostnad for det aktuelle avlusningstiltaket.

$$\text{spart fôrkostnad} = \Delta_{\text{vekt}} * FCR * \text{antall fisk} * \text{fôrpris} \quad (9)$$

6. Våre resultater og beregninger

I dette kapitlet vil vi systematisk gå igjennom hvert bekjempelsestiltak. For hvert tiltak presenterer vi viktige parametere og kostnader knyttet til tiltaket. Etter å ha presentert forutsetningene viser vi og analyserer beregningenes resultater. Avslutningsvis evaluerer vi beregningsmodellen og våre funns validitet.

6.1 Forebyggende tiltak

Kostnaden for de forebyggende tiltakene er beregnet som kostnader per handling eller per generasjon, mens avlusningsmetodene er modellert etter per behandlet kg. Dette skyldes at de forebyggende tiltakene ikke egentlig har en makskapasitet. De totale kostnadene kan fordeles på antall kg produsert, men det må gjøres i etterkant. Alternativt kan man fordele på planlagt produksjon, men dette vurderer vi som mer unøyaktig for vårt formål.

6.1.1 Rensefisk

For å modellere bruk av renseskisk trenger vi noen beslutningsvariabler. Disse er blandingsforhold og når første utsett av renseskisk er, samt når behandlingen avsluttes. Vi har antatt at lokaliteten har renseskisk hele produksjonssyklusen, fra smolten settes ut til laksen slaktes. Blandingsforhold settes til 8%.

Vi diskuterte i kapittel 4.2.1 at det er høy dødelighet blant renseskisk. Aldrin et al. (2017) kom frem til en daglig dødelighetsrate på 2,8%, og det er denne dødelighetsraten som benyttes i modellen. Påfyll av renseskisk skjer hver fjortende dag dersom blandingsforholdet er mer enn to prosentpoeng lavere enn ønsket blandingsforhold.

Effektiviteten av tiltaket

For å modellere effektiviteten av det å ha renseskisk har vi benyttet estimater gjort av Aldrin et al. (2017). Vi anser dette som den mest anvendelige litteraturen for vårt formål. Litteraturstudien gjort av Overton et al. (2020) belyser at effekten av lakselus er svært varierende, men presenterer ingen modell for avlusningseffekten. I Aldrin et al. (2017) presenteres modellen vist i formel (10):

$$\text{Daglig avlusningsrate} = 1 - e^{-\lambda * x} \quad (10)$$

Hvor λ er en parameter mellom 0 og 1, og χ er forholdet mellom rensefisk og laks den aktuelle dagen. Aldrin et al. (2017) estimerer λ til 0,823, og det er derfor dette som benyttes i modellen. Modellen til Aldrin et al. er ikke alene egnet til å estimere ideelt blandingsforhold mellom rensefisk og laks, ettersom avlusningsraten vil fortsette å øke ettersom χ øker og det ikke finnes noen teoretisk øvre grense for χ . Vi setter derfor ideelt blandingsforhold til å være 8%, i tråd med Imsland et al. (2018), og lar χ variere rundt denne basert på daglig dødelighet og utsett av rensefisk. Vi vil også bemerke at 8% var den høyeste konsentrasjonen av rensefisk Imsland et al. undersøkte, slik det kan være at høyere konsentrasjon av rensefisk faktisk er mer effektivt.

Særkostnad knyttet til tiltaket

Det er en rekke kostnader knyttet til å benytte rensefisk. Først og fremst er det kostnader knyttet til innkjøp og transport av rensefisk. I tillegg kreves det en del oppfølging av rensefisk, rensefisken krever mat utover lakselus, det er investeringskostnader for utstyr som behøves og det er økte rengjøringskostnader av merden.

Som kostnad for rensefisk har vi benyttet gjennomsnittlig verdi av rensefisk satt ut i 2019. Dette gjennomsnittet er 21,5 kroner per rensefisk (Fiskeridirektoratet, 2020b), men varierer avhengig av valgt art. Vi tar ingen forutsetninger om hvilken art som benyttes, og bruker derfor gjennomsnittlig pris for all rensefisk satt ut i 2019. I tillegg kommer transportkostnad for å få fisken til merden. Transportkostnaden vil avhenge av avstand og mengde som transporteres. Iversen et al. (2017) anslår transportkostnaden til å være 2 kroner per fisk, og vi benytter det samme i vår modell. Iversen et al. (2017) rapporterer at noen oppdrettere benytter samme bestanden rensefisk over i neste generasjon. Denne muligheten ser vi bort fra i våre beregninger.

Investeringskostnadene er primært et skjul rensefisken behøver for å kunne slappe av, samt en fôringsautomat. Disse anslås av Iversen et al. (2017) til å være henholdsvis 15 000 og 20 000 kroner per merd, med en økonomisk levetid på 2 og 5 år. Vi benytter samme grunnlag i vår modell. Kapitalkostnadene knyttet til dette beregnes per generasjon og tilsvarer 105 000 kroner per generasjon.

Det er også et visst arbeidsbehov tilknyttet rensefisk. Anslagene varierer blant respondentene i Iversen et al. (2017). Noen regner en hel stilling som håndterer rensefisk, i tillegg til en mindre stilling som vasker merdene, mens andre regner to hele stillinger. Andre igjen regner daglig tidsbruk til å variere mellom 3 og 6 timer. Iversen et al. endte med en vurdering på ett årsverk

i tillegg til noen som håndterer vask. Vi regner derfor ett årsverk, pluss tillegg for ekstra vask. Kostnaden for årsverket setter vi til 800 000 kroner basert på tall fra SSB (Statistisk sentralbyrå, 2020).

For at rensefisken skal spise lus mest mulig effektivt er det viktig at nøtene blir godt rengjort, slik at rensefisken ikke spiser groe fremfor lus. Det betyr at nøtene må rengjøres oftere enn dersom man ikke har rensefisk, og at det dermed utløses ytterligere kostnader til dette. Iversen et al. (2017) kommer frem til at det i løpet av en generasjon vil forekomme seks ekstra vask av nøtene, til en kostnad på 20 000 kroner per merd per vask. Vi benytter samme tilnærming.

Rensefisken har behov for fôr utover lus. Iversen et al. (2017) regner en fôrkostnad på 20 kroner per kilo og et fôrforbruk på 2% av rensefiskbiomassen på sommeren og 1% på vinteren. Vi modellerer ikke biomassen til rensefisken, og velger derfor en annen tilnærming. Vi benytter samme tilnærming som Lindqvist og Solemdal gjør i sin oppgave, og benytter et forbruk på 0,5 kg per 2 000 rensefisk, tre ganger i uken (Skretting, u.d., hentet i Lindqvist & Solemdal, 2018, s. 53). Skretting har etter dette oppdatert sine anbefalinger til å basere seg på rensefiskbiomassen, men av hensyn til oppgavens omfang har vi valgt å benytte samme tilnærming som Lindqvist og Solemdal.

<u>Tabell 8 - Rensefisk - Modellerte kostnader</u>		
	Kostnad	Forutsetninger
Innkjøp	23,5 kr per fisk	21,5 kr pr stykk, kjøpspris 2 kr pr stykk, transportpris
Fôr	0,015 kr per fisk, ukentlig	0,5 kg fôr per 2 000 leppefisk 3 ganger i uken 20 kr per kg fôr.
Skjul	105 000 per generasjon	Skjul à 15 000 NOK (2 år) Fôrautomat à 20 000 NOK (5 år) Avkastningskrav: 5%
Arbeidstid	2 200 per dag	Ett årsverk til 800 000 årlig
Ekstra vask	600 000 per generasjon	6 ekstra notvask til 20 000 per nøte per vask.

6.1.2 Luseskjørt

Effektiviteten til tiltaket

Siden forskningen vi har funnet i stor grad undersøker planktonskjørt forutsetter vi bruk av planktonskjørt i vår oppgave, og ser dermed bort fra tette skjørt. Vi benytter i vår modell en effektivitet på 30% redusert lusefeste. Dette gjøres med bakgrunn i forskning gjort av Grøntvedt et al. (2018). Fra Tabell 2 kan man se at dette er den lavest målte effekten. Vi velger likevel å benytte effektivitetstall herfra, hovedsakelig av to grunner. Først og fremst er dette forskning gjort over en lengre tidsperiode, slik at effekter i ulike sesonger er hensyntatt. For det andre ønsker vi å være forsiktige når vi estimerer gevinsten av tiltak, spesielt når det er såpass vidt spenn i funn som det er for luseskjørt. Vi mener derfor at 30% effektivitet er det best egnede å benytte.

Særkostnad knyttet til tiltaket

Planktonskjørt har svakere konstruksjon enn tette skjørt, og er derfor i større grad utsatt for hull. Det kreves derfor større grad av vedlikehold. Holan et al. (2017) fant at en del oppdrette derfor investerte i to skjørt til hver merd, slik at merden er beskyttet med luseskjørt også når det ene skjørtet må tas opp for reparasjon og vask. Innkjøpsprisen for et luseskjørt er ifølge Holan et al. (2017) på 200 000 kroner, med tre års levetid. Forutsatt at oppdrettet kjøper to skjørt per merd vil dette gi investeringskostnad på 400 000 kroner per merd, med antatt levetid for skjørtene på seks år, ettersom hvert skjørt i praksis kun benyttes halvparten av tiden. Dette gir en kapitalkostnad på 1 250 000 kroner per generasjon oppdrettsfisk i anlegget.

Når skjørtene skal vedlikeholdes må de skiftes ut, og dette skjer, ifølge Holan et al. (2017), 2-3 ganger i løpet av en generasjon. Det forutsettes da 4 personer i arbeid, pluss en servicebåt. Verdien av et årsverk antar vi at er 800 000 kroner årlig (Statistisk sentralbyrå, 2020). Om man regner 235 dager i et årsverk gir dette i underkant av 14 000 kroner per utskiftning i arbeidskraft, pluss én dags leie av servicebåt som Holan et al. vurderer til 15 000 kroner per døgn. Vi forutsetter tre utskiftninger i løpet av en generasjon.

Det er mulige problemer knyttet til tapt tilvekst, og det nevnes blant annet av Iversen et al. (2017) at dette kan være et problem grunnet redusert oksygenmetning innenfor luseskjørtet. Likevel har ikke noe av forskningen vi har undersøkt kunnet tallfeste dette til å være signifikant, og vi modellerer derfor ingen kostnader tilknyttet dette.

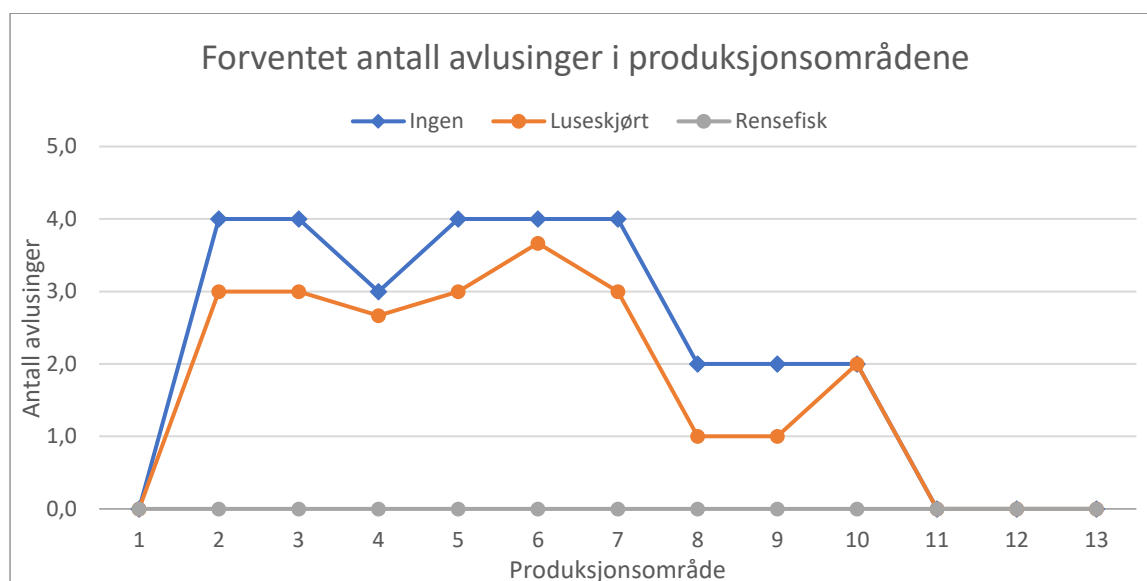
Tabell 9 - Luseskjørt - Modellerte kostnader		
	Kostnad	Forutsetning
Kapitalkostnad	1 225 000 per generasjon	2 x 200 000 per merd, 6 års levetid, 5 merder Nominell annuitet per generasjon (20 mnd) Nominelt avkastningskrav 5%
Driftskostnad	70 000 per generasjon	Ett månedsverk per generasjon
Utskiftning, arbeidskraft	14 000 per utskiftning	Årsverk: 800 000 Arbeidskraft 4 personer, 1 dag
Utskiftning, servicebåt	15 000 per utskiftning	15 000 for 1 dag leie.

6.1.3 Forventet antall avlusinger med forebyggende tiltak

Før vi diskuterer de totale kostnadsbildene for de ulike forebyggende tiltakene vil vi presentere forventet antall avlusinger. Dette for å presentere at bilde av hva effektiviteten av de ulike tiltakene betyr i praksis. Forventet antall avlusinger er vist i Figur 13, og er gjennomsnittlig antall forventet avlusinger for de tre avlusingsmetodene vi modellerer.

Det første som er verdt å merke seg er at rensefisk er såpass effektivt at det ikke er noen forventede avlusinger for noen av produksjonsområdene, gitt våre forutsetninger. I virkeligheten er det slik at også lokaliteter med rensefisk havner i situasjoner hvor de må utføre avlusinger. Dette kan skyldes at aktørene har andre rensefiskarter, at de benytter en lavere andel rensefisk sammenlignet med det vi modellerer, at den modellerte effekten vi benytter ikke er reell eller at det lokale smittepresset er høyere enn det generelle smittepresset vi benytter for produksjonsområdet. Litt senere i dette delkapittelet vil vi evaluere hvordan ulike blandingsforhold påvirker forventet antall avlusinger i produksjonsområde 5.

Vi ser vi at produksjonsområdene 1 og 11-13 ikke har noen forventede avlusinger. Vi ser også at luseskjørt reduserer antall forventede avlusinger i nesten alle områder hvor det forventes avlusing. Vi ser at i produksjonsområde 10 er ikke luseskjørt tilstrekkelig for å forhindre behovet for avlusinger, mens det i produksjonsområde 4 og 6 reduserer antall forventede avlusinger for noen avlusingsmetoder, men ikke for alle. Dette kan vi se fordi forventet antall avlusinger med luseskjørt ikke er heltall i disse tilfellene.



Figur 13 - Forventet antall avlusinger med forebyggende tiltak.

6.1.4 Sensitivitetsanalyser

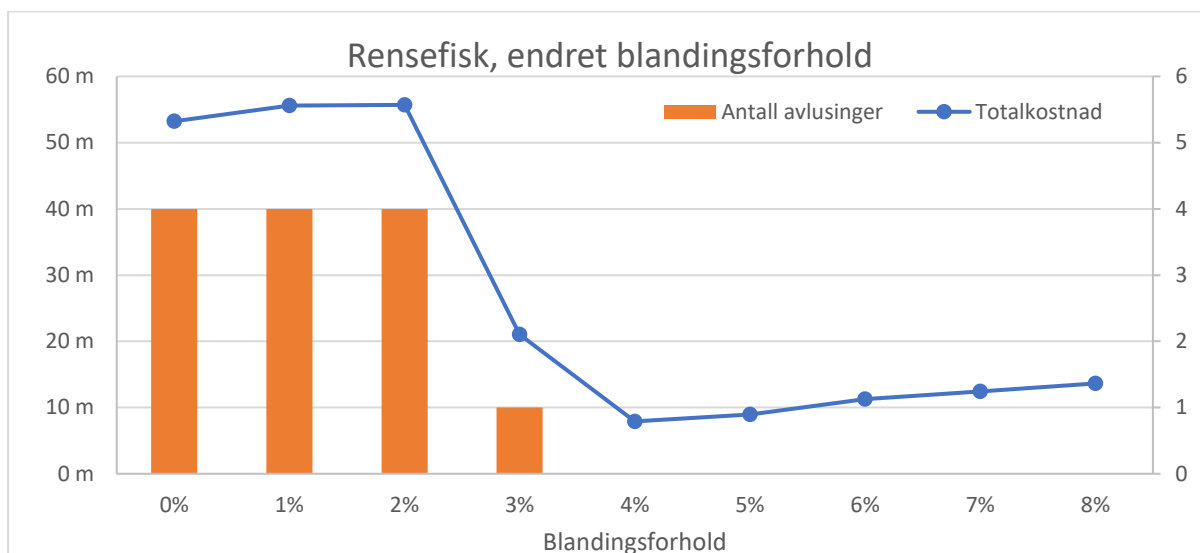
I dette delkapittelet vil vi presentere sensitivitetsanalyser for rensefisk og for luseskjørt. Sensitivitetsanalysene vil ta utgangspunkt i produksjonsområde 5, som er et av produksjonsområdene med det høyeste lusepresset.

Sensitivitetsanalyse, rensefisk

I Figur 14 vises hvordan forventet antall avlusinger og totalkostnader for en generasjon ville forekommet i vår modell dersom vi hadde modellert andre blandingsforhold av rensefisk. Vi ser at allerede ved 4% blandingsforhold er effekten stor nok til å eliminere antall avlusinger. Dette til tross for at analysen er gjort for produksjonsområde 5, som er et av produksjonsområdene med høyest lusepress. Dette tyder på at vår modell ikke modellerer virkeligheten på en tilstrekkelig god måte.

Oppdrettere rapporterer ikke blandingsforholdet de benytter av rensefisk, så vi vet ikke hvilke blandingsforhold som er vanligst. I sin rapport skriver Iversen et al. (2017) at oppdretterne de har snakket med operer med utsett på mellom 5-11%. Dette tyder på at vår modell overestimerer effekten av rensefisk. Samtidig må man huske at det er stor dødelighet blant rensefisk, slik at hvilke prosedyrer oppdretterne har på å opprettholde blandingsforholdet er vesentlig.

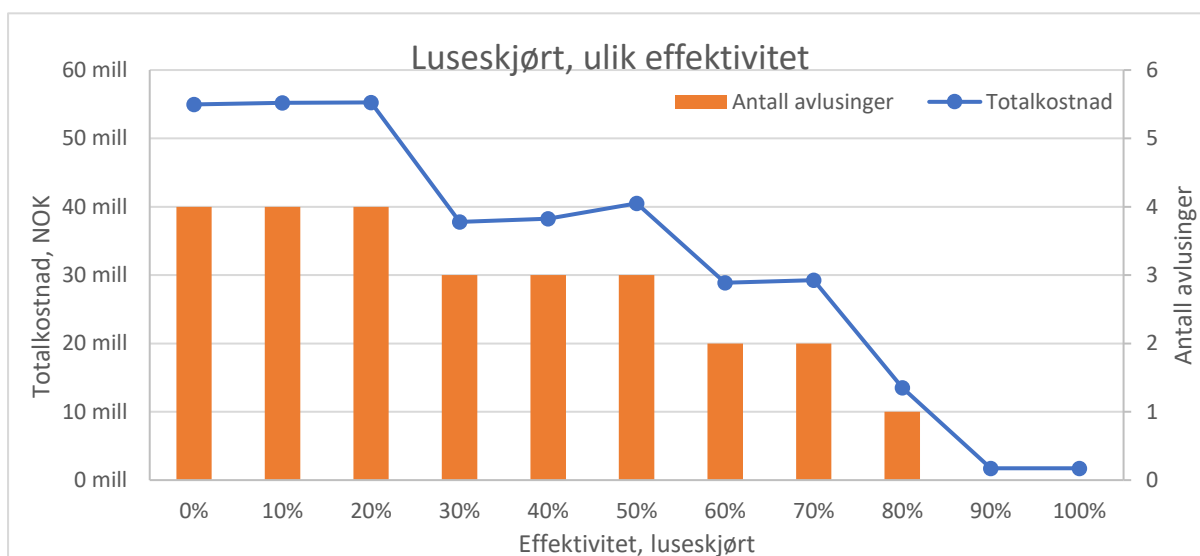
Rensefisk er en kontinuerlig avlusing, og bidrar til at lakselus i merden konstant reduseres. Det kreves derfor enten episodisk høyt lusepress, eller jevnt høyere tilkomst av lus enn hva rensefisken klarer å spise, for å utløse behov for avlusing dersom man har rensefisk. Vår tilnærming for lusepresset, å regne median for hver lokalitet i produksjonsområde, eliminerer effekten av episodisk høyt smittepress ved et fåtall av lokalitetene ved området. Vi vil derfor ikke se effekten av slike episoder i vår modell. At vi med vår modell ikke forventer avlusingsbehov ved blandingsforhold av rensefisk på 4% kan indikere at episodisk smitte er en svært viktig forklaringsfaktor for avlusingsbehov.



Figur 14 - Sensitivitetsanalyse, rensefisk

Sensitivitetsanalyse, luseskjørt

Ettersom det er stor usikkerhet knyttet til effektiviteten for luseskjørt, med effektiviteter målt mellom 30 og 82% (se kapittel 4.2.2), er det interessant å se hvordan ulike forutsetninger for effektivitet påvirker beregningene. Vi ser at ved 90% effektivitet forventes ingen avlusinger. Ettersom kostnadene for luseskjørt er faste per generasjon er det naturlig at kostnadene følger antall avlusinger tett, og det er derfor liten forskjell på om det forutsettes 30 eller 50% ettersom det i dette rommet er samme forventede antall behandlinger. Det er verdt å merke seg at generasjonskostnaden faller med omkring 15 millioner når det går fra 4 til 3 forventede avlusinger, mens reduksjonen er på omkring 13 millioner når det går fra 1 til 0 avlusinger. Kostnadseffekten av økt antall avlusinger diskuteres i kapittel 6.2.4.



Figur 15 - Sensitivitetsanalyse, luseskjørt

6.1.5 Mest kostnadseffektive forebyggende tiltak

Figur 16 viser en oversikt over gjennomsnittlige totale kostnader knyttet til håndtering av luseproblematikken for de ulike produksjonsområdene. Gjennomsnittet er gjennomsnitt for de ulike avlusningsmetodene. Hvordan avlusningsmetodene påvirker kostnadene diskuterer vi i kapittel 6.2 og oppsummerer i 6.2.4. For dette delkapittelet kan det være nyttig å vite at en avlusing medregnet alternativkostnaden vil være i området 10-14 millioner kroner. Hvilken avlusningsmetode som velges har lite å si for diskusjonen om forebyggende tiltak, og vi har derfor valgt å beregne gjennomsnittet for de tre metodene.

Vi ser i Figur 16 at hvilken forebyggende behandlingsmetode som er den mest kostnadseffektive avhenger av de lokale forholdene, og da spesielt smittepresset i produksjonsområdet (se kapittel 5.2.2 for smittepress i de ulike områdene). For område 1 og 11-13 er det billigst å ikke ha noen forebyggende tiltak, kostnadene blir derfor like og vi har kun inkludert område 1 i figuren. De like kostnadene skyldes at de forebyggende tiltakene medfører faste kostnader, og at lusepresset vi har modellert med ikke er tilstrekkelig stort til å utløse behov for avlusing.

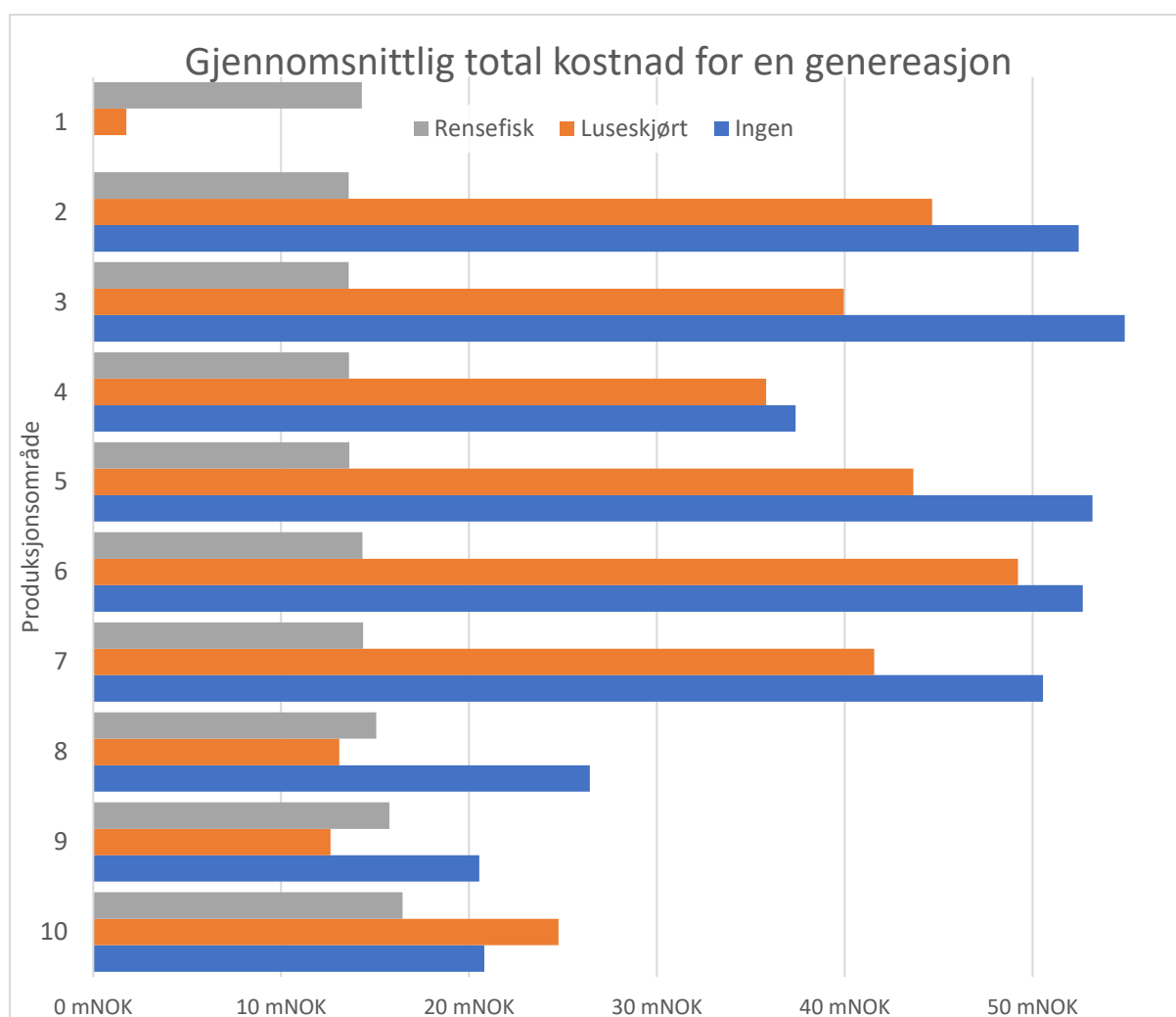
Allikevel er det slik at lusepresset varierer fra år til år, i tillegg til at vi modellerer med median lusepress for hele produksjonsområdet. Dersom det er slik at lusepresset for en lokalitet i område 1 og 11-13 er større enn median-presset i området, eller at det forekommer uvanlig høy smitte ved en lokalitet, vil det kunne endre kostnadsbildet. En avlusing vil kunne være svært kostbar, og forebyggende tiltak som en forsikring mot uforutsette hendelser bør vurderes. Da er det verdt å merke seg at selv om vi har valgt 8% tetthet av rensefisk er fullt mulig å ha en lavere konsentrasjon av rensefisk. Dette vil redusere effektiviteten til tiltaket, men i områder med lavt lusepress vil ikke det nødvendigvis ha betydning. Reduksjon av rensefiskbestanden vil redusere kostnadene knyttet til tiltaket og dermed gjøre tiltaket mer kostnadseffektivt.

Videre ser vi at i områder med høyt lusepress og mange avlusninger vil rensefisk være det klart mest kostnadseffektive tiltaket etter vår beregningsmodell. I områdene 2-7 vil det være betydelige besparelser ved å ha rensefisk sammenlignet med luseskjørt eller ingen forebyggende tiltak. Beregningsmodellen vår er basert på mange usikkerhetsmomenter og tilnærminger, så små forskjeller skal man ikke legge for mye i. Likevel viser vår modell at for område 2,3 og 5-7 er besparelsene på mellom 70 og 75% dersom det benyttes rensefisk sammenlignet med å ikke ha noen forebyggende tiltak. Dette skyldes at rensefisk i vår modell

er effektivt nok til å hindre lakselusforekomster over tillatt grense, og dermed forhindre avlusninger.

Ved mer moderat smittepress kan luseskjørt være det mest kostnadseffektive tiltaket, slik som i område 8 og 9. I disse områdene er besparelsen sammenlignet med ingen forebyggende tiltak på mellom 40 og 50% og mellom 10 og 20% sammenlignet med rensefisk.

Vi ser at det i de fleste produksjonsområder vil være lønnsomt å ha et forebyggende lusetiltak. I de områdene hvor det vil være mest lønnsomt å ikke ha forebyggende tiltak vil differansen mellom ingen tiltak og det å ha luseskjørt, gitt våre forutsetninger, være på mellom 1,7 og 1,8 millioner. Alternativkostnaden knyttet til å måtte utføre en behandling vil være betydelig høyere enn dette. Vi beregner en gjennomsnittlig avlusning til å være en kostnad på omkring 12 millioner. Det kan derfor være fornuftig å vurdere å ha luseskjørt som et forebyggende tiltak, selv dersom man ikke forventer å få luseinfestasjon over tillatt grense.



Figur 16 - Forventede totalkostnader for ulike forebyggende tiltak.

6.2 Avlusingsmetoder

I modellen vil avlusning igangsettes dersom lusenivået går over gjeldende lusegrense. Behandlingsprosessen består av en sulteperiode på fem dager etterfulgt av behandlingsdagen. Etter behandlingsdagen antar vi at fisken har manglende appetitt i ytterligere én dag. Dette gir en total sulteperiode på syv dager. Det er også modellert slik at det går minimum 14 dager mellom hver avlusning, dette for å forhindre at dødelighetsrater fra ulike behandlinger blør over i hverandre.

De ulike behandlingsmetodene modelleres på samme måte, men med ulik pris, effektivitet og dødelighet. Kostnaden for de ulike avlusningsmetodene er beregnet til per behandlet kg, fordelt etter antatt praktisk kapasitet. Kostnadene for ledig kapasitet er ikke modellert inn. Dette skyldes at hvorvidt man skal investere i utstyret som behøves er en strategisk avgjørelse på selskapsnivå, som ligger utenfor denne oppgavens omfang. Likevel er det verdt å påpeke at i våre beregninger forutsetter vi en lokalitet med kapasitet til å produsere 4 000 tonn fisk. Én avlusning av denne lokaliteten tilsvarer i underkant av 3% av den antatte kapasiteten til investeringene. Med andre ord: selv ved 10 årlige avlusninger vil investeringen ha over 70% av de totale kostnadene knyttet til ledig kapasitet dersom man kun har én slik lokalitet.

6.2.1 Badbehandling

Effektivitet av behandlingen

I denne oppgaven benytter vi en effektivitet på 95% på bevegelige lus med bakgrunn i en eksperimentell studie publisert i 2018 (Overton et al., 2018). Her var funnet en effekt på bevegelige lus på mellom 95 og 98%, slik at vårt tall anses som forsiktig. Vi antar ingen effekt på festede lus.

Dødelighet tilknyttet behandlingen

Vi benytter en daglig dødelighetsrate på 0,0000504 i 14 dager. Det er verdt å nevne at dødeligheten er svært varierende, avhengig av konsentrasjon, temperatur og varighet så vel som håndteringen av fisken i forbindelse med behandling. Vi benytter likevel nevnte dødelighetsrate basert på funnene til Walde et al. (2021).

Særkostnaden tilknyttet behandlingen

Badbehandlinger er svært ressurskrevende. For å gi et bedre anslag på medgått ressursbruk til avlusning, bruker Iversen et. al., (2017) både informasjon fra oppdrettere og selskap som selger

avlusingstjenester. Under avlusingen er det behov for servicebåt. Iversen et. al., (2017) forutsetter at det er behov for 3 servicebåter, i tillegg til bruk av en lekter med selve avlusingslinjen. Avlusing av en lokalitet kan ta omtrent 3–4 dager, og Iversen et al. (2017) forutsetter bruk av både egne og innleide ansatte, i et mannskap på 10-12 personer. Avlusingskostnadene for badbehandling er lite spesifisert av Iversen et al. (2017). Vi benytter deres tall i våre beregninger, men har ingen anledning til å evaluere hvor rimelig de er.

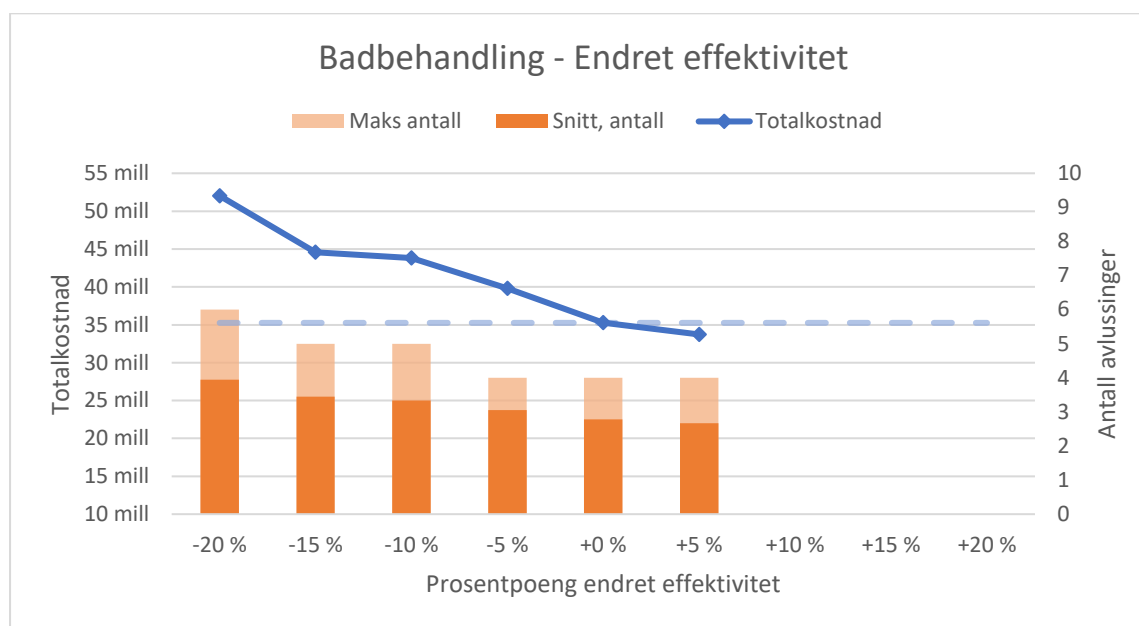
I tillegg kommer innkjøp av hydrogenperoksid, som vil komme på rundt kr 1 million (Iversen et al., 2017). Det er også kostnader for operasjoner, slik som arbeidskraft og servicefartøy ved behandling, og er blitt anslått til 930 000 kroner for en lokalitet med 4 000 tonn. Så langt vi kan vurdere er disse kostnadene fornuftige, og vi benytter derfor disse tallene i vår oppgave.

Tabell 10 – Badbehandling - Modellert kostnad pr kg behandlet

	Kr pr kg	Forutsetning
Operasjoner	0,23	Arbeidskraft + servicefartøy: 930 000
Hydrogenperoksid	0,20	Mengde: 25 tonn per merd Kostnad: 6,5 kr/l
Totalt pr kg	0,43	

Sensitivitetsanalyse for effektivitet

Badbehandlinger med hydrogenperoksid er en avlusingsform med høyest effektivitet, og den høye effektiviteten ser ut til å være reell også i nyere forskning (Overton et al., 2018). Badbehandling er imidlertid en medikamentell behandlingsform, og medikamentelle avlusingsmetoder har slitt, og sliter fortsatt, med resistensutfordringer. Resistensnivået varierer i ulike områder (Sommerset et al., 2021). Som nevnt i modellerer vi en effektivitet på 95% på festede lus for badbehandling, og metoden modelleres dermed modellert som den mest effektive avlusingsmetoden.



Figur 17 - Sensitivitetsanalyse, badbehandling

Figur 17 viser hvordan effektiviteten vil påvirke både totalkostnaden for en produksjonssyklus og antall avlusinger som forventes utført. Tallene er beregnet som gjennomsnitt av utfallene hvor det vil være behov for avlusing (produksjonsområde 2-10, med og uten luseskjørt). Vi ser at dersom effektiviteten faller med fem prosentpoeng vil gjennomsnittlig antall behandlinger gå litt opp, mens de totale kostnadene vil stige med om lag 5 millioner. Dersom effektiviteten på fastede lus faller med 20 prosentpoeng ser vi imidlertid at totalkostnadene stiger med om lag 20 millioner, en økning på over 50%. Gitt resistensproblematikken er det ikke utenkelig at effektiviteten til tiltaket kan falle betraktelig. Dette vil i så tilfelle ha stor betydning for antall behandlinger som må utføres, og dermed også kostnadene knyttet til avlusing.

6.2.2 Mekanisk avlusing

Effektivitet av behandlingen

Vi benytter effektivitet på bevegelige lus på 85%, voksne hunnlus på 80% og ingen effekt for fastsittende lus. Dette er basert på vurdering av funnene presentert i kapittel 4.3.3. Vi velger å forutsette ingen effekt på fastsittende lus fordi det er gjort få observasjoner med statistisk signifikante funn for dette lusestadiet, til tross for at Erikson et al. (2018) hadde noen signifikante observasjoner med god effekt også for fastsittende lus.

Dødelighet tilknyttet behandlingen

Vi benytter daglig dødelighetsrate på 0,0005604 i 14 dager etter behandlingen i tråd med Walde et al. (2021). Til tross for klare indikasjoner på at større fisk har større grad av dødelighet (Gismervik et al., 2017) har vi ikke modellert for dette. Dette svekker modellens validitet, men vi mener datagrunnlaget ikke er godt nok til å tallfeste størrelsens effekt på dødelighet og har derfor valgt å se bort fra dette.

Særkostnaden tilknyttet behandlingen

Særkostnadene ved å investere i mekanisk avlusing består primært av kapitalbinding av maskin og lekter til å ha luselinjen på. I tillegg kommer leie av servicefartøy og timer til arbeidskraft. Det vil også påløpe kostnader knyttet til energibruk og vedlikehold. Leasing av utstyret er en mulighet. Dersom man antar et velfungerende marked, vil det ikke være store forskjeller mellom kostnadene for å kjøpe nødvendig utstyr selv og å lease utstyret..

Investeringskostnaden for avlusningsutstyret, eller luseslinjen, og en lekter å ha luselinjen på er betydelig. Ifølge Iversen et al. (2017) er investeringsutgiften på en luselinje være omtrent kr 5,5 millioner per stk. Levetiden til maskinen er ikke veldig lang sammenlignet med den ordinære levetiden til maskiner (Todsén, 2014), ettersom det tekniske utstyret per i dag er under rask utvikling (Iversen et al. 2017). Iversen et al. (2017) antok at den økonomiske levetiden er 4 år. Iversen et al. (2017) antar at en oppdretter vil ha behov for 4 stykk for å avluse en merd, som da gir en total investeringsutgift på 22 millioner kroner. Lekteren er en større investering, og vil kost kr 30 millioner, men har en lengre levetid på 15 år.

Når det gjelder kapasiteten for luselinjen er det betydelig usikkerhet ettersom aktørene på undersøkelsestidspunktet hadde begrenset erfaring med utstyret. Videre blir også kapasiteten påvirket av fiskestørrelse, vær, antall merder som skal behandles per lokalitet og etterspørsel. Ifølge Iversen et al. (2017) har oppdretterne erfaring og informasjon om kapasiteten under behandling, men ikke om totalkapasiteten er per år. Vi antar at den årlige kapasiteten vil være samme som Iversen et al. (2017), 150 000 tonn for fire linjer. Dette gir kapitalkostnader for mekanisk avlusing på kr 0,06 pr kilo behandlet laks.

Årlig vedlikeholdskostnad på utstyret har vi lite data på. ettersom det oppgis ikke noen eksakt erfart tall fra oppdrettere. Iversen et al. (2017) anslo imidlertid at det vil å koste en oppdretter minst kr 1,5 millioner i året, noe som tilsvarer kr 0,01 pr kilo behandlet laks. Det presiseres at det er stor usikkerhet knyttet til dette tallet.

I tillegg til avlusingsutstyrt, bruker man servicefartøy til nothåndtering for å samle opp fisken. Iversen et al. (2017) anslår at de fleste oppdrettere bruker minst to servicefartøy som hjelpemidler i avlusning. Kostnaden antas å være 15.000 kr/døgn per fartøy uten mannskap og det blir antatt at avlusningen av lokaliteten tar 5 døgn. Basert på disse forutsetningene vil servicefartøyene koste 0,04 kr pr kilo behandlet laks.

Det er et relativt mange personer involvert i avlusningen. I vår oppgave tar vi samme utgangspunkt som Iversen et al. (2017) og bruker 24 årsverk i utregningen. Vi benytter kr 800 000 pr årsverk basert på SSB (Statistisk sentralbyrå, 2020). Dette gir en kostnad på kr 0,10 per kilo behandlet laks.

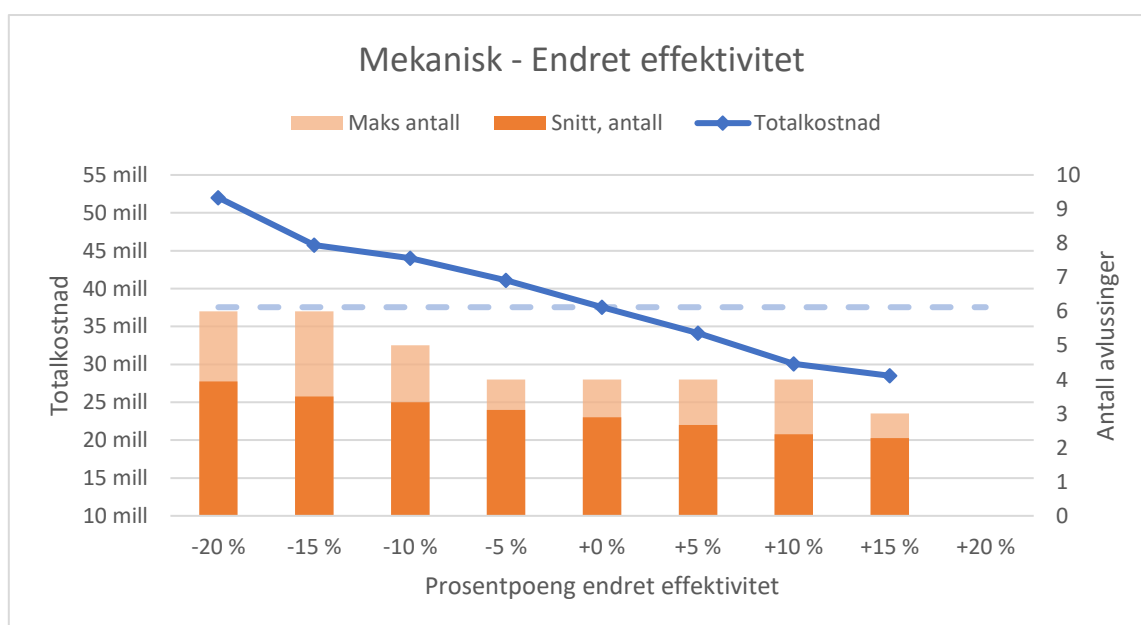
Både fartøyene og riggen krever drivstoff. Riggen anslås å være i drift i 8 måneder med kapasitet på 150 000 tonn behandlet fisk. Iversen et al. (2017) antar forbruket på drivstoff vil være 1,5 liter pr tonn behandlet, med en kostnad på 8 kroner per liter. Det tilsvarer da 0,01 kroner per kg behandlet laks. Estimert på drivstofforbruk av servicebåtenes ble antatt å være 10–15 kbm/mnd per fartøy. Dette tilsvarer da 0,01 kr/kg behandlet laks. Totalt tilsvarer drivstoffkostnadene 0,02 kroner pr kilo behandlet laks.

Tabell 11 - Mekanisk avlusning - Modellerte kostnader pr kg behandlet		
	Kr pr kg	Forutsetning
Kapitalkostnad	0,06	Luselinje: 4 x 5 500 000 kr, 4 års levetid Lekter: 1 x 30 000 000 kr, 15 års levetid Årlig kapasitet: 150 000 Avkastningskrav: 5%
Vedlikeholdskostnad	0,01	Antatt årlig: 1 500 000 kr
Servicefartøy	0,04	Fartøy: 2 x 15.000 kr per døgn Antall døgn: 5 (1 merd i døgnet)
Arbeidskostnad	0,10	Årsverk: 28 årsverk à 800 000 kr Beskjeftigelse 8/12 mnd.
Drivstoffkostnader	0,02	Rigg: 1,5 liter pr tonn behandlet 8 kr pr liter Servicebåt: 10-15 kbm/mnd pr fartøy
Total pr kg	0,23	

Sensitivitetsanalyse for effektivitet

Mekanisk avlusing er en relativt ny behandlingsform, og det er derfor usikkerhet knyttet til effektiviteten til tiltaket. Vi har benyttet de best dokumenterte effektivitetstallene vi har funnet. Vi har imidlertid ikke funnet noen effektivitetstall publisert etter 2018, og det er store variasjoner i målt effektivitet. I tillegg drives teknologien fremover, og som resultat av dette kan det oppleves bedret effektivitet. I sensitivitetsanalysen presentert i Figur 18 har vi undersøkt både redusert og økt effektivitet. Tallene er beregnet som gjennomsnitt av utfallene hvor det vil være behov for avlusing (produksjonsområde 2-10, med og uten luseskjørt).

Vi ser at etter hvert som effektiviteten øker reduseres også kostnadene og gjennomsnittlig antall behandlinger som behøves. Kostnadsfallet er tilnærmet lineært mellom tilfeller hvor maksimalt antall behandlinger ikke reduseres, men at det forekommer et fall dersom maksimalt antall behandlinger reduseres. Dette skyldes at det er store kostnader knyttet til en avlusing, og diskuteres i kapittel 6.2.4. Videre ser vi at en effektivitetsøkning på 10 prosentpoeng vil føre til en reduksjon av kostnadene for en generasjon på om lag 20%, mens et fall på 20 prosentpoeng vil føre til en økning av kostnadene på nesten 40%.



Figur 18 - Sensitivitetsanalyse, mekanisk avlusing

6.2.3 Termisk avlusing

Effektivitet av behandlingen

I kapittel 4.3.3 presenterte vi funn som tilsier at termisk avlusning har en effekt på mellom 75 og 100% på bevegelige lus. Roth (2016) angir effekttall fra 94% og oppover, mens Grøntvedt (2015) viser til effektivitet fra 75% og opp til 100%. Om gapet skyldes forskjeller i effektivitet mellom avlusningsteknologiene som benyttes, eller om det skyldes andre forhold, vet vi ikke. Ettersom rapportene har et såpass stort gap velger vi å benytte effektivitet på et sted imellom, og velger da 80% effektivitet på bevegelige lus. At det er stor usikkerhet knyttet til effektivitetsparameteren gjør også at beregningene våre blir usikre.

Dødelighet tilknyttet behandlingen

For termisk behandling benytter vi en daglig dødelighetsrate på 0,0004822 i tråd med funnene til Walde et al. (2021).

Særkostnaden tilknyttet behandlingen

I likhet med mekanisk består ressursbruken i termisk avlusing blant annet av avlusingslinjen, plattform, bruk av servicefartøy og arbeidskraft. Videre påløpes også kostnader til energibruk, vedlikehold av utstyret og administrasjon. Investeringene består av selve maskinen, montering og utstyr og en driftsplattform; en lekter eller en stor båt om du vil (Iversen et al., 2017)

Basert på rapporten Iversen et al. (2017) vil investeringsutgiften per linje koste en oppdretter 30 millioner kroner. Videre antar det samme som rapporten at lekteren har plass til montering av to slike linjer, inkludert fasiliteter for mannskapet. I likhet med mekanisk har lektere de samme utgiften på kr 30 millioner. Den totale investeringen vil være av 2 linjer og 1 lekter til en total utgift på kr 90 millioner. I likhet med mekanisk er levetiden på maskiner nokså usikker som følge av rask teknologisk utvikling. Usikkerheten for levetiden gjør seg gjeldende i en forventet kort levetid på 4 år. For lekteren forventes en levetid på 15 år.

For at vi skal kunne regne kostnaden pr kilo må vi vite kapasitet til termisk avlusing. Vi benytter kapasiteten funnet av Iversen et al. (2017), som er basert på dybdeintervju av aktører i bransjen. Som for mekanisk avlusing er det sto usikkerhet knyttet til kapasiteten ettersom aktørene har begrenset erfaring med utstyret. Kapasiteten blir også påvirket mye av de samme faktorer som mekanisk (se kapittel Mekanisk avlusing 6.2.2). Basert på Iversen et al. (2017) bruker vi behandlingskapasitet på 150.000 tonn/år ved to linjer og døgnbasert drift. Ved nominelle annuiteter gir dette en kapitalkostnad til kr 0,13 per kilo behandlet laks

Operasjonen krever nothåndtering for trenging av fisken. Ifølge Iversen et al. (2017) er det vanlig å benytte to servicefartøy til dette arbeidet. Kostnaden anslås til 15.000 kr/døgn per fartøy uten mannskap. Det er videre antatt at avlusningen av lokaliteten tar 5 døgn. Leiekostnadene til servicefartøyene blir da kr 0,04 per kilo behandlet laks.

Erfaringer for behov for arbeidskraft varierer mellom oppdrettere. Noen trekker frem at det krever et mannskap på totalt 20 personer, andre opplyser at de bruker 4 personer på plattform, 3 på følgebåt og 4 fra selve anlegget. Videre vil det kreve 3–4 personer å drive maskinen og 3–4 mann på to servicefartøy. I vår modell har vi samme utgangspunkt som Iversen et al. (2017), og antar 28 ansatte ved full drift. Videre antar vi 8 måneders full drift per år, med en arbeidskostnad på kr 800 000 (Statistisk sentralbyrå, 2020). Med en kapasitet på 150 000 tonn vil kostnaden tilsvare kr 0,13 per kilo behandlet laks.

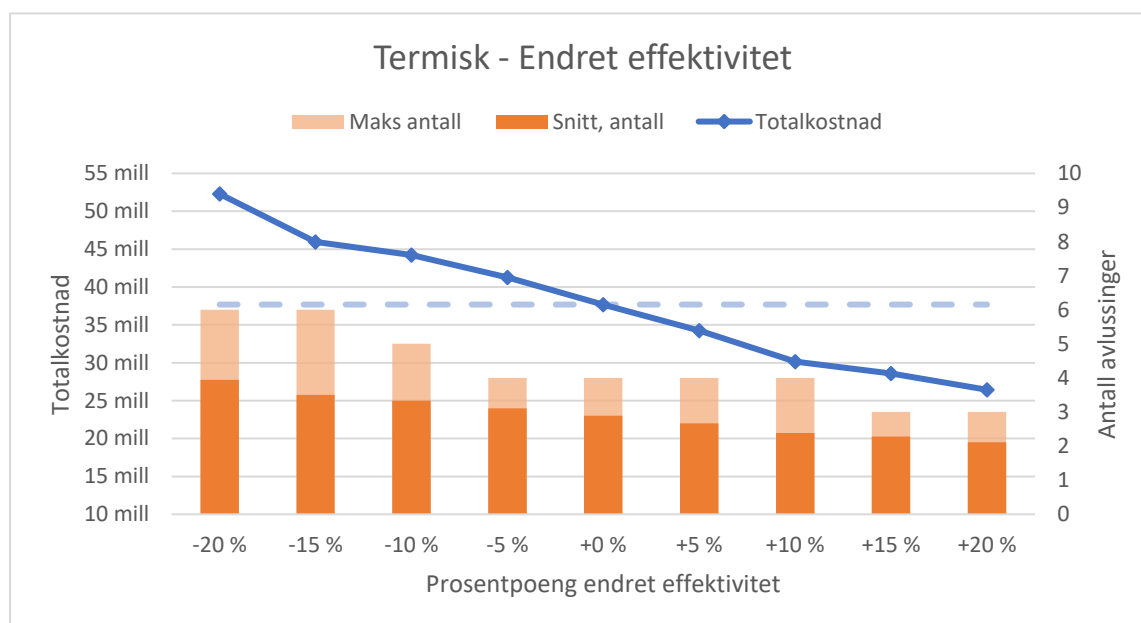
Når det gjelder forbruk av drivstoff ved drift av fartøy og rigg er det krevende å estimere forbruk. En oppdretter intervjuet av Iversen et al. (2017) mente at forbruket var 2200 kW ved drift av to linjer, og en annen ga informasjon om 5–600 kW i gjennomsnitt ved drift på 50–60 tonn/time. Vi benytter samme antagelse som Iversen et al. (2017), med et forbruk på 11 kWh/tonn. Kostnaden tilsvare 2,5 kr/kWh ved dieselgeneratorproduksjon av strøm, og regnes til 0,03 kr/behandlet kg. I tillegg kommer forbruk til servicebåten under behandling, og forbruket knyttet til flytting mellom merder og anlegg. I rapporten til Iversen et al. (2017) antok en intervjuet oppdretter at forbruket ville være 10–15 kbm/mnd, pr servicebåt. Hvis vi sier at riggen driftes i 8 måneder, og at avlusningskapasiteten er på 150.000 tonn vil dette tilsvare om lag kr 0,01 per kilo behandlet laks.

Det er lite opplysninger om kostnadene og behov for vedlikehold som kan gi rimelige anslag. En aktør mente at en årlig slippsetting var om lag 1,5 millioner kroner, mens en annen opererte med totale kostnader til drivstoff, vedlikehold og havneavgifter på 1,5 millioner kr/mnd. Vi antar en årlig vedlikeholdskostnad på 1,5 millioner, og tilsvare 0,01 kroner per kg behandlet laks.

Tabell 12 - Termisk avlusing - Modellerte kostnader pr kg behandlet		
	Kr pr kg	Forutsetning
Kapitalkostnader	0,13	Luselinje: 2 x 30 mill, 4 års levetid Lekter: 1 x 30 mill, 15 års levetid Årlig kapasitet: 150 000 tonn Avkastningskrav: 5%
Vedlikeholdskostnad	0,01	Antatt årlig: kr 1 500 000
Servicefartøy	0,04	Fartøy: 2 x 15 000 kr/dag Dager: 5
Arbeidskostnader	0,10	Årsverk: 28 årsverk à 800 000 kr Beskjeftigelse 8/12 mnd.
Drivstoffkostnader	0,03	11 kWh/tonn 2,5 kr per kWh
Total pr kg	0,31	

Sensitivitetsanalyse for effektivitet

Termisk avlusing er den behandlingsformen vi har modellert med lavest effektivitet. Dette er gjort av forsiktighetshensyn ettersom det er store variasjoner i målt effektivitet. Dersom vi hadde modellert med andre effektivitetstall for avlusingsmetodene ville kostnadsbildet blitt annerledes. Tallene i sensitivitetsanalysen presentert i Figur 19 er beregnet som gjennomsnitt av utfallene hvor det vil være behov for avlusing (produksjonsområde 2-10, med og uten luseskjørt).



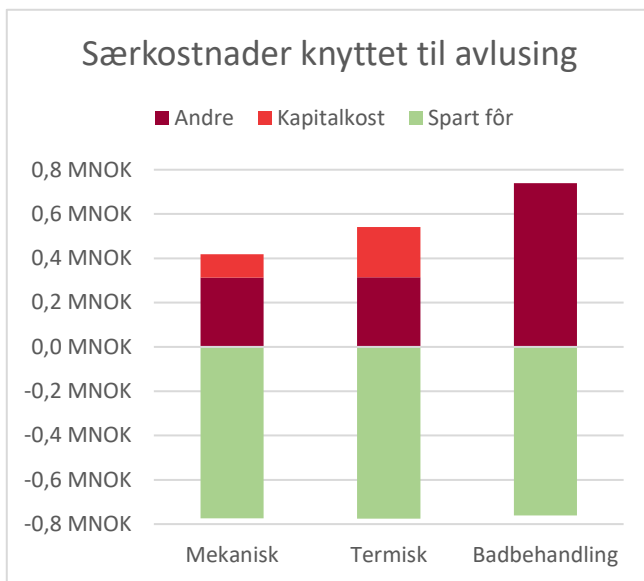
Figur 19 - Sensitivitetsanalyse, termisk avlusing

Vi ser en relativt lineær utvikling av total kostnadene som resultat av endret effektivitet. Dersom effektiviteten skulle stige med 20 prosentpoeng (opp til 100%) ville de totale avlusningskostnadene for en generasjon falt fra i underkant av 38 millioner ned til omtrent 26 millioner, et fall på 30%. I motsatt tilfelle, ved redusert effektivitet, ville kostnadsøkningen være på i underkant av 40%.

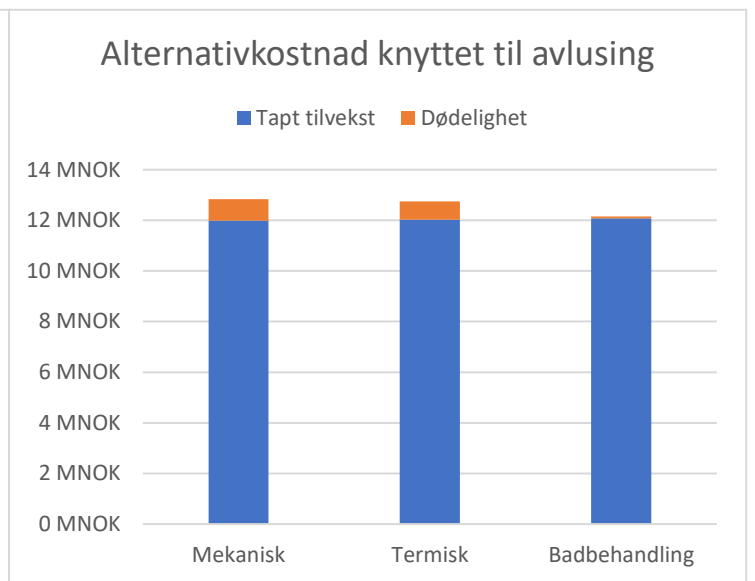
Forhold mellom særkostnader og alternativkostnader

Dersom man analyserer sammenhengen mellom direkte særkostnader og alternativkostnader for avlusingsmetodene blir det åpenbart at særkostnadene alene ikke er et godt nok mål på kostnadene en avlusing medfører. For alle de tre avlusingsmetodene vil særkostnadene knyttet til en avlusing i de fleste tilfeller være positive i vår modell, som vist i Figur 20. Dette fordi førkostnadene man sparer ved at fisken ikke spiser i 7 dager er større enn særkostnadene for de fleste avlusingstilfellene. Det er åpenbart at virkeligheten ikke er at man tjener penger på å sulte fisken, noe som kommer til syne når man regner med alternativkostnaden. Dersom man ikke regner med det sparte fôret blir forventet særkost for behandlingene i størrelsesorden 400 – 750 000, mens det med det sparte foret er det mellom 20 og 400 000 spart per avlusing.

En tilsvarende sammenligning for alternativkostnadene, vist i Figur 21, viser at den klart største alternativkostnaden ligger i den tapte tilveksten. Dette skyldes at vi som tilnærming for kostnaden knyttet til dødelighet benytter vekten på dødstidspunktet multiplisert med verdien per kg fersk laks, som diskutert i kapittel 5.3.2. Dersom vi hadde verdivurdert den døde fisken til slaktevekt den kunne oppnådd ville verdiene av dødelighet vært betydelig større. Med tilnærmingen vi benytter er størrelsesorden på alternativkostnadene mellom 12 og 13 millioner.



Figur 20 - Fordeling av særkostnader for avlusing.



Figur 21 - Fordeling av alternativkostnader for avlusing

Vi ser at alternativkostnadene knyttet til en avlusing er betydelig større enn særkostnadene knyttet til avlusingene. De største alternativkostnadene er knytte til tapt tilvekst. Vi ser at badbehandling er den behandlingen med høyest særkostnader, men med lavest alternativkostnader, grunnet lav dødelighet.

Mer om alternativkostnaden

For å få en bedre forståelse på hva som egentlig utgjør alternativkostnaden kan det være nyttig å ta en nærmere kikk på et spesifikt tilfelle. I det følgende vil vi presentere hvilke endringer som ligger til grunn for alternativkostnaden i produksjonsområde 5 med mekanisk

	Forebyggende tiltak	
	Ingen	Rensefisk
<i>Antall behandlinger</i>	4	0
<i>Dager varighet</i>	497	445
<i>Slaktevekt</i>	5 014g	5 009g
<i>Potensiell slaktevekt</i>	6 429g	5 009g
<i>Antall laks, slutt</i>	607 565	634 231

Tabell 13 - Effekt av avlusing på laksebestanden

avlusing. Vi vil sammenligne hvordan våre simulerte utfall blir dersom lokaliteten ikke benytter forebyggende tiltak og dersom lokaliteten benytter rensefisk. Dette fordi det med rensefisk ikke vil forventes noen avlusinger, mens det uten forebyggende tiltak vil forventes fire avlusinger. Med unntak av forebyggende tiltak har utfallene de samme forutsetningene, og er derfor godt egnet til å sammenligne hvilken effekt avlusinger har på produksjonen. Størrelsen på disse effektene vil avhenge spesielt av sjøtemperaturer i tidsrommet hvor avlusingene skjer. Effektene vil bli størst på sommeren, fordi det da er varmest og laksen vokser mest. Det er også på sommeren lusepresset er høyest, og dermed da det forventes flest avlusinger. Resultatene er presentert i Tabell 13.

Først og fremst forventer vi at produksjonssyklusen vil ta 52 dager mer for å oppnå en slaktevekt på 5 kg dersom det må utføres fire behandlinger. Det vil si at en avlusing i gjennomsnitt øker produksjonssyklusen med 13 dager. Vi beregner ingen isolert kostnad forbundet med en ekstra dag i produksjon, men i virkeligheten betyr dette ekstra dager med arbeidskraft, ekstra dager med kapitalbinding og det flytter forventede fremtidige inntekter fremover for alle påfølgende laksegenerasjoner. Dette knyttes det også kostnader til, men disse beregnes ikke i vår modell.

Videre ser vi forklaringen på den store alternativkostnaden knyttet til tapt tilvekst. Potensiell slaktevekt er den vekten vi beregner at laksen ville hatt dersom den hadde fått stå samme periode i sjø, under de samme forholdene, men uten avlusinger. Her er det viktig å understreke at Skrettings fôrtabell, som vi benytter som grunnlag for beregnet laksevekst, ikke estimerer

vekstfaktorer for vektklasser høyere enn 5 250 gram. Om dette skyldes at vekstkurven er relativt lik etter dette, eller at Skretting ikke anser vektklasser over 5 250 som formålstjenlig å beregne vet vi ikke.

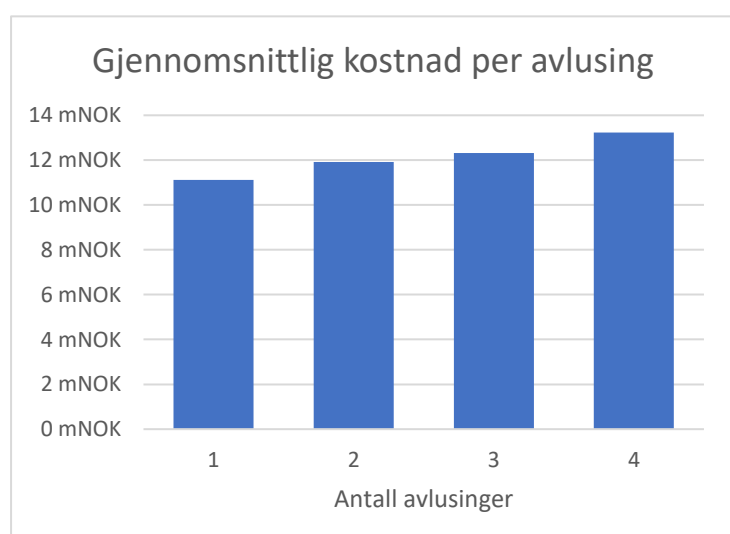
Vi beregner en differanse på 1 415g per fisk som resultat av avlusingene. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig differanse på 354g per avlusing. Ved en salgspris på 60 kr/kg tilsvarer dette en kostnad på 85 kroner per fisk. 85 kroner per fisk multiplisert med 607 565 fisk gir verdi av tapt tilvekst på i overkant av 51,5 millioner kroner, eller rett under 13 millioner per avlusing.

Som tidligere nevnt er størrelsesorden på disse differansene svært avhengig av sjøtemperaturer og når avlusingene inntreffer, i tillegg er avhenger det av laksens vekt på avlusingstidspunktet.

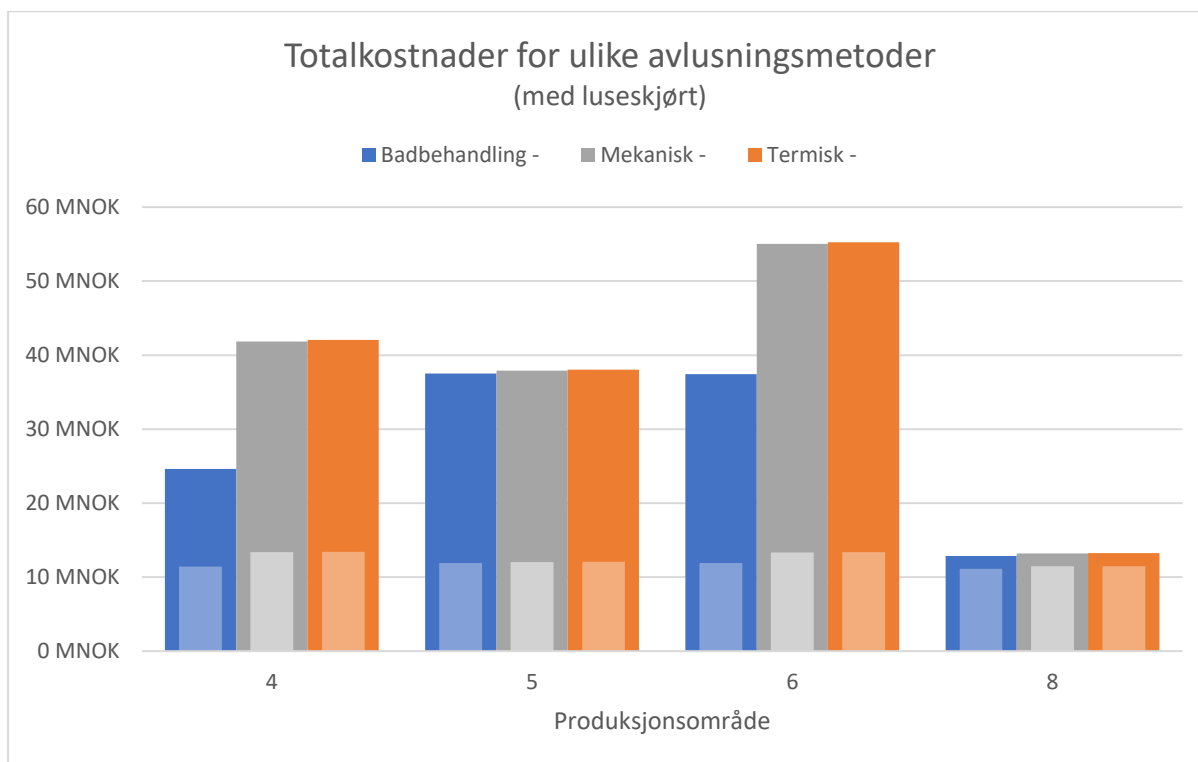
6.2.4 Mest kostnadseffektive avlusningsmetode

Figur 23 - Forventede generasjonskostnader gir et bilde av totale kostnader for en produksjonssyklus i de ulike produksjonsområdene, gitt at de har luseskjørt. Figuren inkluderer ikke produksjonsområdene 1 og 11-13 ettersom disse områdene er modellert med så lavt lusepress at det ikke forventes avlusning. Videre vises kun produksjonsområde 4, 5, 6 og 8. Dette er gjort fordi de resterende produksjonsområdene viser kostnader på sammenlignbart nivå som produksjonsområdene som vises, og at dette gjør figuren enklere å lese. De lysere søylene inne i de store søylene viser gjennomsnittlig kostnad (særkostnad + alternativkostnad) for hver behandling.

Denne figuren tar utgangspunkt i at lokalitetene har luseskjørt. Dersom lokaliteten ikke har noen form for forebyggende tiltak vil kostnadene for de ulike behandlingsmetodene bli såpass like at det ikke er et godt grunnlag for å sammenligne dem (se Appendiks B -). Grunnen til at rensefisk holdes utenfor denne diskusjonen er at rensefisk er modellert så effektivt at det ikke forventes behov for avlusning i noen av produksjonsområdene dersom de har rensefisk (se kapittel 6.1.3).



Figur 22 - Kostnad per avlusing ved ulikt antall avlusinger



Figur 23 - Forventede generasjonskostnader

Det er slik at antall avlusninger som må utføres er det som har størst påvirkning på den totale kostnaden. I de to tilfellene vi ser at badbehandling er klart rimeligste alternativ, i produksjonsområde 3 og 6, skyldes dette nesten utelukkende at avlusningseffekten gjør at det ikke er behov for en siste avlusning. I de fleste tilfeller har små differanser i effektivitet lite å si, men i tilfeller der man akkurat slipper å utføre en avlusning vil dette kunne ha stor effekt. Målt per produserte kg ved generasjonens slutt utgjør forskjellen mellom badbehandling og de to andre avlusningsformene 5,77 kroner, eller i underkant av 10% av laksens tollverdi ved grensen.

Differansene i gjennomsnittlig kostnad per avlusning varierer i takt med når avlusningene blir utført. Jo senere i produksjonssyklusen behandlingen utføres, desto høyere er alternativkostnaden knyttet til avlusningen i vår modell. Dette skyldes at vi beregner alternativkostnaden ut fra laksens vekt på tidspunktet den dør, og får stor effekt i tilfellene hvor det utføres flere avlusninger (se Figur 22). Kostnaden for en gjennomsnittlig behandling stiger med om lag 2 millioner når antallet avlusninger går fra 1 til 4, en øking på omkring 20%. Denne økningen skyldes altså hovedsakelig når i produksjonssyklusen avlusningen skjer, og er ikke egentlig en konsekvens av at flere avlusninger gir økte kostnader per avlusning.

6.3 Evaluering av beregningsmodell

Beregningsmodellen er bygget på en rekke forutsetninger og tilnærminger som ikke nødvendigvis speiler virkeligheten. I dette delkapittelet skal vi se nærmere på de viktigste faktorene som kan være svakheter i modellen, og som dermed kan påvirke resultatene og analysens validitet.

6.3.1 Usikkerhet knyttet til parametre

Avlusningseffekter og dødelighet

Vi har tidligere i kapittelet diskutert hvordan effektivitet knyttet til avlusningene kan påvirke kostnadsbildet. I arbeidet med å finne ut hvor effektive ulike avlusingsmetoder er har det vist seg å generelt være lite dokumentasjon på området og i mange tilfeller variasjoner i hvor effektive metodene er funnet å være. Som tidligere diskutert i oppgaven har endringene i avlusningsmetoder skjedd relativt hurtig, og det er etterslep på gode undersøkelser av nyere teknologi. Vi har gjennomgående lagt oss på en forsiktig linje basert på funnene vi gjorde i vårt litteratursøk. Likevel blir ikke tallene fra beregningsmodellen bedre enn tallene den baseres på, og dersom effektivitetstallene vi har benyttet viser seg å være lite representative for virkeligheten vil heller ikke beregningsmodellen beregne en representativ kostnad.

Dødeligheten av tiltakene mot lakselus har mange av de samme utfordringene som knyttes til effektivitet. Dersom dødeligheten endres, vil kostnadene knyttet til dødelighet naturligvis også endres. Alternativkostnadene er helt klart den største delen av kostnadene knyttet til avlusning. Jo større fisken blir, jo større er alternativkostnaden knyttet til fiskens død. Samtidig viser det seg for noen avlusningsmetoder at større fisk opplever økt dødelighet knyttet til avlusingen, selv effektstørrelsen ikke er målt (Walde et al., 2021).

Disse parameterne er helt klart med på å gjøre oppgavens validitet usikker. Vi mener at vi har funnet så representative tall som er mulig å finne i dagens litteratur, men anerkjenner at dette ikke betyr at det nødvendigvis representerer virkeligheten.

Temperatur

Vi har gjort tilnærminger for temperatur for hele produksjonsområder. Det er hovedsakelig to store utfordringer med denne måten å gjøre det på:

1. Historisk temperatur er ikke nødvendigvis egnet til å predikere fremtidig temperatur. Temperaturer varierer fra år til år og fra lokalitet til lokalitet. Modellen benytter kun temperatur for ett år i hvert produksjonsområde, og dersom dette året viser seg å være lite representativt for produksjonsområdet vil heller ikke beregningene som gjøres med bakgrunn i temperatur være representative.
2. Vi har beregnet gjennomsnittlig rapportert sjøtemperatur for hvert produksjonsområde. Det gjør modellen bedre egnet til å kunne si noe generelt om produksjonsområdene, men temperaturer varierer innad i produksjonsområdene. Beregninger som gjøres for et produksjonsområde vil derfor ikke være representativt for enhver lokalitet i området, men vil kunne si noe om området som helhet.

Lusepress

På samme måte som vi har gjort en tilnærming for temperatur for hele produksjonsområdet har vi laget en tilnærming for lusepress for hele produksjonsområdet. Dette medfører de samme svakhetene. I tillegg er det slik at lusepresset kan være episodevis veldig høyt i enkelte områder, noe som vil kunne føre til episoder med svært høy smitte i områdene. Ettersom vi benytter median smittepress for alle lokaliteter i produksjonsområdene vil slike episoder i liten eller ingen grad påvirke våre beregninger. Det er en fordel fordi våre beregninger forsøker å si noe generelt om kostnadene i hvert enkelt produksjonsområde, men gir en tydelig begrensning med tanke på hvor anvendelig våre funn er for en oppdretter i et gitt område.

Ettersom vi ikke har tilgjengelig data for hele året, var vi nødt til å gjøre en tilnærming for lusepresset i periodene vi ikke hadde tilgjengelig data (se kapittel 5.2.2). Denne tilnærming er ikke fullgod, men så langt vi har mulighet til å evaluere er den rimelig. Lusepressdata for et helt år ville gitt et mer representativt lusepressmønster, og tilnærmingen er med på å svekke oppgavens validitet.

Videre er lusepresset vi benytter i vår modell basert på beregninger gjort med havforskningsinstituttets hydrodynamiske spredningsmodell, med de svakhetene det medfører. Denne modellen baserer seg på innrapporterte data fra lokalitetene i områdene, og er dermed utsatt for mulige målefeil og menneskelige feil knyttet til denne rapporteringen. Videre er det

en iboende usikkerhet i naturlige fenomener, noe også den hydrodynamiske spredningsmodellen er sårbar for.

I tillegg har vi gjort en antagelse om at hele det opplevde smittepresset for en lokalitet fester seg på laksen. Dette er en tilnærming vi ikke vet om stemmer, og som det ikke finnes god litteratur på (Asplin, L., personlig kommunikasjon, mai 2021).

Laksevekst

Laksens vekst er i stor grad avhengig av temperatur. Fordi det er knyttet usikkerhet til temperatur blir det følgelig usikkerhet knyttet til laksens tilvekst.

Vi benytter Skrettings fôrtabell for å beregne forventet vekst. Dette er beregninger gjort av Skretting basert på et betydelig datagrunnlag og bør være egnet til å si noe generelt om forventet tilvekst hos atlantisk laks. Likevel er det slik at vekst vil kunne påvirkes også av andre faktorer enn laksens vekt og sjøtemperatur. Andre eksterne faktorer som strømforhold kan påvirke vekst, det samme kan hvilken type fôr som gis. Ettersom våre beregninger forsøker å si noe generelt om produksjonsområdene mener vi dette er en god tilnærming.

Skrettings fôrtabell oppgir forventet daglig vekst for laks opp til 5 250 gram. For vår modell er dette problematisk i noen tilfeller for potensiell laksevekt. Potensiell laksevekt er i vår modell vekten laksen kunne oppnådd dersom det ikke ble utført avlusinger. I noen tilfeller får vi verdier for potensiell vekt opp mot 6,5 kg. Vi vet ikke om Skretting ikke oppgir laksevekst etter 5 250 gram fordi laksen har en jevn vekt etter dette, eller fordi de ikke anser det som hensiktsmessig gå beregne. Dersom vekstfaktoren oppgitt for 5 250 gram ikke er representativt for fisk i hele spennet mellom 5 250 til 6 500 gram vil beregnet potensiell vekt i disse tilfellene ikke være representativt.

6.3.2 Utelatte komponenter

Reproduksjon av lus

Vi har ikke estimert hvordan lusen reproduksjon innad i merder og lokaliteter vil kunne påvirke lusenivået. Forventet spredning basert på historiske lusenivåer tas hensyn til i den hydrodynamiske spredningsmodellen til Havforskningsinstituttet, men dette sier ikke noe om spredningen kan forventes innad i en lokalitet. Dersom det viser seg at intern reproduksjon har stor betydning for opplevd lusepress, utover det som fanges opp av den hydrodynamiske

spredningsmodellen, vil det å inkludere en modellering av dette kunne ha stor betydning for beregningene som gjøres.

Fiskehelse

Fiskehelse kan være en viktig forklarende faktor for dødelighet knyttet til avlusninger. Vi har imidlertid ingen tilnærming for dette i vår modell. Fiskens helse kan påvirkes av en rekke faktorer. Blant annet kan funn diskutert i kapittel 4.3 tyde på at fiskens helse svekkes i etterkant av avlusninger. I tillegg er det utfordringer knyttet også til andre sykdommer i lakseoppdrett (Sommerset et al., 2021), og dersom fisken allerede er smittet med andre sykdommer vil dens toleranse for stress knyttet til avlusninger være lavere enn ellers.

Svekket fiskehelse kan også gjøre seg gjeldende når det gjelder kvalitetsvurdering av laksekjøttet. En dårligere kvalitetsvurdering fører til lavere salgspris, og kan få betydelige økonomiske konsekvenser dersom det gjelder store deler av produksjonen.

Utelatte kostnader

Vi har forsøkt å inkludere alle kostnader knyttet til avlusning, men det kan være økonomiske effekter vi ikke har klart å inkludere i våre beregninger. Dette vil i så tilfelle kunne påvirke kostnadsbildet og føre til andre konklusjoner enn det vi har kommet til i våre analyser.

En viktig kostnad vi har diskutert tidligere, men ikke inkludert i beregningene, er kostnaden knyttet til konsesjonen for oppdrett. Som forklart i kapittel 2.1.1 skyldes dette at kostnaden for en konsesjon ville være en endogen variabel, og derfor vanskelig kan analyseres med denne beregningsmodellen. Likevel er det slik at det å anskaffe en konsesjon er en betydelig økonomisk belastning og at det derfor oppstår betydelige kapitalkostnader knyttet til en slik investering.

For en gitt konsesjonskostnad vil produksjonssyklusens tidsbruk påvirke kapitalkostnadene knyttet til generasjonen. Kortere tidsbruk gir lavere belastet kapitalkostnad. Ettersom avlusning medfører sultperiode, og dermed negativ vekst, vil avlusninger også øke belastningen av kapitalkostnader. Dette er sant for alle økonomiske eiendeler hvor levetiden er avhengig av tid, ikke bruk. For store investeringer som konsesjon vil effekten av dette kunne være betydelig. Ettersom antall avlusninger dermed også påvirker prisen på en konsesjon er denne effekten utelatt, men er viktig å være klar over.

Andre bekjempelsesstrategier

Vi har sammenlignet ni ulike bekjempelsesstrategier i våre beregninger. Det er allikevel en rekke andre bekjempelsesstrategier som kan være verdt å analysere.

Eksempelvis har vi forutsatt at forebyggende tiltak benyttes hele året. Et annet alternativ er å kun ha tiltakene deler av året. Grunnet manglende dokumentasjon på kryseffekter har vi heller ikke undersøkt hvordan det å ha både luseskjørt og rensfisk fungerer i samspill. Som nevnt har det ikke i våre beregninger vært nødvendig å utføre avlusing når rensfisk har vært benyttet, men det kan være at det å ha et lavere blandingsforhold mellom rensfisk sammen med luseskjørt kan være mindre kostbart. Vi har, av hensyn til oppgavens omfang, ikke inkludert analyser av denne type strategiendringer.

Det finnes også avlusingsmetoder vi ikke har gjort beregninger for å vår oppgave. Medisinsk fôr og ferskvannsavlusing er eksempler på dette. I tillegg finnes andre forebyggende tiltak som nedsenkbar merd, snorkelmerd og laser (Iversen et al., 2017). Grunnene til at vi har utelatt disse er enten manglende dokumentert utbredelse, lite dokumentasjon på effekt, eller en kombinasjon av disse.

6.3.3 Analysens validitet

Kostnadsestimatene benyttet i alle beregninger er basert på funn i Iversen et al. (2017). Deres kostnader er basert på intervjuer og tilbakemelding med oppdrettere. Likevel er det sann at for mange av estimatene har de måttet gjøre subjektive vurderinger og antagelser for å estimere faktorer som tidsbruk og transportkostnader. Slike faktorer vil variere mellom ulike lokaliteter og mellom produksjonsområder. I tillegg har vi i liten grad oppdatert prisene fra nivået som ble rapportert i 2017. Dette påvirker analysens validitet negativt. Likevel er det slik at vi ikke forsøker å sette en nøyaktig pris på bekjempelsesstrategiene, og vi vurderer derfor kostnadsestimatene til å være tilstrekkelig valide til oppgavens formål.

Vi har vist at alternativkostnadene knyttet til avlusningene er den klart største delen av totale kostnader, sammenlignet med særkostnadene. Størrelsen på alternativkostnadene er avhengig av lakseprisen man kunne solgt laksen for. Vi har, som forklart i kapittel 5.2.5, benyttet en salgspris på 60 kroner per kg. Dette er en forenkling, både fordi vi har benyttet verdi ved landegrensen, og fordi lakseprisene varierer. Lakseprisene varierer med laksens vektkategori, kvalitetsklassifisering og den varierer over tid. Lakseprisen er derfor ikke representativ for ethvert tidspunkt i produksjonssyklusen. Likevel er det slik at endringer i lakseprisen vil endre

forholdet mellom de ulike avlusningsmetodenes alternativkostnader likt, og vil derfor ikke påvirke hvilke som har minst kostnader knyttet til seg (gitt at lakseprisen varierer innenfor et relevant nivå). Vi vurderer derfor ikke dette til å være en avgjørende faktor i vurdering av vår analyses validitet.

Størrelsen på alternativkostnadene er imidlertid også i stor grad avhengig av dødelighets- og effektivitetstall for behandlingsformene. Som tidligere diskutert er det utfordrende å finne gode, etterprøvde og oppdaterte tall for disse faktorene. Vi diskuterte i kapittel 5.3.2 at dødelighet for flere avlusningsmetoder tilsynelatende reduseres med tiden, altså at dødeligheten i 2017 tilsynelatende var lavere enn dødeligheten i 2016. Vi har benyttet dødelighetsrater for 2017, men dersom disse dødelighetsratene er vesentlig forbedret vil også kostnadene knyttet til avlusningene vesentlig reduseres.

Smittetrykk og temperatur er generalisert, ved hjelp av henholdsvis median og gjennomsnitt, til å representere hvert produksjonsområde basert på historikk. Denne metoden har to store svakheter som påvirker beregningenes validitet i negativ retning. For det første er ikke nødvendigvis historisk nivå godt egnet til å predikere fremtiden. For det andre gjør dette at beregnede nivåer ikke nødvendigvis er representativt for noen av lokalitetene i området. Det er viktig å merke seg at vi ikke forsøker å si noe konkret om hva som oppleves for én bestemt virkelig lokalitet, men generelt om en hypotetisk lokalitet plassert i hvert produksjonsområde. For dette formålet mener vi tilnærmingen har tilstrekkelig sterk validitet.

For å gjøre beregninger for avlusingskostnader knyttet til en lokalitet var vi nødt til å ta noen forutsetninger for lokalitetens utforming. Lokaliteten er tilsvarende den forutsatt av Iversen et al. (2017), slik at deres kostnadsestimater i størst mulig grad skal kunne benyttes for lokaliteten vi beskriver, og slik øke validiteten. Hvorvidt dette er en representativ lokalitet for hvert produksjonsområde vil i stor grad påvirke i hvilken grad beregningene er valide for en representativ lokalitet i produksjonsområdet. Vår analyse sier noe om hvilke kostnader en lokalitet med gitte forutsetninger vil kunne forvente i et gitt produksjonsområde, og vil i så måte være valid.

Ekstern validitet omhandler hvorvidt funn og analyser med bakgrunn i denne beregningsmodellen kan generaliseres til å gjelde utover vår hypotetiske lokalitet. Med datagrunnlaget vi har benyttet for temperatur, lusepress og lokalitetsforutsetninger som størrelse er den lite egnet til å kunne si noe om en reell lokalitet. Likevel, dersom man benytter historisk temperatur- og lusepressdata for en gitt lokalitet, og oppdaterer forutsetninger som

antall merder og utsett av smolt, kan modellen være egnet til å estimere en produksjonssyklus for denne lokaliteten. Våre analyser og diskusjoner er imidlertid på et mer aggregert nivå. Nettopp fordi vi aggregerer temperatur- og smittepressdata vil selv diskusjonene på produksjonsområde-nivå ikke nødvendigvis være representativ for reelle lokaliteter i det produksjonsområdet, men for produksjonsområdet generelt.

Oppsummert vurderer vi oppgavens validitet til å være god til vårt formål. Vårt formål er først og fremst å si noe om hvor store kostnader som er knyttet til ulike strategier for bekjempelse av lakselus. Når det er sagt er det viktig å gjøre oppmerksom på at funnene ikke vil være egnet til å si noe nøyaktig om hva kostnadene vil være, til det er det for mange usikre momenter. Likevel kan funnene si noe generelt om hvordan forhold i de ulike produksjonsområdene påvirker kostnadene knyttet til avlusing, til å si noe om hvordan ulike og til å estimere kostnadene knyttet til avlusinger.

7. Diskusjon og konklusjon

Rensefisk viser seg å være svært effektivt med denne modellen. I vår modell vil ikke lokaliteten ha behov for avlusing, uavhengig av i hvilket produksjonsområde den er lokalisert, dersom den benytter rensefisk. Vi vet imidlertid at også lokaliteter med rensefisk kan ha behov for avlusinger, noe som tyder på at det er noe vår modell ikke fanger opp. Det kan være at lusepresset jevnes ut for mye ved at vi beregner median, at vi benytter en større andel rensefisk mot laks enn hva lokalitetene som må avluse benytter, eller at rensefisk ikke er så effektivt som forskningen vi baserer oss på tilsier. At rensefisk er et effektivt forebyggende tiltak, samsvarer godt med den økte bruken de siste årene.

Ellers finner vi lite forskjell mellom kostnadene knyttet til de ulike avlusningsmetodene, relativt til hvor store de er. Dersom de totale behandlingskostnadene fordeles på antall kg laks produsert blir badbehandling jevnt over omkring 40 øre billigere, mens totale kostnader ligger mellom 8 og 14 kroner per kg i de fleste tilfeller. Badbehandling med hydrogenperoksid er den behandlingsformen med lavest totale kostnader i vår modell. Dette skyldes den lave dødeligheten knyttet til badbehandling. Grunnet resistensproblematikk er imidlertid badbehandling en avlusningsmetode som bør brukes med forsiktighet. Dersom effektiviteten til avlusningsmetoden faller, vil kostnadsbildet for behandlingen øke. Det er også slik at både termisk og mekanisk avlusing er relativt nye avlusningsmetoder som er i rask utvikling. Dersom effektiviteten og/eller dødeligheten tilknyttet tiltakene har blitt vesentlig bedret de siste årene vil kostnadsbildet også kunne være vris i en mer fordelaktig retning for disse. Badbehandling har de klart høyeste særkostnadene, slik at både mekanisk og termisk avlusing potensielt kan bli billigere enn badbehandling dersom de blir tilstrekkelig effektive og/eller skånsomme for laksen.

De ulike produksjonsområdene har ulike kostnadsbilder. Vi finner at det er minste forventede avlusningskostnadene i produksjonsområde 1 og 11-13 hvor det ikke forventes noen avlusinger. Produksjonsområdene 8-10 har de laveste forventede avlusningskostnadene av områdene hvor det forventes avlusing, mens 2-7 har de høyeste forventede avlusningskostnadene. Den viktigste driveren for forventede avlusningskostnad er antall forventede avlusinger, som drives av lusepresset. Videre vil gode vekstforhold for laksen til en viss grad bidra til økte forventede avlusningskostnader, fordi det at laksen vokser raskere bidrar til at den tapte tilveksten som resultat av sultperioden blir større.

Lakselus er en svært kostbar utfordring å håndtere. Det gjør det viktig å ha et godt beslutningsgrunnlag når man tar avgjørelser relatert til dette. Vårt håp er at denne oppgaven kan være en del av dette beslutningsgrunnlaget.

7.1 Anbefalinger for videre forskning

En av de største utfordringene med denne oppgaven har vært det å finne godt tallgrunnlag for de ulike behandlingsmetodene. Det at oppdrettsnæringen raskt har gjort et skifte til andre avlusingsmetoder har skapt et etterslep i dokumentasjon på effektivitet, og det er manglende kunnskap vedrørende effektivitet og dødelighet for tiltak mot lakselus. Bedre informasjon om dette vil gjøre det mulig å utvikle mer nøyaktige verktøy for å estimere kostnadene, og dermed fremskaffe et bedre beslutningsgrunnlag for aktører i oppdrettsæringen.

Videre ville en god modell for prising av konsesjoner være nyttig. Som vi redegjorde for i kapittel 2.1.1 har vi utelatt problematikk knyttet til konsesjon i denne oppgaven. Kapitalkostnadene knyttet til konsesjonen vil imidlertid være store, og det at avlusing påvirker fordelingsgrunnlaget for disse kapitalkostnadene kan ha en stor effekt. Det ville være interessant å få belyst også disse kostnadene.

Det vil også være interessant å undersøke flere ulike behandlingsstrategier. Eksempler på behandlingsstrategier kan være når laksen settes ut i sjø, bruk av ulike funksjonelle fôr, andre grenser for avlusing og blandingsforhold av rensefisk.

Også det å studere kryseffektene mellom ulike behandlinger og ulike forebyggende tiltak. Vi har imidlertid ikke funnet god nok data til å kunne simulere dette. Eksempelvis kan det godt tenkes at kombinasjonen rensefisk og luseskjørt er en svært god strategi i områder som opplever stort lusepress.

Litteraturliste

- Akvakulturdriftsforskriften. (2008). *Forskrift om drift av akvakulturanlegg* (FOR-2008-06-17-822). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>
- Aldrin, M., Huseby, R. B., Stien, A., Grøntvedt, R. N., Viljugrein, H. & Jansen, P. A. (2017). A stage-structured Bayesian hierarchical model for salmon lice populations at individual salmon farms – Estimated from multiple farm data sets. *Ecological Modelling*, 359, 333-348. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.05.019>
- Alsaker, L. S. (2019, 18.02.2019). *Oppdretts-vedtaket i Tromsø i et rettslig perspektiv*. <http://fiskejuss.no/2019/02/oppdretts-vedtaket-i-tromso-i-et-rettslig-perspektiv/>
- Barentswatch. (2021a). *Lakselus*. <https://www.barentswatch.no/nedlasting/fishhealth/lice>
- Barentswatch. (2021b). *Tiltak mot lus*. <https://www.barentswatch.no/nedlasting/fishhealth/treatments?lang=no>
- Bergheim, A. (2018). Veksttap med luseskjørt og aktuelle tiltak. *Norsk Fiskeoppdrett*, 11, 66-67. <https://www.biomarine.no/wp-content/uploads/2019/01/NFE3-2018-s-66-67-Oksygen.pdf>
- Berglihn, H. & Furuset, A. (2020, 08-12-2020). Lakseprisene på historisk lave nivåer: - Jeg har aldri opplevd et så dødt julesalg. *Dagens Næringsliv*. <https://www.dn.no/havbruk/laksepriser/fram-seafood/sinkaberghansen/lakseprisene-pa-historisk-lave-nivaer-jeg-har-aldri-opplevd-et-sa-dodt-julesalg/2-1-926469>
- Bjørnenak, T. (2019). *Strategiske lønnsomhetsanalyser* (1. utg. utg.). Fagbokforlaget.
- Bøhren, Ø. & Gjærum, P. I. (2015). *Finans: Innføring i Investering og Finansier*. Fagbokforlaget.
- Colquhoun, D., Garseth, Å.-H., Gudding, R., Helgesen, K., Holst-Jensen, A., Lillehaug, A., Løkka, G., Mo, T. A., Qviller, L. & Skaar, I. (2018). *Smitte mellom oppdrettsfisk og villfisk: Kunnskapsstatus og risikovurdering* (12 -2018). https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2018/smitte-mellom-oppdrettsfisk-og-villfisk-kunnskapsstatus-og-risikovurdering/_attachment/download/58510268-5672-4f33-9227-6e8d2c903f0b:4b5b1385eab7b21d678f34549f3d142590ac3a55/2018-12%20-%20Smitte%20mellom%20oppdrettsfisk%20og%20villfisk%20-%20Kunnskapsstatus%20og%20risikovurdering.pdf
- Dalland, O. (2017). *Metode og oppgaveskriving*. Gyldendal.
- Datar, S. M. & Rajan, M. V. (2021). *Horngren's cost accounting - A managerial emphasis* (17. utg. utg.). Pearson.
- Einen, O., Waagan, B. & Thomassen, M. S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 166(1-2), 85-104. [https://doi.org/10.1016/s0044-8486\(98\)00279-8](https://doi.org/10.1016/s0044-8486(98)00279-8)
- Erikson, U., Solvang, T. S., Marte, Ag, S., Strand, A. & Aalberg, K. (2018). *Hydrolicer - Utredning av system, stress og velferd ved avlusing* (2018:01081). SINTEF.
- Ervik, L. C. (2021, 19.-20. januar). *Luseåret 2020 Rensefisk og forebyggende metoder*. Lusekonferansen 2020, <https://vimeo.com/502167248>
- Finansdepartementet. (2020, 07-10-2020). *Skattesatser 2021*. <https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/skatte-og-avgifter/skattesatser-2021/id2767458/>
- Fiskeridirektoratet. (2017, 24-04-2017). *Tildelingsprosessen*. Anne B. Osland. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Tildelingsprosessen>
- Fiskeridirektoratet. (2020a, 03-09-2020). *Auksjon august 2020*. Anne B. Osland. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Auksjon-av-produksjonskapasitet/Auksjon-august-2020>

- Fiskeridirektoratet. (2020b). *Utsett av rensefisk 1998-2019*.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
- Fiskeridirektoratet. (2020). *Utsett av rensefisk (1997-2019)*.
https://www.fiskeridirektoratet.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon/_attachment/download/988937e3-d88b-4b0e-8586-6b0b41076ea0:da056c3600852de4f36b4d31bc6e368d4d699100/sta-laks-mat-10-rensedefisk-avsluttet.xlsx
- Fiskeridirektoratet. (2021a). *Rømmingsstatistikk*. Hentet 05-05 fra
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Roemningsstatistikk>
- Fiskeridirektoratet. (2021b, 16-02-2021). *Utviklingstillatelser*.
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>
- Forskrift om kapasitetsjusteringer for tillatelser til akvakultur med matfisk i sjø i 2020. (2020).
Forskrift om kapasitetsjusteringer for tillatelser til akvakultur med matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret i 2020 (FOR-2020-07-16-1570).
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2020-02-04-105>
- Forskrift om lakselusbekjempelse. (2012). *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg* (FOR-2018-04-19-674).
<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>
- Frank, K., Gansel, L. C., Lien, A. M. & Birkevold, J. (2014). Effects of a Shielding Skirt for Prevention of Sea Lice on the Flow Past Stocked Salmon Fish Cages. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 137(1).
<https://doi.org/10.1115/1.4028260>
- Furuset, A. (2020, 28-10-2020). Koronapandemien presser lakseprisene ned mot produksjonskostnad. *Dagens Næringsliv*.
<https://www.dn.no/havbruk/laks/mowi/laksepriser/koronapandemien-presser-lakseprisene-ned-mot-produksjonskostnad/2-1-901166>
- Ganti, A. (2021, 06-05-2021). *Unlevered Beta*. Hentet 10-05-2021 fra
<https://www.investopedia.com/terms/u/unleveredbeta.asp#:~:text=Unlevered%20beta%20>
- Geitung, L., Wright, D. W., Oppedal, F., Stien, L. H., Vågseth, T. & Madaro, A. (2020). Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn-winter production. *Aquaculture*, 528, 735623.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735623>
- Gismervik, K., Nielsen, K. V., Lind, M. B. & Vijugrein, H. (2017). *Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem - dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus* (Veterinærinstituttets rapportserie, Issue).
- Gjesdal, F. & Johnsen, T. (1999). *Kravsetting, lønnsomhetsmåling og verdsettelse*. Cappelen Damm.
- Grave, K., Horsberg, T., Lunestad, B. & Litleskare, I. (2004). Consumption of drugs for sea lice infestations in Norwegian fish farms: methods for assessment of treatment patterns and treatment rate. *Diseases of Aquatic Organisms*, 60, 123-131.
<https://doi.org/10.3354/dao060123>
- Grefsrud, E. S. G., Kevin; Grøsvik, Bjørn Einar; Husa, Vivian; Karlsen, Ørjan; Kristiansen, Tore S; Kvamme, Bjørn Olav; Mortensen, Stein; Samuelsen, Ole Bent; Stien, Lars Helge, Svåsand, Terje. (2018). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2018* (Fisken og havet særnummer ; 2018:01, Issue. Havforskningsinstituttet.
- Grøntvedt, R. N. & Kristoffersen, A. B. (2015). *Permaskjørt kan redusere påslag av*

- lakselus - analyse av felldata* (Rapport 2 - 2015). Veterinærinstituttet. https://www.sintef.no/contentassets/873ce07b8e114920b7d4deb32657be34/m11_veterinærinstituttets-rapportserie-02-15-permaskjort-kan-reducere-palsag-av-lakselus--analyse-av-felldata.pdf
- Grøntvedt, R. N., Kristoffersen, A. B. & Jansen, P. A. (2018). Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture*, 495, 865-872. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.069>
- Grøntvedt, R. N. N., I.K. G; Viljugrein, H.; Lillehaug, A.; Nilsen, H.; Gjevne, A.-G. . (2015). *Termisk avlusning av laksefisk . dokumentasjon av fiskevelferd og effekt* (13). (Veterinærinstituttets rapportserie, Issue.
- Hage, Ø. (2019, 15.01.2019). - Ugyldig Tromsø-forbud mot oppdrett. *IntraFish*. <https://www.intrafish.no/nyheter/ugyldig-tromso-forbud-mot-oppdrett/2-1-519746>
- Hamre, L. A., Eichner, C., Caipang, C. M. A., Dalvin, S. T., Bron, J. E., Nilsen, F., Boxshall, G. & Skern-Mauritzen, R. (2013). The Salmon Louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) Life Cycle Has Only Two Chalimus Stages. *PLOS ONE*, 8(9), e73539. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073539>
- Harrison, W. T. & Horngren, C. T. (2008). *Financial accounting* (7th ed. utg.). Pearson Prentice Hall.
- Helgesen, K. O., Romstad, H., Aaen, S. M. & Horsberg, T. E. (2015). First report of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. *Aquaculture Reports*, 1, 37-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.01.001>
- Heuch, P. A., Nordhagen, J. R. & Schram, T. A. (2000). Egg production in the salmon louse [*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)] in relation to origin and water temperature. *Aquaculture Research*, 31, 805-814. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00512.x>
- Holan, A. B., Roth, B., Breiland, M. S. W., Kolarevic, J., Hansen, Ø. J., Iversen, A., Hermansen, Ø., Gjerde, B., Hatlen, B., Mortensen, A., Lein, I., Johansen, L.-H., Noble, C., Gismervik, K. & Espmark, Å. M. (2017). *Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI)* (10/2017). Nofima.
- Huitt, W., Hummel, J. & Kaeck, D. (1999, Januar, 1999). *Internal and External Validity*. <http://www.edpsycinteractive.org/topics/intro/valdgn.html>
- Imslund, A. K. D., Hanssen, A., Nytrø, A. V., Reynolds, P., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C. & Mikalsen, B. (2018). It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infestation in large-scale salmon farming. *Biology Open*, 7(9), bio036301. <https://doi.org/10.1242/bio.036301>
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandcik, R. K., Marthinussen, A. & Nystøyl, R. (2015). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett* (41/2015). Nofima.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R. & Hess, E. J. (2017). *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett - med fokus på før- og lusekostnader*. N. AS.
- Jensen, E. M., Horsberg, T. E., Sevatdal, S. & Helgesen, K. O. (2020). Trends in de-lousing of Norwegian farmed salmon from 2000–2019—Consumption of medicines, salmon louse resistance and non-medicinal control methods. *PLOS ONE*, 15(10), e0240894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240894>
- Johannesen, A., Kristoffersen, L. & Tuft, P. A. (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. Abstrakt forlag.
- Johansen, B. B. (2014). *Luseskjørt - Dokumentasjon av praktisk bruk og nytte* (Sluttrapport, FHF-prosjekt 900834). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/?fileurl=https://fhfno.sharepoint.com/sites/pdb/Dokumenter/900834/FHF%20900834%20Planktonduk%20->

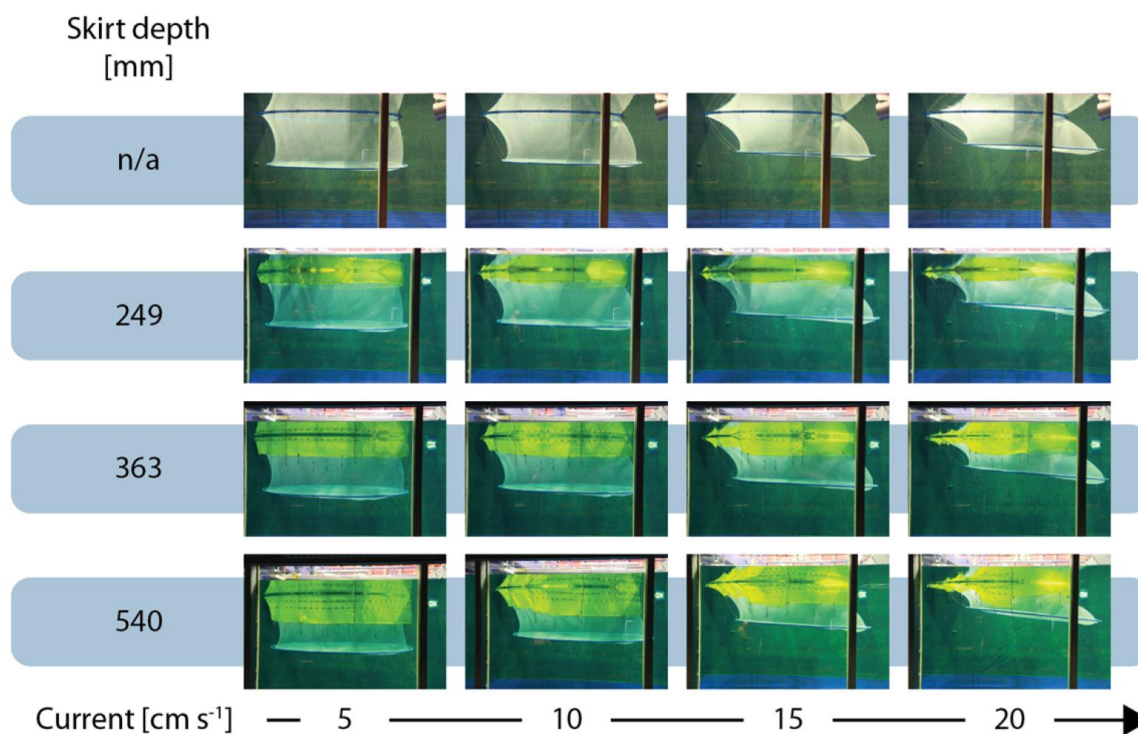
- [%20sluttrapport%2024-03-2014%20fra%20Nordlaks-28032014.pdf&filename=Sluttrapport:%20Luseskj%C3%B8rt%20E2%80%93%20dokumentasjon%20av%20praktisk%20bruk%20og%20nytte.%20FHF%20900834%20Planktonduk:%20Sluttrapport,%20FHF-prosjekt%20900834](#)
- Johnson, S. A., L. (1991). Development, Growth, and Survival of *Lepeophtheirus Salmonis* (Copepoda: Caligidae) Under Laboratory Conditions. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 71(2), 425-436. <https://doi.org/10.1017/S0025315400051687>
- Kragesteen, T. J., Simonsen, K., Visser, A. W. & Andersen, K. H. (2019). Optimal salmon lice treatment threshold and tragedy of the commons in salmon farm networks. *Aquaculture*, 512, 734329. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734329>
- Kyst.no. (2021, 31-03-2021). *Antallet merder med dispensasjon fra Mattilsynet tredoblet*. <https://www.kyst.no/article/antallet-merder-med-dispensasjon-fra-mattilsynet-tredoblet/>
- Laksetildelingsforskriften. (2004). *Forskrift om tillatelse til akvakultur for laks, ørret og regnbueørret* (FOR-2004-12-22-1798).
- Lien, A. M., Volent, Z., Jensen, Ø., Lader, P. & Sunde, L. M. (2014). Shielding skirt for prevention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in cages – A scaled model experimental study on net and skirt deformation, total mooring load, and currents. *Aquacultural Engineering*, 58, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.11.003>
- Lind, M. B. (2015). *Fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) og fiskevelferd i oppdrett av atlantisk laks (Salmo Salar L.) i Nord-Norge* [UiT Norges arktiske universitet]. <https://hdl.handle.net/10037/7749>
- Linder, K.-H. (2020, 06-02-2020). *Kapasitetsjustering i akvakultur – «Trafikklyssystemet»*. <https://www.trondelagfylke.no/vare-tjenester/naring-og-innovasjon/marin-sektor/nytt-fra-marin-sektor/kapasitetsjustering-i-akvakultur--trafikklyssystemet/>
- Lindqvist, T. & Solemdal, G. (2018). *Kostnadsoptimal bekjempelsesstrategi mot lakselus* [Masteroppgave, Norges Handelshøyskole].
- Litleskare, I. (2020). 2019: Bruk av legemidler i fiskeoppdrett. <https://www.fhi.no/hn/legemiddelbruk/fisk/2019-bruk-av-legemidler-i-fiskeoppdrett/>
- Lov om forbud mot hold av pelsdyr. (2019). *Lov om forbud mot hold av pelsdyr* (LOV-2019-06-21-63). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/LTI/lov/2019-06-21-63>
- Mattilsynet. (2019). *Termisk avlusing: Fiskevelferd, forskning og avklaring fra Mattilsynet*. Hentet 03.02 fra https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/termisk_avlusing_fiskeveiferd_forskning_og_avklaring_fra_mattilsynet.34470
- Mattilsynet. (2020). *Sluttrapport: Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019: Velferd hos rensefisk*. Mattilsynet. https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/rensefisk/mattilsynet_slutt_rapport_renseskampanje_2018_2019.37769/binary/Mattilsynet%20sluttrapport%20rensefiskkampanje%202018%202019
- Meld. St. 8 (2016-2017) Innst. 151 S (2016-2017). *Pelsdyrnæringen*. Stortinget. <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Vedtak/Vedtak/Sak/?p=66691>
- Midtlyng, P. J., Velzen, T. v., Aunsmo, A., Førde, H., Stormoen, M., Storsul, T. & Munkeby, M. (2019). *Sluttrapport: Dokumentasjon av lusebeskyttelse med "Midt-Norskringen"* (Faglig sluttrapport for prosjekt 901453). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901453/>
- Miljødirektoratet. (2021, 06-05-2021). *Utslipp av næringsalter fra fiskeoppdrett*. Miljødirektoratet.

- <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/forurensning/overgjodsling/utslipp-av-naringssalter-fra-fiskeoppdrett/>
- Misund, A., Volent, Z., Jónsdóttir, K. E. & Sunde, L. M. (2020). Hvordan forholder oppdrettere seg til skjermingsteknologi mot lakselsu? *Norsk Fiskeoppdrett*, 9, 52-57. <https://www.sintef.no/contentassets/29f559fa43b640549a5c56f36b9d391d/misund-et-al.-2020.pdf>
- Misund, B. (2021, 18-02-2021). *fiskeoppdrett*. <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Misund, B. & Sæteren, A. K. (2021). Rensefisk. *Store Norske Leksikon*. Hentet 16. mars 2021, fra <https://snl.no/rensefisk>
- Morgan, I. J. & Metcalfe, N. B. (2001). Deferred costs of compensatory growth after autumnal food shortage in juvenile salmon. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1464), 295-301. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1365>
- Mortensen, A.-L., Wasskof, L. & Asmervik, I. F. (2020, 20.08.2020). Kommunen er i sin fulle rett til å kreve utslippsfri oppdrett. *iTromsø*. <https://www.itromso.no/meninger/2020/08/20/Kommunen-er-i-sin-fulle-rett-til-%C3%A5-kreve-utslippsfri-oppdrett-22526418.ece>
- MOWI. (2020). *Salmon Farming Industry Handbook 2020*. <https://corpsite.azureedge.net/corpsite/wp-content/uploads/2020/06/Mowi-Salmon-Farming-Industry-Handbook-2020.pdf>
- NAOB. 01-05-2021). forebygge. I T. Guttu (Red.), *NAOB - Det Norske Akademis Ordbok Konesjon*. Det Norske Akademi for Språk og Litteratur. <https://naob.no/>
- NAOB. 01-05-2021). konesjon. I T. Guttu (Red.), *NAOB - Det Norske Akademis Ordbok Konesjon*. Det Norske Akademi for Språk og Litteratur. <https://naob.no/>
- Nilsson, J., Moltumyr, L., Madaro, A., Kristiansen, T. S., Gåsnes, S. K., Mejdell, C. M., Gismervik, K. & Stien, L. H. (2019). Sudden exposure to warm water causes instant behavioural responses indicative of nociception or pain in Atlantic salmon. *Veterinary and Animal Science*, 8, 100076. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100076>
- Norges Bank. (2020). *Statsobligasjoner årsgjennomsnitt*. Hentet 04-05-2021 fra <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Rentestatistikk/Statsobligasjoner-Rente-Arsgjennomsnitt-av-daglige-noteringer/>
- Næs, M., Grøntvedt, R. N., Kristoffersen, A. B. & Johansen, B. B. (2014). *Feltutprøving av planktonduk som skjerming rundt oppdrettsmerder for å redusere påslag av lakselus (Lepeophtheirus salmonis)* (Faglig rapport 4). Vesterålen Fiskehelsetjeneste.
- Næs, M., Heuch, P. A. & Mathisen, R. (2012). *Bruk av «luseskjørt» for å redusere påslag av lakselus Lepeophtheirus salmonis (Krøyer) på oppdrettslaks*. <https://lusedata.no/wp-content/uploads/2012/09/Bruk-av-luseskjørt-for-å-reducere-påslag-av-lakselus-Lepeophtheirus-salmonis-Krøyer-på-oppdrettslaks-2.pdf>
- Oppedal, F., Dempster, T. & Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311(1-4), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.020>
- Overton, K., Barrett, L., Oppedal, F., Kristiansen, T. & Dempster, T. (2020). Sea lice removal by cleaner fish in salmon aquaculture: a review of the evidence base. *Aquaculture Environment Interactions*, 12, 31-44. <https://doi.org/10.3354/aei00345>
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K. & Stien, L. H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398-1417. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- Overton, K., Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Stien, L. H. & Dempster, T. (2018). The use and effects of hydrogen peroxide on salmon lice and post-smolt Atlantic salmon. *Aquaculture*, 491, 400. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.041>

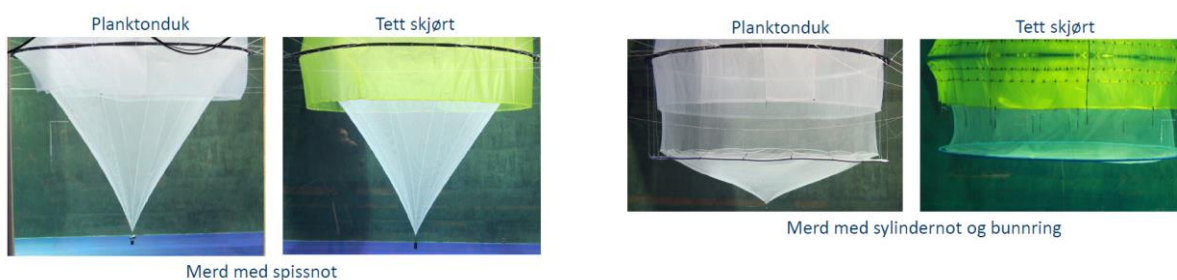
- Produksjonsområdeforskriften. (2017). *Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret* (FOR-2017-01-16-61). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-01-16-61>
- pwc. (2020). *Risikopremien i det norske markedet*. pwc.
- Remen, M., Oppedal, F., Imstrand, A. K., Olsen, R. E. & Torgersen, T. (2013). Hypoxia tolerance thresholds for post-smolt Atlantic salmon: Dependency of temperature and hypoxia acclimation. *Aquaculture*, 416-417, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.024>
- Remen, M., Sievers, M., Torgersen, T. & Oppedal, F. (2016). The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent. *Aquaculture*, 464, 582-592. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.037>
- Roth, B. (2016). *Avlusing av laksefisk med Optilice: Effekt på avlusing og fiskevelferd* (59/2016). Nofima.
- Sandvik, A. D., Asplin, L., Albretsen, J., Bjørn, P. A., Johnsen, I. A., Skardhamar, J., Myksvoll, M. S. & Ådlandsvik, B. (2017). *Hydrodynamisk spredningsmodell for lakselus og konsentrasjon av smittsomme kopepoditter* (12-2017). Havforskningsinstituttet.
- Sandvik, A. D., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Johnsen, I. A., Myksvoll, M. S. & Albretsen, J. (2020). *Salmon lice LADIM V2* Havforskningsinstituttet. <https://doi.org/https://doi.org/10.21335/NMDC-410516615>
- Saunders, M. N. K., Lewis, P. & Thornhill, A. (2015). *Research Methods for Business Students*. Pearson Education UK.
- Skretting. (2012). *Fôr*. <https://www.skrettingguidelines.com/readimage.aspx?pubid=cd8a45bd-0e6e-409c-a2ee-1da2b7d19b06>
- Sommerset, I., Jensen, B. B., Bornø, G., Haukaas, A. & Brun, E. (2021). *Fiskehelse rapporten 2020* (41a/2021). Veterinærinstituttet.
- Statistisk sentralbyrå. (2020, 03-12-2020). *Arbeidskraftkostnader*. <https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/statistikker/arbkost>
- Statistisk sentralbyrå. (2021a). *03024: Eksport av fersk og frosen oppalen laks 2000U01 - 2021U16*. <https://www.ssb.no/statbank/table/03024/>
- Statistisk sentralbyrå. (2021b). *Bruttonasjonalprodukt*. Hentet 10-05-2021, fra <https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/faktaside>
- Stien, A., Bjørn, P., Heuch, P. & Elston, D. (2005). Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progress Series*, 290, 263-275. <https://doi.org/10.3354/meps290263>
- Stien, L. H., Lind, M. B., Oppedal, F., Wright, D. W. & Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*, 490, 281-287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.045>
- Stien, L. H., Nilsson, J., Hevrøy, E. M., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Lien, A. M. & Folkedal, O. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering*, 51, 21-25. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.06.002>
- Store norske leksikon. (2020, 16-10-2020). konsesjon. I *Store Norske Leksikon* konsesjon. <https://snl.no/konsesjon>
- Store norske leksikon. (2021a, 05-03-2021). merd. I *Store Norske Leksikon* merd. <https://snl.no/merd>
- Store norske leksikon. (2021b, 30-03-2021). not. I *Store Norske Leksikon* not. <https://snl.no/not>
- Thagaard, T. (1998). *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitativ metode*. Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.

- Thomassen, J. M. (1993). Hydrofen peroxide as a delousing agent for Atlantic salmon. I G. Boxshall & D. Defaye (Red.), *Pathogens Of Wild And Farmed Fish: Sea Lice* (s. 290-295). Taylor & Francis.
- Thorvaldsen, T., Frank, K. & Sunde, L. M. (2018). *Lusetellingsmetoder i lakseoppdrett - en beskrivelse av dagens status* (SINTEF Ocean rapporter;2018:00483, Issue. S. Ocean. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2496606>
- Todsén, S. (2014). *Ny kartlegging av økonomisk levetid og verdifall for realkapital*. Statistisk sentralbyrå. Hentet 20-04 fra <https://www.ssb.no/nasjonalekonomisk-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/ny-kartlegging-av-okonomisk-levetid-og-verdifall-for-realkapital>
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E. & Jackson, D. (2013). Salmon lice - impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 36(3), 171-194. <https://doi.org/10.1111/jfd.12061>
- Veterinærinstituttet. (2020a). *Fiskehelsesrapporten 2019* (rapportserie nr 5a/1010, Issue. Veterinærinstituttet. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2020/fiskehelsesrapporten-2019>
- Veterinærinstituttet. (2020b). Skal beregne effekter av ulike tiltak mot lus. Hentet 10-04-2021, fra <https://www.vetinst.no/nyheter/skal-beregne-effekter-av-ulike-tiltak-mot-lus>
- Veterinærinstituttet. (2021). *Statistikk over tap og dødelighet av laks og regnbueørret*. <http://apps.vetinst.no/Laksetap/>
- Volent, Z., Birkevold, J., Stahl, A., Lien, A., Sunde, L. M. & Lader, P. (2017). Experimental study of installation procedure and volume estimation of tarpaulin for chemical treatment of fish in floating cages. *Aquacultural Engineering*, 78, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.05.003>
- Volent, Z., Jónsdóttir, K. E., Misund, A., Steinhovden, K. B., Chauton, M. S. & Sunde, L. M. (2019). *Sluttrapport - Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus – Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt effekt og redusert risiko (SKJERMTEK)* (2020:00464). S. Ocean.
- Volent, Z., Jónsdóttir, K. E. & Sunde, L. M. (2020). *LUSESJKJØRT KOMPENDIUM kunnskapssammenstilling om bruk av skjørt mot lakselus*. SINTEF Ocean. <https://www.sintef.no/contentassets/2d4398a8e2a3482bbdcc29cf71c0ea15/luseskjort-kompendium.pdf>
- Vøllestad, A. (2020, 09-06-2020). *smolt*. Store norske leksikon. <https://snl.no/smolt>
- Walde, C. S., Bang Jensen, B., Pettersen, J. M. & Stormoen, M. (2021). Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*. <https://doi.org/10.1111/jfd.13348>

Appendiks A - Luseskjørt

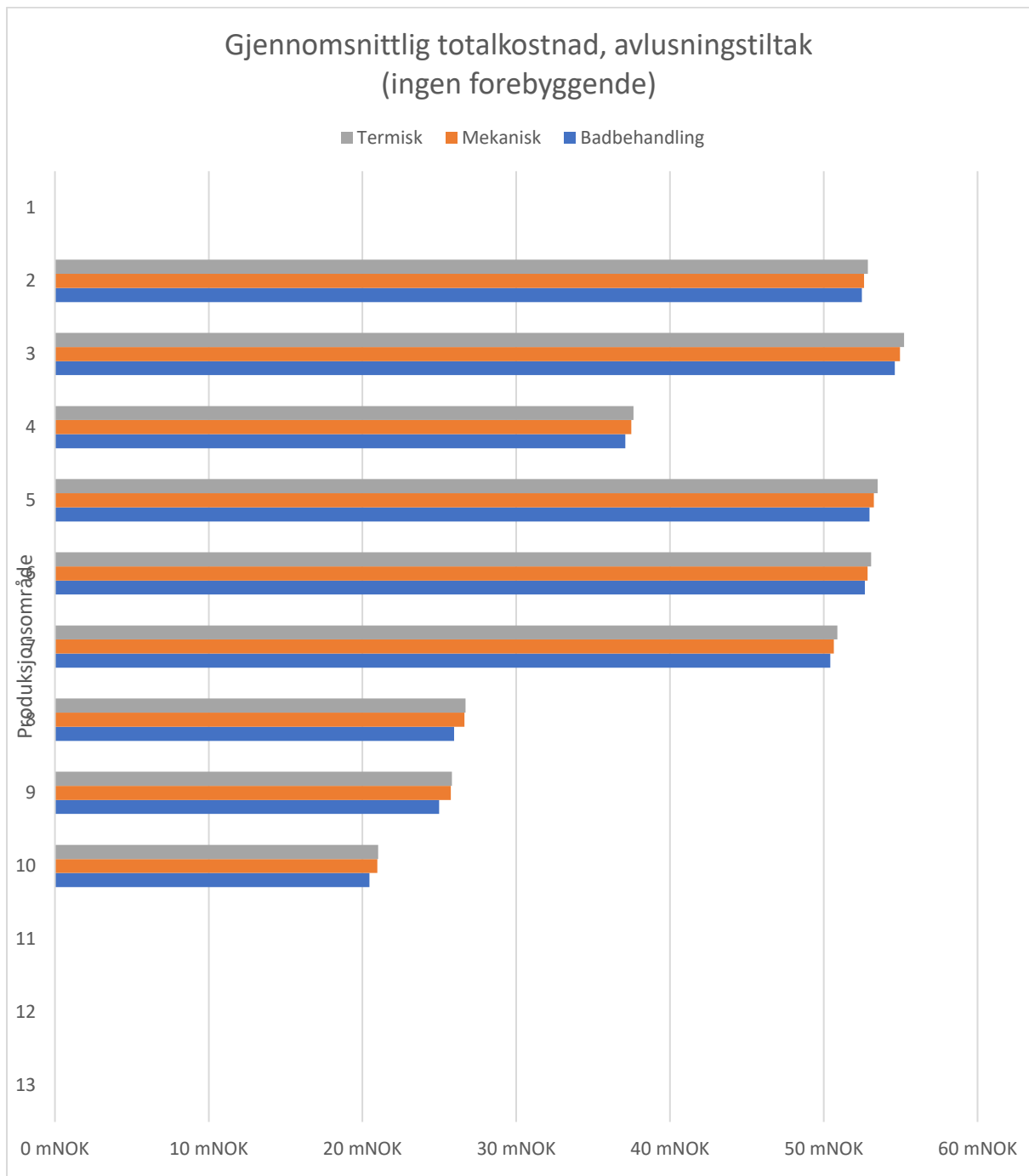


(Lien, A. M., Stien, L. H., Grøntvedt, R., & Frank, K. (2015). Permanent skjørt for redusering av luspåslag på laks. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2454143/A26790-+Permanent+skj%C3%B8rt+for+redusering+av+lusp%C3%A5slag+p%C3%A5+laks-Andreas+Myskja+Lien.pdf?sequence=2>)



(Volent, Z., Jónsdóttir, K. E., Misund & Sunde, L. M. (2020). LUSES Kjørt KOMPENDIUM Kunnskapssammenstilling om bruk av skjørt mot lakselus. Sintef. <https://www.sintef.no/contentassets/2d4398a8e2a3482bbdcc29cf71c0ea15/luseskjort-kompendium.pdf>)

Appendiks B - Avlusingskostnader uten forebyggende tiltak



Beregnete kostnader for de ulike avlusningstiltakene dersom det ikke er forebyggende tiltak.