

RAPPORT

# VIRKEMIDLER FOR REDUSERT FISKEDØDELIGHET I OPPDRETTSNÆRINGEN



Bilde: Berit Roald / NTB scanpix

## Forord



På oppdrag for Dyrevernalliansen har Menon Economics i samarbeid med Nofima utredet virkemidler for redusert fiskedødelighet i oppdrettsnæringen. Arbeidet har vært ledet av Oddbjørn Grønvik i Menon med Leo Grünfeld (Menon), Åsa Espmark (Nofima), René Alvestad (Nofima) og Lotte Leming Rognsås (Menon) som prosjektmedarbeidere. Henrik Lindhjem i Menon har kvalitetssikret arbeidet.

Vi ønsker å rette en stor takk til alle informanter som har bidratt med informasjon i dette arbeidet. En spesiell takk rettes til Bjørn Gillund i SinkabergHansen og en anonym oppdretter fra Helgeland som har bidratt med detaljerte innsikter om hvordan deres selskap arbeider for lavere fiskedødelighet.

Menon Economics er et forskningsbasert analyse- og rådgivningsselskap i skjæringspunktet mellom foretaksøkonomi, samfunnsøkonomi og næringspolitikk. Vi tilbyr analyse- og rådgivningstjenester til bedrifter, organisasjoner, kommuner, fylker og departementer. Vårt hovedfokus ligger på empiriske analyser av økonomisk politikk, og våre medarbeidere har økonomisk kompetanse på et høyt vitenskapelig nivå.

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer dermed anvendt forskning både innen grønn og blå sektor utført gjennom de tre divisjonene Divisjon for akvakultur, sjømat og mat.

Vi takker Dyrevernalliansen for et veldig spennende oppdrag.

---

Desember 2022

Oddbjørn Grønvik  
Prosjektleder  
Menon Economics

# Innhold

<b>SAMMENDRAG</b>	<b>3</b>
<b>NØKKELBEGREP</b>	<b>5</b>
<b>1 BAKGRUNN</b>	<b>6</b>
1.1 Problembeskrivelse	6
1.2 Problemstillinger	7
1.3 Metode	7
<b>2 FISKEHELSE, FISKEVELFERD OG FISKEDØDELIGHET</b>	<b>8</b>
2.1 Er fiskedødelighet en egnet indikator for dårlig velferd og helse?	8
2.2 Hvor vanlig er fiskedødelighet?	12
2.3 Hva er sammenhengen mellom næringsaktørens drift og dødelighet?	16
<b>3 HVA DRIVER DØDELIGHET OG TILVEKST? EN STATISTISK ANALYSE</b>	<b>18</b>
3.1 Hypotese: Hva ønsker vi å teste med denne analysen?	18
3.2 Tidligere relevant forskning	18
3.3 En kort beskrivelse av datamaterialet	19
3.4 Modellen og drøfting av mulighet for identifikasjon av årsakssammenhenger	21
3.5 Resultater og drøfting	22
<b>4 HVA KAN SELSKAPENE GJØRE FOR Å REDUSERE DØDELIGHETEN?</b>	<b>26</b>
4.1 Tiltak vi har identifisert gjennom litteraturstudie og intervjuer	26
4.2 Hva sier oppdretterne selv at de gjør?	31
4.3 Hva er de mest kostnadseffektive tiltakene?	34
<b>5 OFFENTLIGE INSENTIVER FOR Å REDUSERE FISKEDØDELIGHET</b>	<b>39</b>
5.1 Hvorfor trengs offentlige virkemidler?	39
5.2 Hvor stor nytte har samfunnet av redusert fiskedødelighet?	39
5.3 Hva er aktuelle virkemidler?	40
5.4 Effekter – teoretisk vurderingsmodell	44
<b>6 SAMFUNNSØKONOMISK VURDERING AV ET TRAFIKKLYSVIRKEMIDDEL</b>	<b>47</b>
6.1 Nyttegevinster fra husholdningssiden	47
6.2 Statens virkemiddel	48
6.3 Selskapenes driftsvalg	49
6.4 Samlet lønnsomhet	51
6.5 Samlet vurdering med vår modellspefisikasjon	52
6.6 Usikkerhet i beregningene	54
6.7 Sysselsettingseffekter	55
6.8 Kontroll	58
6.9 Regulatoriske utfordringer ved implementering?	60
6.10 Utforming av et avgiftsvirkemiddel	60
<b>7 OPPSUMMERING</b>	<b>62</b>
<b>REFERANSELISTE</b>	<b>66</b>
<b>VEDLEGG 1: INTERVJUOVERSIKT</b>	<b>70</b>
<b>VEDLEGG 2: PRODUKSJONSSYKLUSER MED VEKST OG NEDTREKK GITT ULIKE TERSKELVERDIER</b>	<b>71</b>
<b>ENGLISH SUMMARY</b>	<b>73</b>

## Sammendrag

I denne rapporten utreder vi nye virkemidler for redusert fiskedødelighet i oppdrettsnæringen. Høy fiskedødelighet er en samfunnsutfordring. Den høye fiskedødeligheten er uttrykk for dårlig fiskevelferd og -helse, og representerer et tap for samfunnet.

En syk eller død fisk gir tapt salgsinntekt, og man kan spørre seg om oppdrettere egentlig trenger sterkere insentiver til å redusere dødeligheten. Den høye fiskedødeligheten er noe befolkningen samlet sett ønsker å redusere. Tapet i form av den kommersielle salgsværdien av fisken vil alene ikke reflektere samfunnets tap når samfunnet har en betalingsvillighet for redusert dødelighet som overstiger oppdretters tapte inntekt. Dette rettferdiggjør offentlig inngripen gjennom særskilte reguleringer.

### **Dødelighet er ikke en perfekt indikator for velferd og helse, men det er sannsynligvis den mest egnede parameteren for regulering**

I denne rapporten argumenterer vi for at fiskedødelighet er en relevant indikator for dårlig fiskevelferd og -helse. Det er strengt tatt dårlig fiskevelferd og -helse som er det overordnede problemet man ønsker å redusere, men det kan være komplisert å etablere en objektiv og lett målbar indikator som også er egnet som reguleringsvirkemiddel. Fiskedødelighet fanger opp de mest ekstreme utslagene av dårlig helse og velferd. Fisken kan ha hatt mye lidelse og dårlig helse før den dør, og det er ikke alltid at dårlig velferd og helse fører til økt dødelighet. Fisk kan også dø uten å ha opplevd dårlig velferd på forhånd. Samtidig viser forskningen en sterk korrelasjon mellom dødelighet og en lang rekke mål på fiskens velferd og sykkelighet. Dødelighet er også et objektivt og forholdsvis lett registrerbart mål på dårlig fiskehelse og -velferd. Det er det ultimate bevis på at noe har gått galt. Selv om dødelighet som indikator ikke fanger opp alle nyanser ved velferd, er det grunn til å forvente at tiltak som reduserer dødeligheten i sum også vil føre til bedret velferd og helse.

### **Vi har utført en statistisk analyse og tallfestet betydningen av drivere for dødelighet**

Det er kjent at det er mange forhold som påvirker fiskedødelighet samtidig, og det kan være vanskelig å isolere effekten av hver enkelt faktor. I denne studien er vi opptatt av at dødeligheten styres av flere faktorer som må studeres i sammenheng. Vi har benyttet et rikt og så langt lite analysert datamateriale som gir detaljert innsikt i fiskens tilstand i merdene, fra utsett i sjøen til slakt – en produksjonsyklus – over en ti år lang periode. Vi observerer bruk av mekanisk og medikamentell behandling av fisken, størrelsen på smolt ved utsett, og vi har registrert mistanke om og forekomst av fiske sykdommene pankreassykdom (PD) og infeksjøs lakseanemi (ILA). Vi tar også høyde for sentrale kjennetegn ved produksjonsanleggene, i form av geografisk lokalisering og avstand til de nærmeste produksjonsanleggene. Sist, men ikke minst har vi informasjon om produksjonsselskapers størrelse.

Den økonometriske modellen peker tydelig på flere forhold som er forbundet med dødelighet. Omfanget av mekanisk avlusing, sykdommene PD og ILA og størrelsen på utsett (antall fisk) øker sannsynligheten for dødelighet. Vi ser også at de større produsentene har noe lavere dødelighet enn de mindre. Å ha god avstand til andre produksjonsanlegg ser også ut til å redusere dødeligheten. Produksjonsyklusene som er forbundet med søknader om såkalt «unntaksvekst» har også lavere dødelighet.

## Oppdrettsnæringen har flere tilgjengelige tiltak for å redusere fiskedødeligheten

Vi tar analysen videre og vurderer i større detalj effektive tiltak som oppdretter kan utføre for å få ned dødeligheten. Vi trekker frem følgende tre anbefalinger som særlig egnet:

- Det er mye som tyder på at det er gevinster å hente i form av redusert dødelighet ved å **følge beste praksis på god fiskevelferd og -helse**. Det fordrer satsing fra selskapet i form av bevissthet hos røktere og fiskehelsepersonell. Dette vil gi noe økte kostnader i form av opplæring, enkelte mindre investeringer, samt rutiner for intern kontroll og rapportering.
- Ideelt sett bør man ha et minst mulig behov for å behandle fisken mot lus og å begrense dens eksponering for lusesmitte. Det fordrer at man driver forebyggende arbeid. Dette kan oppnås gjennom **økt bruk av forebyggende tiltak og teknologier**, som f.eks. luseskjørt på strategisk valgte tidspunkt.
- Så lenge lusebehandling av fisken er en sentral kilde til fiskedødelighet, ser vi at det er mye å hente gjennom **mer skånsom behandling av fisken**.

Vi har også identifisert andre tiltak som kan være aktuelle å vurdere for den enkelte. Både alternative avlusingsmetoder (f.eks. utvikling av nye medikamentelle behandlinger, økt bruk av luselaser) og nye produksjonsmetoder (semi-lukkede anlegg, nedsenkbare merder) er tiltak som er relevante for å redusere behovene for avlusning og gjennom det redusert dødelighet.

## Offentlige virkemidler som kan redusere fiskedødeligheten

Vi har **drøftet to offentlige virkemidler** som gir oppdretterne klare insentiver til å redusere dødeligheten; Et «trafikklys» på hver produksjonssyklus og en avgift på fiskedødelighet. Vi er ikke kjent med at trafikklysregulering av fiskedødelighet er utredet tidligere, og har derfor viet særlig oppmerksomhet til dette virkemiddelet i analysen.

Trafikklysvirkemiddelet vi har utredet fungerer enkelt sagt slik at fiskedødeligheten vurderes opp mot noen forhåndsdefinerte terskler for dødelighet ved avsluttet produksjonssyklus. Dersom dødeligheten er lav nok, får oppdretter tilbud om vekst på 6 prosent. Er dødeligheten for høy, må produksjonen trekkes ned. Veksten eller nedtrekket effektueres etter produksjonssyklusen og kan legges til/trekkes fra tillatelsene som har vært brukt i produksjonen. Et viktig poeng er at virkemiddelet knyttes til den enkelte oppdretter. Å videreutvikle det eksisterende trafikklyssystemet med en ny indikator, vil være svært lite målrettet og etter vår vurdering et uegnet virkemiddel.

Basert på innsikt fra vår statistiske analyse av dødelighet og kartleggingen av erfaringer med aktuelle tiltak, finner vi at et trafikklysvirkemiddel vil kunne gi oppdrettere høyere lønnsomhet gjennom å arbeide for redusert dødelighet. Muligheten for vekst og trusselen om nedtrekk gir i kombinasjon et kraftig signal til oppdretter. Innenfor de terskelverdiene vi har vurdert for virkemiddelet, vil det kunne realiseres betydelig vekst i produksjonen samtidig som man oppnår en reduksjon i dødeligheten sett opp mot den gjennomsnittlige dødeligheten i næringen i perioden 2016-2021. Virkemiddelet vil realisere tilpasninger som samlet sett gir en større samfunnsøkonomisk avkastning enn dagens reguleringer, og vi vurderer derfor tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsomt.

## Nøkkelbegrep

**Settefisk:** rogn og fisk som produseres med sikte på overføring til andre lokaliteter eller annen type produksjon.

**Matfisk:** fisk som produseres med sikte på slakting til konsum.

**Fiskedødelighet:** andelen av fisk som dør. I denne rapporten sikter vi med dette begrepet til andelen av fisk som settes ut på en lokalitet, men som dør før utslakting.

**Produksjonsområde:** produksjonen av laks og ørret i sjø langs Norges kyst er delt inn 13 geografiske soner, som omtales som produksjonsområder. I utgangspunktet har alle tillatelser en geografisk begrensning og skal som hovedregel benyttes til produksjon innenfor produksjonsområdet.

**Trafikklyssystemet:** reguleringsregimet som styrer produksjonskapasiteten innen oppdrett av laks og regnbueørret. Annet hvert år vurderer Nærings- og fiskeridepartementet om kapasiteten i hvert enkelt produksjonsområde kan vokse (grønt lys), skal stå stille (gult lys) eller skal nedjusteres (rødt lys). Vekst og nedjusteringer innenfor området er 6 prosent.

**Lokalitet:** geografisk avgrenset område enten på land eller i vann for akvakultur.

**Lusegrense:** grense som regulerer det tillatte antallet lakselus i et akvakulturanlegg. Det skal til enhver tid være færre enn 0,5 voksne hunnlus av lakselus i gjennomsnitt per fisk i anlegget. Lusegrensen er satt lavere i perioden når villfisksmolt vandrer ut fra elvene.

**Medikamentell lusebehandling:** behandling mot lus som har festet seg på laks, med hjelp av medisiner/kjemoterapeutika, der medikamentet enten løses i vann som fisken eksponeres for, eller tilsettes i fôret

**Ikke-medikamentell lusebehandling:** all behandling mot lus som har festet seg på laks og som ikke innebefatter medisiner. Omfatter avlusing med håndtering (termisk, mekanisk, ferskvannsbad), avlusing uten håndtering (bruk av rensfisk, laser), forebyggende teknologiske metoder (luseskjørt, ulike løsninger for nedsenkbare merder, semilukkede anlegg), forebyggende biologiske tiltak (funksjonelle fôr, avl, vaksiner) og kombinasjonsmetoder

**Mekanisk avlusing:** avlusing ved hjelp av spyling eller børster. Mekanisk avlusing er en undermengde av ikke-medikamentell lusebehandling.

**Termisk avlusing:** avlusingsmetode hvor laks eksponeres for sjøvann på 28-34 °C i ca. 20-30 sekunder om bord i et fartøy eller i en flåte. I noen kilder teller termiske avlusinger som en mekanisk behandling.

**Semilukkede anlegg:** flytende anlegg i sjøen med vegg eller duk som ikke slipper lus inn eller fisk ut, og der man pumper vann inn i anlegget

**Tilvekstfasen:** fasen i laksens liv etter at den er ferdig med settefiskfasen. Kan også omtales som påvekstfasen.

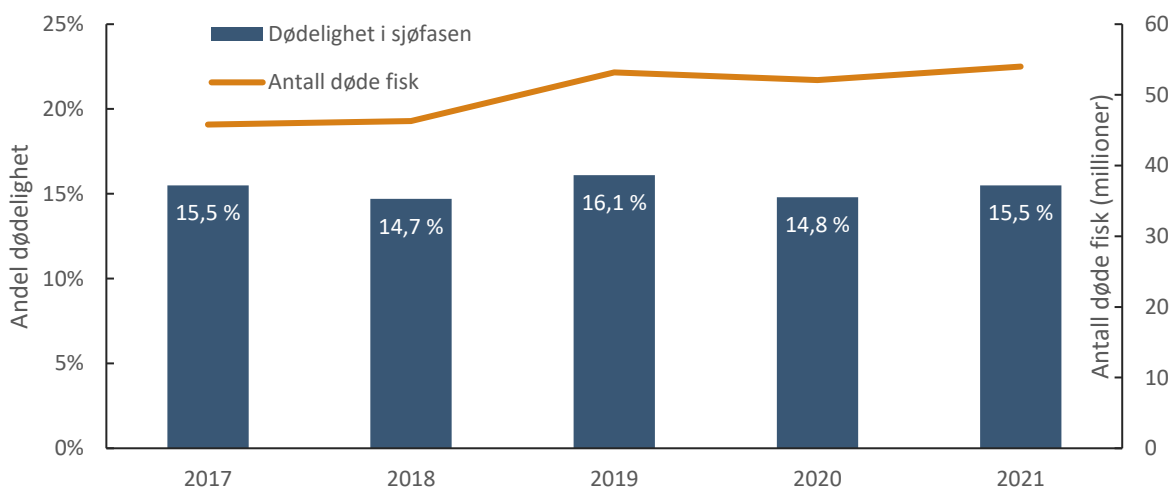
**Rensfisk:** en fellesbetegnelse på ulike arter (rognkjeks og ulike leppefiskarter) som oppholder seg i merdene sammen med laksen og beiter på lus som sitter på laks.

# 1 Bakgrunn

## 1.1 Problembeskrivelse

Oppdrett av laks og regnbueørret (oppdrettsnæringen) har utviklet seg til å bli en bedriftsøkonomisk høyproduktiv og lønnsom næring. I politiske sammenhenger løftes den fram som en viktig framtidsnæring, og det er i senere år foretatt en rekke regulatoriske grep for å legge til rette for at næringen skal kunne vokse ytterligere framover. Samtidig har oppdrettsnæringen betydelige utfordringer med miljø og fiskevelferd. I 2017-2021 har fiskedødeligheten på laks i sjøfasen ligget relativt stabilt rundt 15 %, men fordi produksjonen har vært økende har også antallet døde fisk økt fra omtrent 46 til 54 millioner fisk i samme periode. Disse sammenhengene er illustrert i figuren under.

Figur 1-1: Årlig dødelighet av utsatt laks i sjø. Kilde: Fiskeridirektoratet



Fiskevelferd omfatter oppdrettsfiskens levekår under hele livssyklusen fram til slakt (stressnivå, skader, sykdom, dødelighet, mm.). Ut fra et dyrevelferdsperspektiv er det ønskelig at fisken har så gode levekår som mulig fram til den slaktes. Det er tverrpolitisk enighet om at bedret fiskevelferd er et viktig hensyn, og dette er blant annet løftet fram som en prioritet i Hurdalsplattformen. Samtidig er reguleringene av oppdrettsnæringen i liten grad innrettet med insentiver til å ta hensyn til fiskevelferden.

Selv om død fisk utgjør et økonomisk tap, har ikke oppdrettsnæringen utelukkende insentiver til å holde dødeligheten lav. Det høye regulatoriske fokuset på forekomst av lakselus, gjør at næringen er opptatt av å holde lusnivåene lave. Selv om det isolert sett er positivt for fiskevelferden med mindre lakselus, kan det fordre drift som er mer skadelig for oppdrettsfisken på andre måter og som derfor driver dødeligheten opp. Det rådende reguleringsregimet med maksimalt tillatt biomasse (MTB) gir også lavere insentiver til å holde fiskedødeligheten lav enn for eksempel et system hvor man regulerer basert på antall utsatte fisk.

I et dyrevelferdsperspektiv er også **bruken av rensefisk** en stor utfordring som har tiltatt betydelig i omfang i senere år. Fra 2017-2020 har det blitt satt ut omtrent 50-60 millioner rensefisk i året. Økningen var betydelig særlig i perioden 2013-2017, og dette sammenfalt med at oppdrettsnæringen hadde utfordringer med resistens mot medikamentelle behandlinger av lakselus. Vi vet at bruken av rensefisk medfører betydelige utfordringer med hensyn til dyrevelferd. Gjennom Veterinærinstituttets årlige spørreundersøkelse til fiskehelsepersonell ble det i 2019 og 2020 rapportert om store utfordringer med dødelighet for rensefisk. Blant annet peker Mattilsynets

rensefiskkampanje i 2018-2019 på at velferden til rensfisken i mange tilfeller ikke er god nok og at mye av rensfisken forsvinner og dør.

Fiskeri- og havministeren har uttalt at regjeringen vurderer å innføre flere indikatorer for trafikklyssystemet.<sup>1</sup> Han trekker helt konkret fram dødelighet som en indikator som det kan bli aktuelt å ta med i systemet. Samtidig vil nye driftskrav gjøre det mer kostnadskrevenende å drive oppdrett, og en samfunnsøkonomisk gevinst i form av redusert fiskedødelighet må veies opp mot effekten tiltakene har på verdiskapingen. Det er derfor interessant å vurdere de samfunnsøkonomiske effektene av virkemidler for redusert fiskedødelighet.

## 1.2 Problemstillinger

Vårt oppdrag er å vurdere den samfunnsøkonomiske effekten av noen konkrete offentlige virkemidler som forventes å bidra til redusert fiskedødelighet. I dette ligger det også at vi drøfter sammenhengen mellom fiskedødelighet og fiskevelferd/-helse. Det er bedret velferd og helse for fisken som er det overordnede målet med virkemidlene vi drøfter. En sentral avgrensning i arbeidet er at vi kun ser på dødeligheten i sjøfasen.

Det har vært viktig at vurderingen har basis i faktisk produksjonsstatistikk fra næringen. Når undersøkelsen baseres på faktisk statistikk, blir vurderingene empirisk fundert og teoretiske innsikter kan testes med innsikter fra den praktiske virkeligheten.

## 1.3 Metode

For å kunne besvare oppdraget, er det viktig å ha en forståelse av hvordan næringen vil tilpasse seg ulike virkemidler. Det fordrer en forståelse av hvilke tiltak næringen kan iverksette, hvilken effekt tiltakene vil ha på fiskedødeligheten og hva de ulike tiltakene koster. Det er også et mål å tallfeste nyttevirkinger av redusert fiskedødelighet. For å kartlegge dette har vi gått bredt til verks med informasjonsinnhenting:

Vi har gått gjennom relevant **faglitteratur** på området. Vi har også foretatt en rekke **intervjuer** av aktører i og i tilknytning til bransjen, herunder de mest sentrale offentlige aktørene, interesseorganisasjoner og enkelte næringsaktører. For en komplett oversikt over våre intervjuobjekter viser vi til rapportens vedlegg 1. Vi har også benyttet oss av **statistikk** for å tallfeste relevante effekter i størst mulig grad. Vi har satt opp en statistisk modell som beregner sammenhenger mellom dødelighet og vekst på den ene siden og en lang rekke kjennetegn ved produksjonssyklus hos oppdretterne. Vi har benyttet ulike offentlig tilgjengelig statistikk fra SSB og Fiskeridirektoratet. I dette prosjektet har vi i tillegg fått tilgang på biomassestatistikk fra Fiskeridirektoratet. Biomassestatistikken har gjort det mulig for oss å analysere sammenhengen mellom fiskedødelighet og en rekke andre variabler med bruk av økonomiske modeller. Dette redegjør vi for nærmere i kapittel 3.

Med utgangspunkt i disse innsiktene vurderer vi konsekvensene av å innføre ulike tiltak for å stimulere til økt fiskevelferd. Vi er opptatt av de samfunnsøkonomiske konsekvensene der nytten av å bedre velferden måles opp mot kostnadene. Effektvurderingene bygger på en kombinasjon av våre vurderinger av tilpasningsvirkninger, våre statistiske analyser og eksisterende empirisk forskning på temaet.

---

<sup>1</sup> Artikkel fra Intrafish hentet 28.11.2022: <https://www.intrafish.no/politikk/skjaran-tenker-hoyt-om-flere-indikatorer-til-trafikklyssystemet/2-1-1155482>



## 2 Fiskehelse, fiskevelferd og fiskedødelighet

I dette kapitlet redegjør vi for sentrale begreper i studien og sammenheng mellom velferd og dødelighet i et overordnet perspektiv. Vi drøfter også i hvilken grad dødelighet er egnet som indikator på velferd og helse.

### 2.1 Er fiskedødelighet en egnet indikator for dårlig velferd og helse?

I denne analysen legger vi vekt på fiskedødelighet som en indikator for velferd. Dødelighet er en lettere målbar og kontrollerbar indikator sammenlignet med mange andre indikatorer for dårlig velferd og helse. Dette er dessuten noe som allerede måles og rapporteres av hele næringen i dag. Dermed er dødelighet rent teknisk også enklere å regulere, ettersom reguleringene da i stor grad kan basere seg på et objektive kriterium. Men det man egentlig ønsker å oppnå med eventuelle reguleringer, er bedre fiskevelferd og -helse. Hvor egnet er da egentlig fiskedødelighet som indikator på disse forholdene?

#### 2.1.1 Årsaken til dødeligheten er viktig for utforming av regulering

Hvis dødelighet skal være en egnet målvariabel for regulering, er det vesentlig om dødeligheten er en enkeltstående hendelse eller om det er et vedvarende mønster. Hvis dødeligheten skyldes gjentakende årsaker, er det noe man kan redusere ved å regulere driften.

Oliveira mfl., (2021) definerer mer gjentakende og forventede årsaker til død til å omfatte årsaker som omhandler både medikamentell og ikke-medikamentell avlusing, temperatur, saltholdighet i sjøen, produksjonsområde og fisketetthet. I tilvekstfasen viser studien blant annet til økt dødelighet ved økende vanntemperatur, økende saltholdighet, og ved avlusinger. Effekten var enda høyere ved gjentakende avlusinger (Oliveira mfl., 2021). Også Walde mfl., (2021) analyserer økt forventet dødelighet etter alle former for avlusinger som mekanisk, termisk, hydrogenperoksid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), medikamentell, ferskvann og kombinasjon av medikamenter. Av andre lokale drivere for dårlig helse og velferd med dødelighet som ytterste konsekvens er annen håndtering (f.eks. trenging og pumping), dårlige fôringsstrategier, manglende predatorvern, etc.

Det er også vesentlig om dødeligheten er forårsaket av oppdretter selv, eller om årsaken ligger utenfor oppdretters handlerom. Dårlig vannkvalitet, smitte, forurensning eller algeoppblomstring kan ofte være årsaker som ligger utenfor oppdretters mulighet til å påvirke. Algeoppblomstring og smitte er dessuten også ofte enkeltstående og relativt kortvarige hendelser som kan forårsake massedød. Samtidig er det viktig å påpeke at oppdretter også i slike tilfeller ofte vil kunne ha et handlingsrom som påvirker dødeligheten, både reaktivt og preventivt. Flytting av fisk til andre beredskapslokaliteter, tidligere utslakting, pausing av fôring er noen eksempler på reaktive tiltak som i noen tilfeller kan tas i bruk. Ved gjentatte hendelser på enkeltlokaliteter kan oppdretter også revurdere bruk av disse lokalitetene eller tilpasse driften til forholdene, som preventive tiltak.

Utover de nevnte sykdommene og skadene som er sett på som de viktigste årsakene til dødelighet, er det flere andre faktorer som kan skape dårlig fiskehelse og -velferd. Fiskehelse og -velferd går hånd i hånd, ettersom syk fisk kan gi dårlig velferd og dårlig velferd også kan resultere i sykdom. Det er flere virus, bakterier og parasitter som truer fiskehelsen. Fiskehelse rapporten gir en god oversikt over hva disse er og hvor alvorlige de er. Noe smitte kommer fra miljø inn til fisken i merdene, men mye smitte kommer med fisken fra settefiskanleggene. En god praksis er å se til at all fisk som forlater et anlegg er smittefri. Dårlig fiskehelse og velferd kan også oppstå dersom det ytre miljø ikke tilfredsstillende fiskens sine behov. I påvekstfasen gjelder dette spesielt ved dårlig vannkvalitet og forurensning. Andre faktorer som vil påvirke velferden i påvekstfasen er håndtering (f.eks. trenging og pumping i forbindelse med avlusing og annen intern flytting av fisk), transport til andre områder med

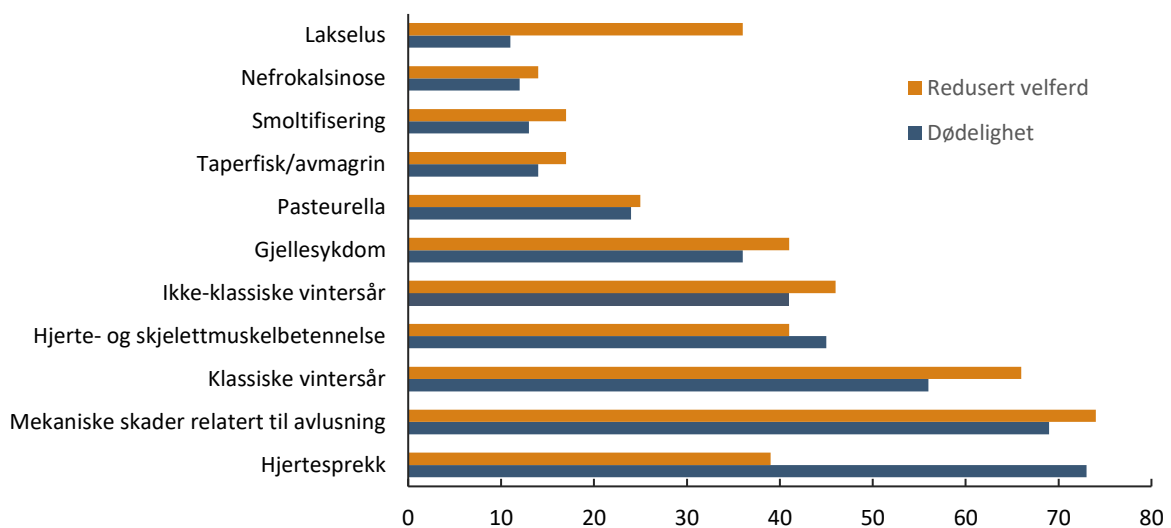
brønnbåt, høye biomassettheter, suboptimal fôring, aggresjon, predasjon og andre årsaker til stress (Ellis mfl., 2012; Noble mfl., 2018; Santurtun mfl., 2018).

I den empiriske kartleggingen i kapittel 3 dokumenterer vi at forhold som oppdretter i en eller annen grad kan påvirke, er med på å påvirke dødeligheten.

### 2.1.2 Hvorfor oppstår fiskedødelighet?

Den høye dødeligheten i sjøfasen fram til slakt har vært gjenstand for flere undersøkelser for å finne årsaker til problemet. En viktig kilde er den årlige Fiskehelse rapporten som utgis av Veterinærinstituttet, der blant annet data samles inn gjennom spørreundersøkelser rettet mot veterinært fagpersonell og fiskehelsebiologer (ansatte i fiskehelsetjenesten og inspektører fra Mattilsynet). Ifølge Fiskehelse rapporten 2021 var de fem vanligste årsakene til dødelighet i matfiskanlegg ifølge fagpersonellet hjertesprekk (CMS) forårsaket av viruset *Piscint myokardittvirus* (PMCV), mekaniske skader relatert til avlusning, sårbakterien *Moritella viscosa*, HSMB (hjerne og skjelettmuskelbetennelse) forårsaket av *Piscine orthoreovirus* (PRV) og sårbakterien *Tenacibaculum spp.* Dette er vist i Figur 2-1.

Figur 2-1: De 10 mest rapporterte årsakene til dødelighet og redusert fiskevelferd hos norske matfiskoppdrettere. Kilde: Fiskehelse rapporten 2021



Det er imidlertid stor variasjon i dødelighet mellom lokaliteter. Variasjonen skyldes blant annet geografisk lokalisering (produksjonsområde), fiskens utsettelsestidspunkt, år for slakt, og antall måneder som fisken er i sjø (Jensen mfl., 2020).

Hjertelidelsene CMS og HSMB er virussykdommer der smittetrykk og eksponering for agens i stor grad er bestemmende for utfallet. Det er dog kjent at produksjonsintensitet og produksjonsstrategiske forhold, som for eksempel vanntemperatur i tidlige livsstadier, er bakenforliggende drivere bak den generelle hjerte- og karhelsen til oppdrettsfisk. Både ved infeksjon og redusert generell hjertehelse er det sannsynlig at stressende situasjoner, slik som håndtering, kan øke risiko for dødelig utfall (Brun mfl., 2003; Frisk mfl., 2020).

Skinnskader og sår forårsakes av sårbakteriene *Moritella viscosa* og *Tenacibaculum spp.*, eller skader/traume (Groff, 2001) som følge av, f.eks., mekanisk avlusing. Sårene forringer skinnets evne til å fungere som barrierer mot sekundærinfeksjoner og sykdommer, og kan forårsake dødelighet.

I rapportens neste kapittel vurderer vi hva som kan drive dødeligheten empirisk basert på faktisk produksjonsstatistikk.

#### Tekstboks: Målkonflikt – lusereguleringer som driver for fiskedødelighet

Mekaniske skader relatert til avlusing er en av de fremste årsakene til fiskedødelighet. Grunnen til at avlusinger er så framtrepende i oppdrettsnæringen, er at myndighetene har kraftige regulatoriske virkemidler på plass for å redusere oppdrettsnæringens påvirkning på ville bestander av laksefisk. Vi sikter her til det kollektivt rettede trafikklyssystemet og lusegrensen som hver enkelt produksjonssyklus må forholde seg til.

**Trafikklyssystemet** slik det fungerer i dag regulerer veksten i oppdrettsnæringen på områdebasis. Trafikklyssystemet ble introdusert i 2017 og tar som utgangspunkt at forekomst av lakselus på villaksstammen skal styre produksjonsveksten i næringen, der man deler næringen geografisk inn i 13 produksjonsområder. Tilstanden regulerer kapasitetsveksten i hele produksjonsområdet samlet sett. Trafikklyset slås på av Nærings- og fiskeridepartementet hvert andre år. Dagens trafikklyssystem er en form for handlingsregel med en kollektiv norm for hvor omfattende produksjonen kan være. Selv om insentivstrukturen er komplisert (man har en form for allmenningens tragedie hvor den enkelte ikke har fulle insentiver til å internalisere miljøeffekten av egne utslipp, se Menon (2021)), er det all grunn til å tro at systemet samlet sett øker næringens bruk av ulike metoder for håndtering av lakselus.

I tillegg reguleres enkeltoppdretterne ut fra det gjennomsnittlige antallet lakselus i oppdrettsmerden. Som hovedregel skal det ikke være mer enn 0,5 voksne hunnlus per laks, den såkalte **lusegrensen**. For å vise at lusenivået holder seg under dette nivået må oppdretteren telle lus på minst 10 laks per merd én gang i uken, når sjøtemperaturen er over 4°C. Når temperaturen er lavere, er det pålagt med telling en gang hver 14. dag. I dag utvikles det ulike metoder for automatisk lusetelling, men fortsatt gjøres dette oftest manuelt og fisken må håndteres under telling. Dersom lusetallet overskrider tillatte grense blir oppdretter pålagt avlusing. Lusetallet er satt for å begrense smittefaren ovenfor villaksstammene, men er langt under det som gir velferdsutfordringer for oppdrettslaksen (Fjelldal mfl., 2020).

Målkonflikten mellom lusereguleringene og fiskevelferd og fiskehelse oppstår idet oppdretter i praksis må behandle laksen med avlusing for et lusenivå som i seg selv ikke er et velferdsproblem for oppdrettslaksen, men der avlusningsmetoden medfører høy sannsynlighet for å forårsake dødelighet.

### 2.1.3 Dødelighet er ikke en perfekt indikator for velferd og helse, men det er sannsynligvis den mest egnede parameteren for regulering

I hvilken grad et individ må bruke energi og ressurser for å mestre sine omgivelser beskriver dets velferdstilstand, ifølge en definisjon av velferdsbegrepet (Broom, 1986). Følgelig vil alle tegn på at fisken ikke har klart å mestre sine omgivelser også være indikatorer på dårlig velferd (Broom, 1986). Fiskedødelighet er i én forstand en dårlig indikator på helse og velferd, ettersom det er den ytterste konsekvens av at forholdene for fisken har vært for dårlige. Med andre ord fanger den ofte opp de mest ekstreme utslagene av dårlig helse og velferd. Fisken kan ha hatt mye kortvarig eller langvarig lidelse og dårlig helse før den dør. Enkelte fremtrepende dødelighetsårsaker, som blant annet hjertesprekk, kan også forløpe uten at fisken viser ytre tegn, selv om indre organer brytes ned. I andre tilfeller kan fisken dø av akutt skade uten å ha hatt dårlig velferd på forhånd.

Når fisken er død, går det nødvendigvis ikke an å gjøre noe for å bedre dens velferd. Dødelighet er også praktisert som en indikator på gruppenivå, og tar ikke hensyn til enkeltindivider, som er det etisk forsvarlige. Til sist,

ettersom dødelighet kan være en konsekvens av en rekke faktorer, vil ikke et tall på dødelighet nødvendigvis si noe om årsaken (Ellis mfl., 2012).

Når dette er sagt, vil vi allikevel argumentere for at dødelighet er en viktig helse- og velferdsindikator å ta med i et reguleringssystem. Dødelighet er et objektivt mål på dårlig fiskehelse og -velferd. Det er det ultimate bevis på at noe har gått galt og det er tydelig at man må finne årsaken og foreta endringer. Dødelighet som indikator er relativt enkelt å måle, og ser man bort fra årsakene til dødelighet er det mulig å bruke dødelighet i sammenligning med andre oppdrettere da det er et endepunkt. Dette til forskjell fra for eksempel vekst, som vil påvirkes av en rekke faktorer. Vekst kan i mindre grad brukes som et objektivt sammenlikningstall uten å vite bakgrunnen for veksttallene. Dødelighet er også en indikator som kan forstås av alle interessenter og er dermed egnet i en reguleringsplan som skal kommuniseres bredt.

Sagt med andre ord er det god grunn til å tro at høy dødelighet er korrelert med dårlig velferd og helse statistisk sett, selv om det både finnes eksempler på høy dødelighet uten at det nødvendigvis følger en periode med dårlig velferd/helse (eksempelvis høy dødelighet forbundet med algeoppblomstringer) og også eksempler på dårlig velferd og helse uten dødelighet (eksempelvis velferdstap etter lusebehandlinger som ikke fører til dødelighet). Velferdsbegrepet omfatter mange indikatorer som i seg selv ikke er forventet å medføre dødelighet. Selv om indikatoren ikke fanger opp alt, er det grunn til å tro at tiltak som reduserer dødeligheten i sum også vil føre til bedret velferd og helse. Også veilederen i Laksvel (Nilsson mfl. (2022)) slår fast at dødelighet er en uspesifikk, men god indikator for velferd på populasjonsnivå.

Et avgjørende poeng er at dødelighet kun er en svak indikator for fiskens velferd dersom fiskens velferd i stor grad preges av forhold som ikke korrelerer med økt dødelighet. Så lenge det er en tydelig statistisk sammenheng mellom velferdsegenskaper og dødelighet, så er det tilstrekkelig for at dødelighet er en god indikator for fiskevelferd. Det er strengt tatt ikke en gang nødvendig med en kausal sammenheng mellom disse, så lenge korrelasjonen er til stede. Dette er et viktig poeng og gir gode grunner til å velge dødelighet som indikator.

Det er også relevant å ha med seg at dødelighet har blitt brukt som en indikator på dyrehelse og -velferd i husdyrproduksjon med landdyr i lang tid. Riktignok har mye landbruksproduksjon utviklet mer raffinerte indikatorer for velferd og helse på individnivå, men i de mest intensive produksjonene, som fjørfehold, er gruppebaserte indikatorer som dødelighet fortsatt høyst relevante. Dødelighet inngår eksempelvis som indikator i bransjens egne dyrevelferdsprogrammer for slaktekylling og verpehøns. LiveCorp, som er et forsknings- og utviklingsråd for australske dyreeksportører, uttalte i 2021 endog at «*Mortality rate, which has traditionally been used to measure welfare outcomes in live exports, has been rightly criticised when used as a sole indicator. However, this should not detract from mortality remaining as the central animal welfare indicator. As a measure, it is indisputable and increased mortalities are associated with many health and welfare issues.*»<sup>2</sup>

Etter vår vurdering er fiskedødelighet ikke en perfekt indikator for fiskevelferd og -helse, men det er sannsynligvis den beste parameteren vi har å utvikle et reguleringsvirkemiddel rundt i dag.

---

<sup>2</sup> Url: <https://livecorp.com.au/article/7m30S1wql6CL8s4FMEkoR4> Hentet 02.12.22.

## 2.1.4 Tilvekst og andre parametere som alternativ indikator til dødelighet?

### Tilvekst

De fleste oppdrettere er særlig interessert i at fisken skal vokse godt, og mange likestiller dette med at fisken har god helse og velferd. God tilvekst kan bety at fisken har gode forhold, har god appetitt og spiser bra. Men god tilvekst kan være resultat av flere faktorer enn at fisken spiser godt, og vekst er ikke alltid likestilt med god velferd.

Timmerhaus mfl. (2021) viste en positiv sammenheng mellom vektøkning og vannhastighet hos fisk over 3 måneder med eksponering. Videre analyser av fisken viste at veksten kom av økt muskelmasse og fisken som vokste aller best på de høyeste vannhastighetene hadde redusert gjelle- og skinnhelse. Dødeligheten var imidlertid lav. Videre er det rapportert at økte temperaturer og manipulering av fotoperiode som resulterer i økt vekst er hovedårsak til skjelettdeformiteter (Fjelldal mfl., 2012).

Sammenhengen mellom dårlig vekst, avmagring og dødelighet er ganske diffus ettersom det er mange årsaker til dårlig vekst og avmagring. Dårlig vekst kan for eksempel skyldes feilernæring, stress og sykdom. Sykdom har videre flere årsaker innenfor blant annet virus, bakterier og parasitter. Uansett hva årsaken til nedsatt vekst er, vil fisk som er mye mindre enn gjennomsnittet tape i konkurransen om mat. Spesielt gjelder dette når pelletstørrelsen økes for å tilpasses majoriteten av individer. Avmagrede individer er derfor med få unntak dødsdømte, og dermed avtar andelen avmagrede fisker senere i vekstfasen (se Noble mfl., 2018).

### Fishwell/Laksvel

Noble mfl., (2018) har utviklet et skåringssystem for fiskevelferd gjennom prosjektet **Fishwell**. Systemet er videreført gjennom Laksvel, som har videreutviklet standardiserte og rutinemessige verktøy for velferdsovervåking (Nilsson mfl., 2022). Systemet måler ytre morfologiske skader og misdannelser etter en skala fra 0-3. 0 er uten tilstedeværelse av skade/avvik (normaltilstand), 1 beskriver milde avvik, 2 beskriver tydelige avvik og 3 angir ekstreme avvik. Skåringssystemet er subjektivt ettersom det baserer seg på enkeltindividers bedømminger. Det er heller ikke satt noen klar grense for hva som er uakseptabelt av ulike skader og misdannelser, eller hvor skadelige for velferden de ulike typer skader er. Mange i næringen har tatt systemet i bruk, og det blir oftest utført av opptrent personale eller fiskehelsetjenester.

Selv om systemet baserer seg på manuelle skåringer i dag, så jobbes det med digitale løsninger og maskinlæring for noen av variablene, for eksempel sår. Digitalisert skåring er ennå i tidlig utvikling, men det er en lovende teknologi med mål om å standardisere evalueringen, og gjøre den mer objektiv.

Ettersom systemet er subjektivt og det dessuten består av mange forskjellige variabler som ikke er veid opp mot hverandre, vil det være mer krevende å bygge et reguleringssystem rundt dette skåringssystemet.

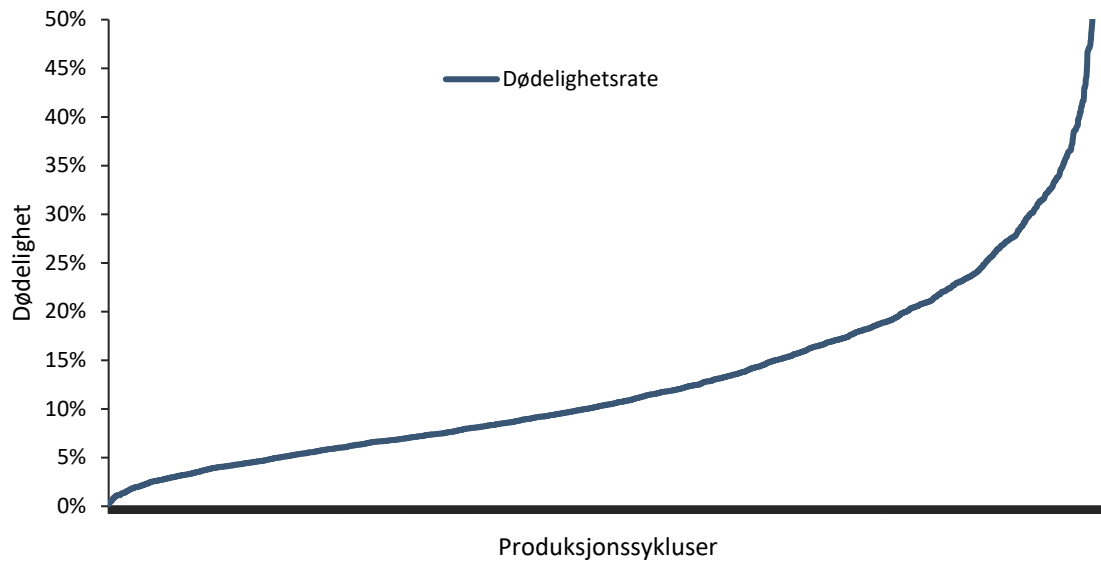
## 2.2 Hvor vanlig er fiskedødelighet?

Målet på dødelighet som vi benytter i denne rapporten er hvor stor andel av fisken som settes ut som ikke overlever fram til utslaktingstidspunktet. Det er med andre ord andelen av fisken som dør i løpet av sjøfasen vi er interessert i.

Figur 2-2 viser dødeligheten for alle produksjonssykluser i oppdrettsnæringen mellom 2016-2021, rangert etter andelen fisk som dør. Produksjonssykluserne omfatter kun sjøfasen, altså tiden fra fisken settes ut i sjø og til den tas opp og slaktes. Det var omtrent 1300 produksjonssykluser i denne perioden, og det er stor spredning i

dødeligheten. Median-syklusen hadde en dødelighet på 11 prosent. Produksjonssyklusene som utgjør de 20 prosentene med lavest dødelighet, hadde en dødelighet på under 6 prosent, mens femdelen med høyest dødelighet hadde en dødelighet på over 20 prosent.

Figur 2-2: Produksjonssykluser i perioden 2016-2021 rangert etter dødelighet. \* Kilde: Fiskeridirektoratet

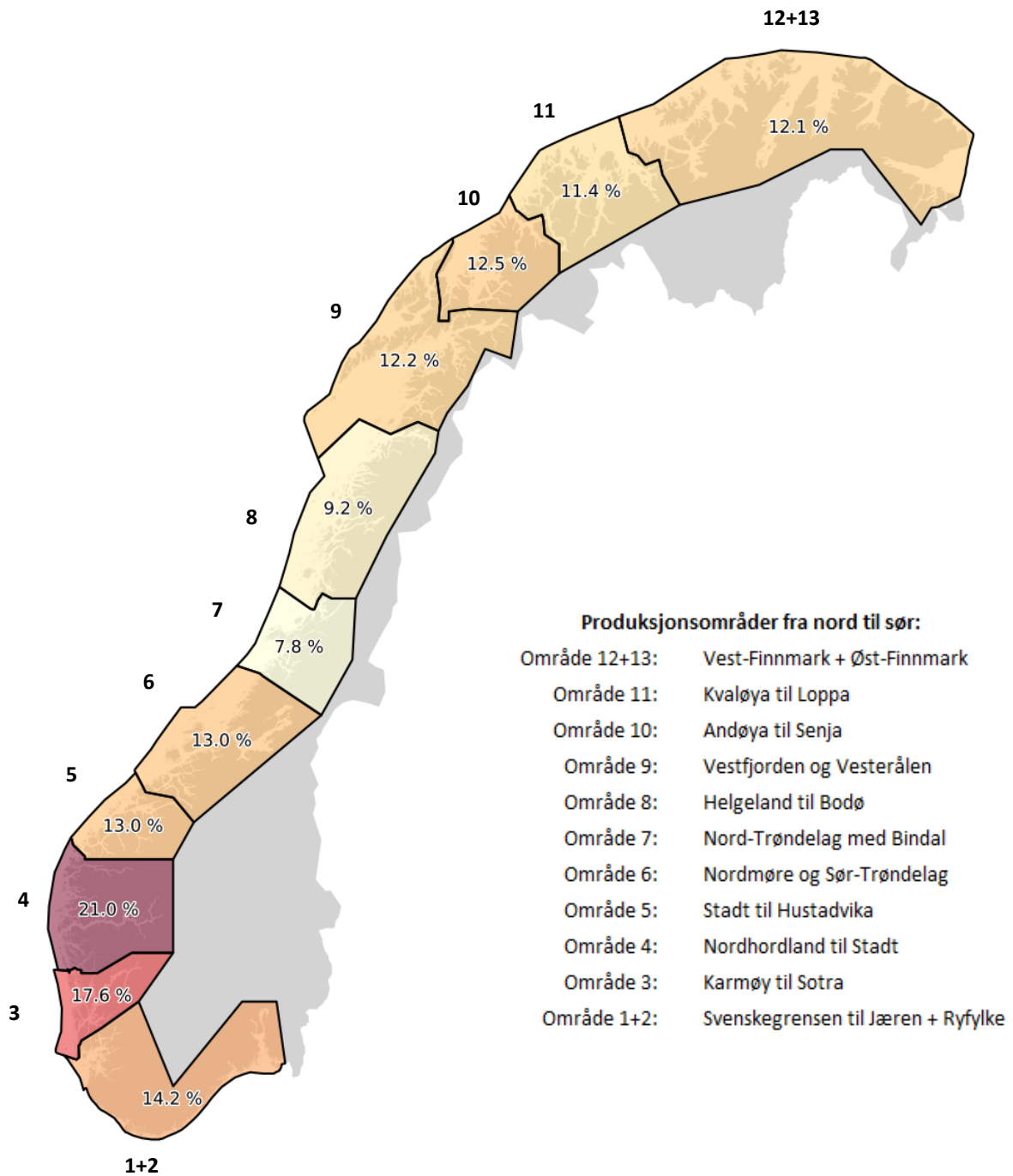


\*Figuren omfatter alle produksjonssykluser av laks (ikke regnbueørret) som har utsett og utslakting innenfor perioden 2016-2021. Figuren viser ikke produksjonssykluser med dødelighet høyere enn 50 prosent. Det er 40 sykluser med dødelighet over 50 prosent, og det tilsvarer i overkant av 1 prosent av alle produksjonssyklusene i perioden.

### 2.2.1 Geografisk variasjon

Fiskedødelighet varierer også betydelig geografisk. Dette er illustrert i Figur 2-3. Utgangspunktet for figuren er at alle produksjonssykluser med utsett og siste utslakting innenfor 2016-2021 er gruppert og plassert på område. Fordi det er forholdsvis få aktører i områdene 1 og 13, er produksjonssyklusene i disse områdene slått sammen med sitt tilstøtende produksjonsområde.

Figur 2-3: Dødelighet i produksjonssykluser 2016-2021 fordelt på produksjonsområder. \* Kilde: Fiskeridirektoratet, bearbejdet av Nofima og Menon Economics

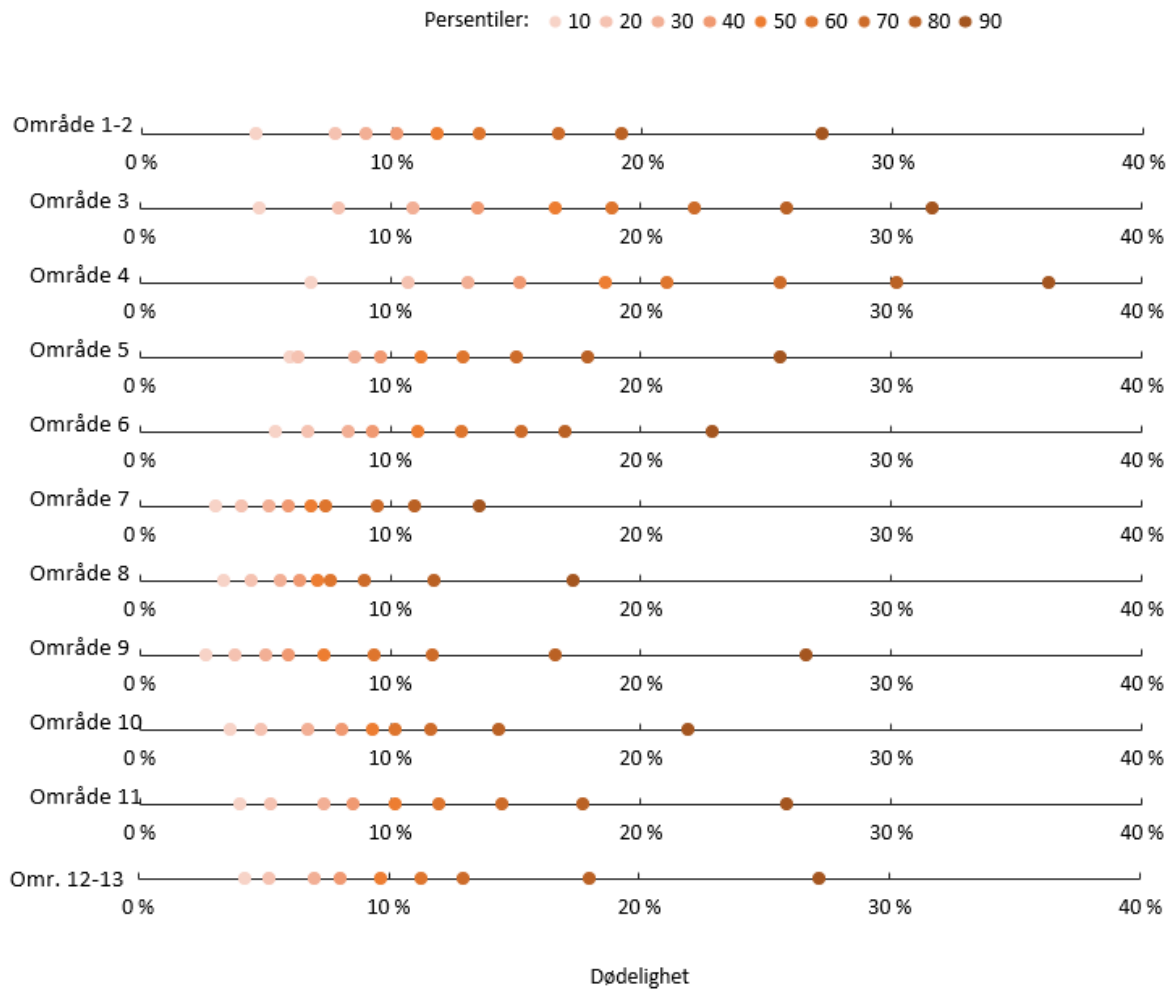


\*Figuren omfatter alle produksjonssykluser med første utsett og siste utslakting innenfor perioden 2016-2021. Det er det uvektede gjennomsnittet av dødeligheten i alle produksjonssykluserne innenfor hver områdegruppering som er oppgitt i figuren.

Figuren viser at områdene på Vestlandet har særlig høy dødelighet. Område 3 har gjennomsnittlig dødelighet på nær 18 prosent, mens område 4 har gjennomsnittlig dødelighet på hele 21 prosent. Produksjonsområdene 7 og 8 har betydelig lavere dødelighet enn gjennomsnittet, begge godt under 10 prosent. Dødeligheten i de øvrige områdene er om lag på samme nivå, omtrent rundt 13 prosent +/- 1,5 prosentpoeng.

Figur 2-4 viser variasjonen mellom produksjonssykluser innenfor samme produksjonsområde i form av persentiler. En persentil er det punktet i en fordeling som skiller de som ligger over og under i en rangert fordeling. I denne sammenhengen vil 10-persentilen være det dødelighetsnivået hvor 10 prosent av produksjonssykluserne har lavere dødelighet enn punktet, mens de øvrige 90 prosent har høyere dødelighet enn dette nivået.

**Figur 2-4: Variasjon i dødelighet innenfor produksjonsområder.** Kilde: Fiskeridirektoratet, bearbejdet av Nofima og Menon Economics



Figuren viser at dødeligheten i områdene med høyere dødelighet er mer spredt, og at særlig produksjonssykluserne med relativt høy dødelighet ligger vesentlig høyere enn de øvrige. Figuren viser eksempelvis at 80-persentilen for dødelighet i område 4 ligger på cirka 30 prosent, som vil si at hver femte produksjonssyklus i dette området har en dødelighet over 30 prosent. I kontrast til dette er 80-persentilen for dødelighet i område 7 nærmere 11 prosent. Dette understreker med all tydelighet at fiskedødelighet har en betydelig geografisk variasjon.

## 2.2.2 Variasjon mellom oppdrettsselskap

Det er også variasjon i dødelighet mellom oppdrettsselskap. Denne spredningen kan anslås ved å se på den gjennomsnittlige dødeligheten til et selskap innenfor de områdene hvor dette selskapet produserer (da



korrigerer man for den geografiske variasjonen og vasker ut skjevheter som skyldes at selskap er representert uforholdsmessig i områder med forholdsvis lav/høy dødelighet). Vi har regnet ut dette ved å beregne en «normal-dødelighet» for hvert produksjonsområde. For hver produksjonssyklus er det deretter regnet ut hvor stort avviket fra denne normaldødeligheten er. Til slutt er dødeligheten gruppert på selskapene, og det er dermed beregnet et gjennomsnittlig avvik fra normalen per selskap. Hvis normal-dødeligheten i et område er 14 prosent, og et selskap som kun har produksjon i dette området har en gjennomsnittlig dødelighet på 17 prosent, vil dette selskapet ha et dødelighetsavvik på 3. Tabell 2-1 viser avviket fra den gjennomsnittlige dødeligheten for flere persentiler til selskapene.

**Tabell 2-1: Variasjon i dødelighet og vekstrate mellom selskap basert på produksjonssykluser i perioden 2016-2021. Kilde: Fiskeridirektoratet, bearbeidet av Nofima og Menon Economics.**

Persentil	Dødelighetsavvik	Vekstavvik
10	-7,26	-4,19
20	-5,06	-3,05
30	-2,63	-1,71
40	-1,83	-1,42
50	-1,22	-0,61
60	-0,22	-0,05
70	1,10	0,55
80	3,47	1,10
90	5,52	3,29
Gjennomsnitt	0,39	-0,60

Av tabellen ser vi at de fleste selskapene, et sted mellom 60 og 70 prosent, har en lavere dødelighet enn gjennomsnittet. Dette betyr at den gjennomsnittlige dødeligheten dras opp av noen selskap med en relativt sett høyere dødelighet. At det er en såpass stor spredning mellom selskap, tyder på at det kan være en stor effekt på dødelighet som avhenger av hvor godt man driver. Fordi figuren dekker produksjonssykluser over en periode på 5 år og variasjonen er forholdsvis betydelig, er det liten grunn til å tro at dette alene kan forklares med tilfeldige utslag.

### 2.3 Hva er sammenhengen mellom næringsaktørenes drift og dødelighet?

Det er hensiktsmessig å dele inn i tre typer hendelser som påvirker dødeligheten, men som i ulik grad kan knyttes til næringsaktørene.

- **«Acts of god» som står utenfor den enkeltes kontroll**
  - o Hendelser som øker dødeligheten og som oppdrettsnæringen ikke kan kontrollere
  - o For eksempel algeoppblomstringer, dårlig ytre miljø, utslipp fra land og så videre.
- **Enkeltaktørenes operasjonelle aktiviteter**
  - o Aktiviteter som øker dødeligheten og som er en direkte konsekvens av den enkelte oppdretters drift
  - o For eksempel avlusninger, valg av smoltstørrelse/-kvalitet, størrelse på utsett, og så videre
- **Hendelser som ligger imellom de to ytterpunktene**

- Ting som ikke skyldes den enkeltes valg, men som er en funksjon av næringens kollektive drift
- For eksempel sykdomsfrekvens som skyldes anleggstetthet

Ikke alt som påvirker dødeligheten er enkelt å plassere innenfor kun én av disse boksene. Eksempelvis vil flere av aktivitetene som driver dødelighet være en funksjon av sjøtemperaturen, og dette kan både sees på som en «act of god» (oppdretter kan ikke kontrollere sjøtemperaturen), men også en konsekvens av enkeltaktørens valg (tidspunkt for utsett er et valg, noen lokaliteter vil være kaldere enn andre mm.). Det er igjen også viktig å påpeke at oppdretter i mange tilfeller ofte vil kunne ha et handlingsrom, selv om de ikke nødvendigvis står til ansvar for hele årsakskjeden fram til hendelsen. Flytting av fisk til andre beredskapslokaliteter, tidligere utslakting, pausing av fôring og håndtering er noen eksempler på tiltak som i noen tilfeller kan tas i bruk. Ved gjentatte hendelser på enkeltlokaliteter kan oppdretter også revurdere bruk av disse lokalitetene eller tilpasse driften til forholdene.

Det er ikke enkelt å alltid slå fast hva som er sammenhengen mellom den enkeltes driftsvalg og hva som driver fiskedødeligheten. Det er imidlertid flere faktorer som statistisk sett kan sies å påvirke dødeligheten, og som det sett samlet er grunn til å knytte til den enkeltes driftsvalg. Vi redegjør nærmere for dette når vi ser på den økonometriske modellen i neste kapittel. Nyten ved å dele årsakene til dødelighet i disse tre kategoriene, er at det blir enklere å vurdere de typene dødelighet som næringen kan foreta grep for å redusere, og de hvor det kan være vanskeligere å foreta slike grep.

## 3 Hva driver dødelighet og tilvekst? En statistisk analyse

I dette kapitlet forsøker vi å påvise statistiske mønstre som kan indikere hva som driver dødelighet i norske oppdrettsanlegg.

Vi benytter et rikt og så langt lite analysert datamateriale som gir detaljert innsikt i fiskens tilstand i merdene, fra utsett i sjøen til slakt – en produksjonsyklus – over en ti år lang periode. Vi observerer bruk av mekanisk og medikamentell behandling av fisken, vi har registrert størrelsen på smolt ved utsett, og vi har registrert mistanke om og forekomst av fiskesykdommene pankreassykdom (PD) og infeksiøs lakseanemi (ILA). Vi kan også ta høyde for sentrale kjennetegn ved produksjonsanleggene, i form av geografisk lokalisering og avstand til de nærmeste produksjonsanleggene. Sist, men ikke minst har vi informasjon om produksjonsselskapets størrelse.

### 3.1 Hypotese: Hva ønsker vi å teste med denne analysen?

Vår hypotese er at dødelighet samvarierer med fiskens tilstand i merden og produsentens behandling/håndtering av denne gjennom produksjonsyklusen. Vi er særlig opptatt av at dødeligheten styres av flere faktorer som må studeres i sammenheng. Vi er derfor opptatt av å se på samvariasjon når vi tar hensyn til en lang rekke faktorer samtidig, i motsetning til Oliveira med flere (2021), som studerer bivariat samvariasjon.

Denne «kontrollerte» samvariasjonen kan fortelle oss noe om hvilke forhold som synes å særlig forklare dødelighetsratene i produksjonsyklusene. Datamaterialet tillater ikke å konkludere sterkt med tanke på kausalitet, ettersom vi ikke har strenge eksperimentelle kontroller, men til en viss grad kan man hevde at oppdrett i norske merder er såpass standardisert at betydelige variasjoner i håndtering av fisken kan ses på som en semikontrollert behandling («treatment»).

### 3.2 Tidligere relevant forskning

Oliveira mfl. foretar en rekke analyser av bivariat samvariasjon mellom dødelighet i produksjonsyklusen i norsk oppdrettsnæring fra 2014-2019 og en rekke andre variabler. De finner at lakselusbehandlinger er forbundet med økt dødelighet i sjøfasen. De peker spesielt på at trenden i retning av flere mekaniske behandlinger, medregnet termisk behandling, øker dødeligheten i samme måned som behandlingen utføres. De peker også på forskjeller i dødelighet mellom produksjonsområder. Utsett måned, vekt, sjøtemperatur og salinitet påvirker også dødeligheten. Fordi analysen er bivariat skiller imidlertid ikke bidraget fra enkelteffektene ut.

Overton mfl. (2019) undersøkte sammenhengen mellom lusebehandlinger og fiskedødelighet for produksjonsyklusen i perioden 2012-2017. De vurderte utviklingen i typer lusebehandlinger og sammenhengen mellom ulike behandlingstyper og dødelighet. De fant at termiske behandlinger førte til 31 prosent økt dødelighet, at mekaniske behandlinger fører til 25 prosent økt dødelighet og at ulike kjemiske behandlinger førte til en noe lavere økning i dødelighet. De peker også på at temperatur, fiskestørrelse og allerede høy dødelighet i syklusen påvirker graden av dødelighet i produksjonsyklusen.

Overton mfl. (2020) vurderte effekten av rensefisk som lusebehandlingsalternativ gjennom en litteraturgjennomgang. De fant svakheter i eksperimentdesignet på flere forsøk som har vurdert effekten av bruk av rensefisk, blant annet at det var for lite replisering av eksperimenter. De fant store variasjoner i effektvurderinger (mellom 28 økning til 100 prosent reduksjon i lusepåslag). De fant også at undersøkelsen av interaksjonen mellom rensefisk og oppdrettslaks i merder i sjøen er for dårlig dokumentert. De hevder også at

det er et misforhold mellom dokumentasjonen på effekten av denne behandlingsteknikken og den utstrakte bruken av renseskiv i næringen, og oppfordrer blant annet til videre forskning på feltet.

Lund, Grip og Pettersen (2022) har blant annet vurdert termiske lusebehandlingers effekt på dødelighet ved å kontrollere for forekomst av sykdommer i merdene. De fant blant annet at fisken i de kontrollerte merdbehandlingene hadde liten grad av sykdom i forkant av behandling og at dødeligheten etter behandling ikke primært kunne forklares med sykdom. De finner også tegn på at velferdstapet etter behandling er lavere med økt total behandlingstid per merdbehandling. I tillegg viser resultatene at hjerneblødning hos fisken utløses etter termisk behandling, men at det trolig er som følge av en stressrespons ved håndteringen og ikke nødvendigvis eksponeringen for temperert vann.

### 3.3 En kort beskrivelse av datamaterialet

Vårt datamateriale er satt sammen av populasjonsdata fra ulike kilder som dekker all aktivitet i oppdrettsnæringen i Norge fra og med 2012 og til og med utgangen av 2021.

Vi henter inn data fra Fiskeridirektoratet, Barents Watch, og SSB. I dette prosjektet har vi i tillegg fått tilgang på biomassestatistikk fra Fiskeridirektoratet. Biomassestatistikken har gjort det mulig for oss å analysere sammenhengene mellom fiskedødelighet og en rekke andre variabler økonometrisk.

Observasjonseenheten i denne analysen er en **produksjonssyklus**. Den utgjør en unik kombinasjon av årgang (t) som også spesifiserer måned for utsett, en lokalitet (s) (produksjonsområdet) og en eier (o). En syklus starter enten med et utsett av smolt eller en flytting av fisk fra en annen lokalitet. Syklusen avsluttes med slakt av siste fisk på lokaliteten. Underveis kan noe mer fisk tilføres, det kan slaktes i flere etapper, noe fisk dør og noe fisk rømmer.

En produksjonssyklus varierer i lengde (tid), biomasse (mengde fisk på lokaliteten ved rapporteringstidspunkt), slaktevolum (som typisk vil være høyere enn biomassen fordi en lokalitet slaktes ut gradvis) og annet. I Tabell 3-1 beskriver vi utvalgte sentrale kjennetegn ved produksjonssyklusene, samt den statistiske fordelingen i datamaterialet.

Tabell 3-1: Kjennetegn ved produksjonssyklusene fra 2012-2021

	Gjennomsnitt	Standardavvik	Laveste	10%	25%	Median	75%	90%	Høyeste	
Utsatt smolt (antall i 1000)	3848	755	584	0	0	304	701	1122	1563	3765
Utsatt totalt (antall i 1000)	3848	1068	815	6	339	586	899	1384	1864	14211
Maksimalt antall fisk (antall i 1000)	3848	928	506	101	323	558	847	1248	1592	3481
Maksimal biomasse (Tonn)	3848	2478	1486	20	664	1325	2326	3356	4587	10538
Tap død (antall i 1000)	3848	111	120	0	14	34	76	149	247	2012
Tap utkast (antall i 1000)	3848	8	19	0	0	0	2	7	18	326
Tap rømming (antall i 1000)	3848	0	3	0	0	0	0	0	0	120
Tap annet (antall i 1000)	3848	5	63	-245	-25	-9	0	8	28	1265
Slakt (antall i 1000)	3848	587	451	0	0	213	560	877	1234	2433
Slakt (Tonn)	3848	2824	2244	0	0	968	2595	4232	6073	10984
Dødlighetsrate (Tap død)/Maks antall fisk)	3848	12 %	24 %	0 %	4 %	6 %	9 %	12 %	16 %	58 %

De 3848 produksjonssyklusene som er gjennomført i Norge gjennom den angitte tiårs perioden viser stor variasjon med hensyn til kjennetegn:

- Antall fisk satt ut varierer fra 101 000 til 3,4 millioner med en median på 840 000
- Antall døde fisk varierer fra null til over 2 millioner fisk.
- Variasjonen i slakteomfang er også stor

Tabell 3-2 gjengir variablene som vi studerer i hver produksjonssyklus:

Tabell 3-2: Forklaring av variabler i modell

Variabel	Definisjon
<b>Dødelighetsrate (avhengig variabel)</b>	Antall døde fisk i produksjonssyklusen fordelt på maksimalt antall fisk i produksjonssyklusen.
<b>Mekanisk behandling (vektet sum)</b>	Antall registrerte uker med mekanisk behandling i produksjonssyklusen.
<b>Mekanisk behandling (dummy)</b>	Produksjonssyklusen har hatt mekanisk behandling minst én gang (det vil si minst én registrert uke) i løpet av produksjonssyklusen
<b>Medikamentell behandling (vektet sum)</b>	Antall registrerte uker med medikamentell behandling i produksjonssyklusen.
<b>Medikamentell behandling (dummy)</b>	Produksjonssyklusen har hatt medikamentell behandling minst én gang (det vil si minst én registrert uke) i løpet av produksjonssyklusen
<b>Mistanke_PD</b>	Lokaliteten har hatt mistanke om PD i løpet av produksjonssyklusen
<b>Påvist_PD</b>	Det er påvist PD på lokaliteten i løpet av produksjonssyklusen
<b>Mistanke_ILA</b>	Lokaliteten har hatt mistanke om ILA i løpet av produksjonssyklusen
<b>Påvist_ILA</b>	Det er påvist ILA på lokaliteten i løpet av produksjonssyklusen
<b>Maks antall fisk i syklus</b>	Det maksimale antallet fisk som har vært plassert ut på lokaliteten i løpet av produksjonssyklusen
<b>Unntaksvekst</b>	Lokaliteten har søkt om unntaksvekst i 2018, 2020 eller 2022
<b>Selskapsstørrelse</b>	Antall lokaliteter i sjø registrert med kommersiell produksjon av laks for selskapet som eier produksjonssyklusen; teller hentet fra akvakulturregisterets oversikt over tillatelser
<b>Snittvekt ved utsett</b>	Gjennomsnittlig fiskevekt ved utsett
<b>Avstand til nærmeste anlegg</b>	Avstand i meter til nærmeste produksjonsanlegg i luftlinje
<b>Avstad til nest nærmeste anlegg</b>	Avstand i meter til nest nærmeste produksjonsanlegg i luftlinje
<b>Avstand til 3. nærmeste anlegg</b>	Avstand i meter til tredje nærmeste produksjonsanlegg i luftlinje
<b>Produksjonsområde</b>	Produksjonsområdet som produksjonssyklusen finner sted i. I modellen er referanseområdet område 1+2 (kombinert). Område 12+13 er også kombinert.
<b>År</b>	Året produksjonssyklusen startet opp (utsettår). I modellen er referanseåret 2012.
<b>Måned</b>	Måneden produksjonssyklusen startet opp (utsettmåned). I modellen er referansemåneden januar.

Vi har også data for observasjoner av lus, men benytter ikke denne informasjonen fordi dette er en variabel som ligger bak (driver) omfang av behandling. Vi har også observasjoner av utsett av rensefisk, men disse tallene har en del mangler og er derfor ikke inkludert i de videre beregningene.

I de mest komplette modellene er det 2765 produksjonssykluser som inkluderes i modellen. Dette er lavere enn antallet produksjonssykluser gjengitt i Tabell 3-1 dels fordi noen av produksjonssyklusene ikke har munnet ut i slakting av fisk (fisken er trolig fraktet til annen lokalitet), dels fordi de ikke er registrert med fiskebeholdning, dels fordi de er startet/avsluttet utenfor tidsvinduet vi ser på samt fordi vi ikke har informasjon om geografisk lokalisering for alle lokalitetene.

Tabell 3-3 gjengir fordelingen av de binære variablene vi ser på.

Tabell 3-3: Fordeling av binære variabler (dummies)

Variabel	0=Nei	1=Ja
Mekanisk behandling (dummy)	1112	1653
Medikamentell behandling (dummy)	1704	1061
Mistanke_PD	2458	307
Påvist_PD	1789	976
Mistanke_ILA	2713	52
Påvist_ILA	2650	115
Unntaksvekst	2478	287

Tabell 3-4 gjengir fordelingen av de ikke-binære variablene (med unntak av tids- og stedsvariablene).

Tabell 3-4: Fordeling av ikke-binære variabler

Variabel	Minste-verdi	Første kvartil	Median	Snitt	Tredje kvartil	Maksimal-verdi
Maks antall fisk i syklus	7821	597961	878863	960046	1285044	3238448
Selskapsstørrelse	1	13	25	51	87	164
Snittvekt ved utsett (kg)	0,04	0,1167	0,1570	0,4063	0,2603	8,5864
Mekanisk behandling (vektet sum)	0	0	1	1,818	3	18
Medikamentell behandling (vektet sum)	0	0	0	0,7171	0,6667	19,3333
Avstand til nærmeste anlegg	312	2164	3312	3852	4972	65944
Avstand til nest nærmeste anlegg	607	3837	5359	6346	7722	71474
Avstand til 3. nærmeste anlegg	1362	5314	7324	8351	9728	74512

### 3.4 Modellen og drøfting av mulighet for identifikasjon av årsakssammenhenger

Vår kjernemodell vurderer dødelighet som en funksjon av en lang rekke forhold. I modell-formelen under lister vi opp forholdene som inngår i modellen. Disse er kategorisert på hver linje under.

*Dødelighetsrate =*

<i>Mekanisk behandling + Medikamentell behandling</i>	[Behandlinger]
<i>+ Mistanke_PD + Påvist_PD + Mistanke_ + ILA Påvist_ILA</i>	[Sykdom]
<i>+ Snittvekt ved utsett + Maks antall fisk i syklus</i>	[Vekt og antall]
<i>+ Selskapsstørrelse + Unntaksvekst</i>	[Produsent]
<i>+ Avstand til nærmeste + Avstand til nest nærmeste + Avstand til tredje nærmeste</i>	[Avstander]
<i>+ Produksjonsområde + År + Måned</i>	[Tid og sted]

For di vi inkluderer mange variabler i de samme modellene, får vi tatt høyde for forhold som kan samvariere i våre estimater. Man kan for eksempel se for seg at forekomsten av lusebehandlinger og sykdommer er korrelert med geografi (og derigjennom produksjonsområde), fordi det er kjent at dødelighet har et klart geografisk avtrykk. Ved å ta inn kontrollvariabler for produksjonsområdene, får vi skilt ut den geografispesifikke

komponenten av variasjonen i dødelighet, og vi får mer presise estimater av effekten som sykdommer og behandlinger har på fiskedødelighet. Dette kan gi svært nyttige innsikter, fordi vi får skilt fra hverandre ulike effekter.

### 3.5 Resultater og drøfting

I Tabell 3-5 presenterer vi resultatene fra ulike modellspesifikasjoner. Jo flere stjerner, jo mer statistisk signifikant er samvariasjonen. Tall knyttet til dødelighet tolkes som at variabelen bidrar til økt dødelighet hvis tallet er positivt. Positive tall i vekstmodellene viser bidrag til økt vekst.

Tabell 3-5: Resultater av økonometriske modeller hvor behandlinger inngår som dummyvariabler

	I	II	III	IV
	Dødelighet (ln)	Dødelighet (ln) med dummyer	Dødelighet (ln) med dummyer og smoltvekt (smolt u/ 400g)	Dødelighet (ln) med dummyer og smoltvekt (smolt u/ 250g)
Mekanisk behandling (dummy)	0,12 ***	0,10 ***	0,03	0,03
Medikamentell behandling (dummy)	0,06 **	0,06 *	0,02	0,02
Mistanke_PD	0,16 ***	0,04	0,03	0,04
Påvist_PD	0,49 ***	0,23 ***	0,28 ***	0,26 ***
Mistanke_ILA	-0,04	-0,09	-0,11	-0,12
Påvist_ILA	0,18 **	0,20 ***	0,10	0,08
Maks antall fisk i syklus	0,06 ***	0,15 ***	-0,01	-0,01
Unntaksvekst	-0,21 ***	-0,27 ***	-0,31 ***	-0,30 ***
Selskapsstørrelse	-0,03 **	-0,04 ***	0,00	-0,01
Snittvekt ved utsett			0,03	0,02
Avstand til nærmeste anlegg	0,03	0,02	-0,01	0,01
Avstad til nest nærmeste anlegg	0,08	0,11 **	0,13 **	0,12 **
Avstand til 3. nærmeste anlegg	-0,20 ***	-0,20 ***	-0,24 ***	-0,23 ***
Produksjonsområde	NEI	JA	JA	JA
År	NEI	JA	JA	JA
Måned	NEI	JA	JA	JA
RSE:	0,7471	0,7039	0,6198	0,6181
N	2765	2765	2213	1967
Multiple R-squared	0,1306	0,2366	0,2026	0,202
Adjusted R-squared	0,1268	0,2248	0,1871	0,1849
F-statistic:	34,44	20,09	13,08	11,85
p-value <	2,20E-16	2,20E-16	2,20E-16	2,20E-16

\*\*\* Signifikans>99% \*\* Signifikans>95% \* Signifikans>90%

I kjernemodellen ser vi bort fra tids- og stedsvariablene og snittvekt ved utsett. I modellspesifikasjon II, III og IV tar vi med disse.

Variabelen for snittvekt ved utsett har vi kun med i modellspesifikasjon III og IV. Grunnen til at vi tar inn snittvekten ved utsett er at vi ønsker å teste om størrelsen på smolten ser ut til å påvirke dødelighetsraten. For å få til dette, er det imidlertid viktig at vi skiller ut produksjonssykluser hvor det er fisk fra andre sjølokaliteter som er flyttet på. I produksjonssykluser som starter med utsett av fisk som er flyttet fra en annen sjølokalitet, har denne fisken nødvendigvis stått i sjøen en stund og allerede har måttet tilpasse seg en overgang fra

settefiskanlegg på land og til sjøfasen. For å luke ut disse produksjonssyklusene, tar vi ut produksjonssykluser hvor fisken har stor vekt i starten, etter som dette med større sannsynlighet er «uønskede» sykluser. Fordi det også praktiseres utsett av stor smolt, er det imidlertid vanskelig å slå sikkert fast hvor dette skillet går. Derfor tar vi ut produksjonssykluser hvor snittvekten på fisken ved utsett er under henholdsvis 400 gram og 250 gram. Da tar vi i praksis ut 500 og 800 av 2800 produksjonssykluser.

Tabell 3-6 gjengir resultatene fra fire lignende modellspesifikasjoner, men hvor lusebehandlinger også er inkludert med en vektet variabel.

**Tabell 3-6: Resultater av økonometriske modeller hvor behandlinger inngår som dummy- og vektete variabler**

	I	II	III	IV
	Dødelighet (ln)	Dødelighet (ln) med dummyer	Dødelighet (ln) med dummyer og smoltvekt (smolt u/ 400g)	Dødelighet (ln) med dummyer og smoltvekt (smolt u/ 250g)
Medikamentell behandling (vektet sum)	0,01	0,00	0,01	0,01
Mekanisk behandling (vektet sum)	0,03 ***	0,03 ***	0,02 ***	0,03 ***
Mekanisk behandling (dummy)	0,03	0,04	-0,02	-0,04
Medikamentell behandling (dummy)	0,05	0,06	0,01	-0,01
Mistanke_PD	0,15 ***	0,03	0,03	0,02
Påvist_PD	0,47 ***	0,21 ***	0,27 ***	0,25 ***
Mistanke_ILA	-0,03	-0,08	-0,10	-0,11
Påvist_ILA	0,20 ***	0,21 ***	0,11 *	0,09
Maks antall fisk i syklus	0,06 ***	0,15 ***	-0,01	-0,02
Unntaksvekst	-0,20 ***	-0,26 ***	-0,30 ***	-0,29 ***
Selskapsstørrelse	-0,03 **	-0,04 ***	0,00	-0,01
Snittvekt ved utsett			0,03	0,01
Avstand til nærmeste anlegg	0,02	0,02	-0,01	0,01
Avstad til nest nærmeste anlegg	0,08	0,11 **	0,14 **	0,12 **
Avstand til 3. nærmeste anlegg	-0,19 ***	-0,20 ***	-0,24 ***	-0,24 ***
Produksjonsområde	NEI	JA	JA	JA
År	NEI	JA	JA	JA
Måned	NEI	JA	JA	JA
RSE:	0,7454	0,7027	0,6186	0,6162
N	2765	2765	2213	1967
Multiple R-squared	0,1352	0,2398	0,2064	0,2078
Adjusted R-squared	0,1308	0,2275	0,1903	0,1901
F-statistic:	30,71	19,5	12,78	11,71
p-value <	2,2E-16	2,2E-16	2,2E-16	2,2E-16

\*\*\* Signifikans>99% \*\* Signifikans>95% \* Signifikans>90%



Tabell 3-7 gir en presis forklaring av hvordan de estimerte parameterne skal tolkes.

Tabell 3-7: Tolkning av parametere i modellen

Variabel	Parametertolkning
<b>Mekanisk behandling (vektet sum)</b>	Hvis man utfører en ny mekanisk behandling, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Mekanisk behandling (dummy)</b>	Hvis produksjonssyklusen har hatt minst én mekanisk behandling, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Medikamentell behandling (vektet sum)</b>	Hvis man utfører en ny medikamentell behandling, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Medikamentell behandling (dummy)</b>	Hvis produksjonssyklusen har hatt minst én medikamentell behandling, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Mistanke_PD</b>	Hvis det er mistanke om PD i produksjonssyklusen, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Påvist_PD</b>	Hvis det er påvist PD i produksjonssyklusen, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Mistanke_ILA</b>	Hvis det er mistanke om ILA i produksjonssyklusen, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Påvist_ILA</b>	Hvis det er påvist ILA i produksjonssyklusen, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Maks antall fisk i syklus</b>	Hvis det maksimale antallet fisk i syklusen økes med 1 prosent, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Unntaksvekst</b>	Hvis lokaliteten har søkt om unntaksvekst, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Selskapsstørrelse</b>	Hvis selskapet som eier syklusen har 1 prosent flere lokaliteter, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Smoltvekt ved utsett</b>	Hvis den gjennomsnittlige smoltvekten øker med 1 prosent, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Avstand til nærmeste anlegg</b>	Hvis avstanden til nærmeste lokalitet øker med 1 prosent, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Avstand til nest nærmeste anlegg</b>	Hvis avstanden til nest nærmeste lokalitet øker med 1 prosent, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Avstand til 3. nærmeste anlegg</b>	Hvis avstanden til tredje nærmeste lokalitet øker med 1 prosent, predikeres en økning i dødelighetsraten på X prosent.
<b>Produksjonsområde</b>	Hvis produksjonssyklusen er i område 3/4/.../13, predikeres en økning i dødelighet på X prosent sammenlignet med en produksjonssyklus i område 1+2.
<b>År</b>	Hvis produksjonssyklusen starter i 2013/2014/.../2021, predikeres en økning i dødelighet på X prosent sammenlignet med en produksjonssyklus med oppstart i 2012.
<b>Måned</b>	Hvis produksjonssyklusen starter i februar/mars/.../desember, predikeres en økning i dødelighet på X prosent sammenlignet med en produksjonssyklus med oppstart i januar.

Det er viktig å være bevisst på at målvariabelen vår, dødelighetsraten i produksjonssyklusen, er en rate, og at modellens parametere beregner økninger i prosent og ikke prosentpoeng.

#### Overordnede kommentarer Innledningsvis:

- Resultatene er stabile mht. spesifikasjon av statistisk modell
- Høy signifikans for de fleste variablene som holder seg høy i kjernemodellen og i modell 2 med dummyer (binære variabler som indikerer om produksjonssyklusen har eller ikke har den aktuelle egenskapen)
  - Dummyer: år (utsett), måned (utsett) og produksjonsområde (1-13).
- Relativt høy R2, men det er fortsatt mye uforklart variasjon i materialet
- Det er forskjell i modellen med og uten vektet sum av behandlinger i produksjonssyklusen:

- I modellen som kun har dummyer på behandlinger (Tabell 3-5), forsvinner mye signifikans i modellspesifikasjon 3 og 4. Disse modellspesifikasjonene inkluderer snittvekt på utsett, men utelater produksjonssykluser med høyere smoltvekt ved utsett.
  - Blant annet dummyene for behandlinger mister effekt og signifikans når vi inkluderer smoltvekt og samtidig plukker ut produksjonssykluser med høy snittvekt.
- I modellen som både har dummyer og vektet sum av behandlinger (Tabell 3-6), består mer av signifikansen.
  - De vektete parameterne for mekaniske behandlinger er fortsatt signifikante. Dummyvariablene for behandling og summen av medikamentelle behandlinger er ikke signifikante i disse modellspesifikasjonene.

**De mest sentrale funnene fra analysen er oppsummert i punktene under:**

- Omfanget av mekanisk behandling slår ut i høyere dødelighet.
- Medikamentell behandling synes å ha samme negative effekt på dødelighet, men her er både koeffisientene og signifikansnivået langt svakere.
- Påvist PD er sterkt korrelert med høy dødelighet og her er kausaliteten klar.
- Høyere snittvekt ved utsett er svakt positivt korrelert med lavere dødelighet, men signifikansen er lav. Det antyder at smoltvekt i seg selv ikke er med på å forklare dødelighetsratene.
- Antall fisk i produksjonssyklusen er tydelig positivt korrelert med dødelighet. Dette er kun et mål på størrelsen på utsett (antall fisk), ikke et tetthetsmål. Dette kan likevel indikere at store grupper med fisk øker sannsynligheten for sykdom, traume og lusepåslag.
- Vi ser noen tegn til at selskapets størrelse samvarierer med lavere dødelighet, men denne variabelen er nokså ustabil med hensyn til modellspesifikasjon.
- Produksjonssykluser hvor det er søkt om unntaksvekst har signifikant og betydelig lavere dødelighet enn andre lokaliteter.

Avstand til andre produksjonsanlegg viser i tillegg interessante mønstre. Avstand til nærmeste anlegg viser ingen samvariasjon med dødelighet. Mens avstand til nest nærmeste anlegg virker å være positivt korrelert med dødelighet med en viss signifikans, er avstand til tredje nærmeste anlegg kraftigere og negativt korrelert med dødelighet med forholdsvis kraftig effekt og sterk signifikans. At det særlig er avstand til det tredje nærmeste anlegget som er sterkest, kan muligens indikere det å ha en stor avstand til andre lokaliteter er positivt for biosikkerheten. Siden de fleste lokaliteter ligger forholdsvis nære en annen lokalitet (medianavstand i overkant av 3 km), er det liten effekt å finne her. For den nest-nærmeste er effekten noe sterkere og mer signifikant, med positivt fortegn. Dette gir isolert sett det muligens kontraintuitive resultatet at større avstand til nest-nærmeste lokalitet øker dødeligheten. Når vi vurderer denne variabelen i sammenheng med variabelen for tredje nærmeste lokalitet, som er kraftigere, mer signifikant og med negativt fortegn, tyder imidlertid resultatene på at større spredning reduserer dødeligheten. Det er vanskelig å slå fast en enkel sammenheng, men en mulig forklaring kan henge sammen med anleggenes gruppering. Hvis det er slik at lokaliteter typisk ligger forholdsvis samlet i klynger på to-tre lokaliteter, kan det tenkes at når avstanden til den tredje nærmeste øker, er det reelt sett være et uttrykk for at avstanden til nærmeste klynge er større. Det viser seg også å ha en sterk og signifikant effekt på dødeligheten, hvor større avstand fører til redusert dødelighet. Dette resultatet må imidlertid tolkes nok så forbeholdent, ettersom vi måler luftlinje og vi har en risiko for feilkilder, eksempelvis ved at den vanngående avstanden reelt sett er mye lengre, men korteste luftlinje krysser fastland. Med det forbeholdet synes vi likevel at resultatet er interessant og vel verdt videre undersøkelser.

## 4 Hva kan selskapene gjøre for å redusere dødeligheten?

For å identifisere effekter av virkemidler som skal redusere dødeligheten, må vi først vurdere hvilke tiltak som er aktuelle for oppdretter å benytte seg av i møte med virkemiddelet.

Den økonometriske modellen peker tydelig på noen forhold som er forbundet med høyere dødelighet:

- Omfanget av mekanisk avlusning
- Sykdommene PD og ILA
- Større utsett
- Det er også argumenter for å se hen til hva de større aktørene gjør som de mindre aktørene systematisk gjør annerledes
- Produksjonssyklusene som er forbundet med søknader om unntaksvekst har lavere dødelighet

I dette kapitlet går vi grundigere inn på noen mer konkrete erfaringer og tiltak som underbygger og nyanserer resultatene fra våre statistiske undersøkelser i kapittel 3. Målet er å etablere en meny med relevante og effektive tiltak for økt fiskevelferd gjennom redusert dødelighet.

### 4.1 Tiltak vi har identifisert gjennom litteraturstudie og intervjuer

Det kan i prinsippet tenkes at det er svært mange tiltak som er aktuelle. Her fokuserer vi på de som har blitt trukket mest fram i intervjuer vi har utført samt fra gjennomgangen av relevant litteratur.

Tabell 4-1: Oppsummering av identifiserte tiltak og klassifisering

Hovedtiltak	Undertiltak
<b>Systematisering og integrering av kjent kunnskap i driften</b>	
<b>Mindre utsett</b>	
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Utvikling av nye medikamenter til badebehandling
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Mer skånsom behandling av fisken
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Laser
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Mer bruk av rensefisk
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Økt behandlingsskapasitet
<b>Forbedret smoltkvalitet</b>	
<b>Avlsprogram for bedret resistens mot lakselus</b>	
<b>Områdebaserte tiltak</b>	Koordinerte utsett
<b>Områdebaserte tiltak</b>	Omlegging av lokalitetsstrukturen
<b>Forebyggende tiltak for redusert behov for avlusning</b>	Nye produksjonsheter i tidlige faser (semi-lukkede anlegg, nedsenkbare merder mm.)
<b>Forebyggende tiltak for redusert behov for avlusning</b>	Luseskjørt
<b>Forebyggende tiltak for redusert behov for avlusning</b>	Tidligere utslakt som alternativ til utslakt sent i sjøfasen

Det er grunn til å tro at det finnes noen forholdsvis «lavhengende frukter» i form av å ta i bruk kjent kunnskap om drift på en helhetlig og mer effektiv måte. Dette har også blitt framhevet i flere av intervjuene vi har gjennomført.

#### 4.1.1 Skånsom håndtering ved mekanisk avlusing

Ved avlusing av laks med ikke-medikamentelle metoder som krever håndtering, så har vi grunn til å tro at det oftest er håndtering i form av pumping (når fisken fraktes fra merdene i sjøen og inn til behandling) og trenging (når fisken samles tettere i merden i forkant av pumping) i forkant av avlusingen som stresser og til dels skader fisken mer enn selve behandlingen. Dette baserer seg på tidlige studier (f.eks. Espmark mfl 2012; 2015), som viser skader og stress, spesielt under trenging. Dersom pumping blir utført på korrekt måte med tanke på hastighet, rørdimensjon og få bend, så er pumping sannsynligvis mindre skadelig enn trenging. Det er også viktig å minne om at fisken håndteres ved flere anledninger i løpet av livet, og at håndtering i forkant av avlusing kommer i tillegg til trenging og pumping i forbindelse med sortering og flytting. Fisken kan i verste fall være nødt til å gå gjennom flere avlusinger.

Å forbedre eksisterende mekaniske behandlingsmåter kan gi en velferdsgevinst. Ut fra intervjuene vi har gjennomført, er det høstet gevinster på dette området, og vi har blitt fortalt at «*Mekaniske behandlinger er ikke det det en gang var*». Det er grunn til å tro at det fortsatt kan gjøres forbedringer på teknologien, men vi har ikke klart å få dette potensialet konkretisert i kartleggingen vi har gjennomført.

Et annet poeng som har blitt framhevet er nytten av å ha tilstrekkelig behandlingsskapasitet tilgjengelig. Det kan gi nok fleksibilitet til å behandle fisken når det trengs, og med den tiden som trengs. Dette kan fordre at man tidvis har en relativt lav utnyttelse av behandlingsskapasiteten (behandlingsflåte, brønnbåter), som innebærer en relativt høy kapitalkostnad fordi denne teknologien i større grad vil stå ledig.

#### 4.1.2 Alternative avlusningsmetoder

##### Utvikling av nye medikamenter til badebehandling

Tidligere var den vanligste formen for avlusing såkalt medikamentell badebehandling. Over tid utviklet imidlertid lakselusen resistens mot de ulike medikamentene, og dette har blitt en mindre vanlig behandlingsform. Avlusningsmetodene som har kommet til erstatning fører i brede trekk til høyere fiskedødelighet. Å lykkes med utvikling av nye medikamenter kan derfor tenkes å gi god effekt på fiskevelferd og redusert dødelighet.

Man kan argumentere for at det også vil utvikles resistens mot nye medikamenter, og at dette er en lite bærekraftig strategi. Noen av intervjuobjektene våre har pekt på at denne resistensutviklingen kan ha vært drevet av dårlig håndtering av behandlingsvannet, hvor en stor del av lakselusen har blitt sluppet ut og at lakselusen som har overlevd behandlingen har kunnet formere seg. Gitt at man unngår dette med framtidige medikamentelle behandlinger, er det grunn til å tro at nye medikamenter vil kunne ha en lengre varighet. Problemet med dette er imidlertid at nyttetapet med økt resistens bæres av alle, mens kostnadsbesparelsen av dårlige rutiner for håndtering kun bæres av den enkelte. Den enkeltes nyttetap av dårlige håndteringsrutiner vil være vanskelig å internalisere, fordi årsakssammenhengen mellom handlingen og effekten er både uklar og utstrakt i tid. Samtidig er kostnadsbesparelsen av dårlige rutiner for håndtering sannsynligvis mer konkret. Det er derfor grunn til å tro at også framtidige avlusningsmetoder vil slite med resistensutfordringer.

## Laser

Luselaser er et virkemiddel som er skånsomt mot oppdrettsfisken. Det er en teknologi som i stadig økende grad tas i bruk. Luselaserprodusenten Stingray har oppgitt til oss at de per i dag har luselasere i drift på omtrent 50 lokaliteter. De har på kort tid vokst fra å være en liten bedrift til å bli et selskap med 100 fulltidsansatte. Det store spørsmålet er i hvilken grad dette effektivt kan erstatte eller redusere behovet for andre avlusningsmetoder. Dette har vi ikke klart å tallfeste i kartleggingen vår, men bruk av luselaser framstår som en stadig mer attraktiv lusebehandlingsteknikk.

## Mer bruk av renseskisk

Økt bruk av renseskisk kan isolert sett føre til redusert dødelighet på oppdrettsfisken. Det er en mer skånsom behandling for fisken enn andre avlusninger. På den andre siden har vi ikke funnet signifikant støtte i at dødeligheten er lavere på lokaliteter som bruker renseskisk når vi analyserer dette økonometrisk.<sup>3</sup>

Den store utfordringen med bruk av renseskisk i et dyrevelferds perspektiv, er nettopp effekten dette har på selve renseskisken. Dersom målet med reguleringen er å oppnå bedret fiskevelferd totalt sett, vil det være vanskelig å forsvare en økt bruk av renseskisk som nettopp er heftet med store utfordringer med fiskevelferd. Vi ser derfor bort fra økt bruk av renseskisk som et alternativ i resten av analysen vår.

### 4.1.3 Forebyggende tiltak for redusert behov for avlusning

Ulike metoder for avlusning deles gjerne inn mellom metoder for avlusning som krever håndtering, metoder for avlusning uten håndtering (f.eks. renseskisk og laser), forebyggende teknologiske tiltak (f.eks. semilukkede anlegg, luseskjørt, ulike nedsenkbare systemer), forebyggende biologiske tiltak (f.eks. funksjonelle fôr, avl) og kombinasjonsmodeller, der flere metoder brukes samtidig (Holan mfl., 2017). Ut fra det vi nå vet om velferdsutfordringer grunnet håndtering, så er forebyggende tiltak, altså tiltak som forhindrer at lus møter fisk, å foretrekke.

Semilukkede anlegg kan kort beskrives som flytende anlegg i sjø med tette vegger, enten av fleksibelt materiale som duk/presenning, eller rigide vegger av f.eks. betong eller polyetylen, som forhindrer at lus kommer inn i anlegget og at fisk rømmer. Vann blir pumpet inn i systemene fra dyp under lusesjiktet. Systemene er svært lovende hva angår funksjonalitet, det vil si at de er frie for lus og de er rømningssikre (Nilsen mfl., 2017, Lazado mfl., 2022). Det har vist seg at lus som eventuelt kommer inn i systemene i liten grad reproducere seg, men skylles ut. Systemene som ble testet av Nilsen mfl., (2017) og Lazado mfl., (2022) viste seg også lovende ovenfor velferd. Tross lovende resultater for velferd og funksjonalitet, er de de fleste semilukkede systemene fortsatt prototyper. Selv om lus ikke utøver noen trussel så er det andre marine patogener som kan slippe inn i anleggene da de holder til i lavere vannmasser, og det er sannsynlig store stedsvariasjoner hvor langt ned i vannmassene man bør pumpe vannet fra for helt å unngå smitte. Semilukkede anlegg er samtidig teknologi som er relativt dyrt, selv om kostnadsgapet ser ut til å være redusert (se for eksempel Grønvik (2022)).

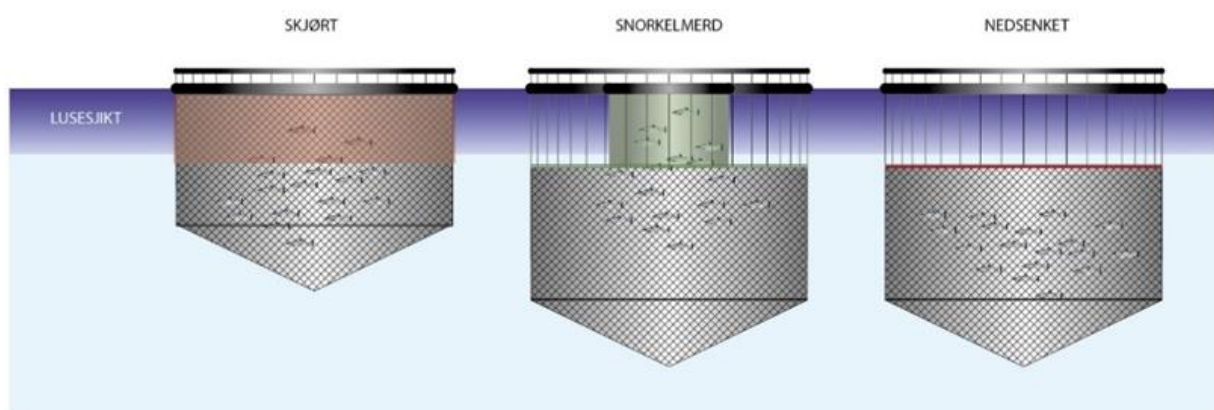
Også luseskjørt, snorkelmerd og nedsenkbar merd (Figur 4-1) virker ved at de hindrer fysisk kontakt mellom lus og laks. Luseskjørt er skjørt av lusetett materiale som omkranser de øverste 5 – 10 meterne av merden. Skjørtet fungerer som en barriere som hindrer lus i å komme inn i merden. Nedsenkbare merder er merder utstyrt med et nettak slik at laksen kan unngå lus ved at merden senkes under lusesjiktet. Snorkelmerd har også et tak som

---

<sup>3</sup> Det er riktignok betydelige mangler i datamaterialet for utsett av renseskisk. Vi har derfor ikke rapportert resultatene for denne variabelen i den økonometriske analysen i kapittel 3.

holder laksen under lusesjiktet, men har i tillegg en sjakt eller snorkel av lusetett materiale slik at laksen kan svømme opp til overflaten uten å eksponeres for lus. Systemene er veldokumenterte (f.eks. Oppedal mfl., 2017, Stien mfl., 2012; 2016). Resultatene viser at de er cirka 70 prosent sikre mot lus. For luseskjørt har det vist seg at oksygennivåene inne i systemene kan bli for lave, slik at tilsetning av oksygen er en forutsetning for å bevare velferden. Felles for snorkel- og nedsenkbar merd er at laksen må få tilgang til luft. Laks har åpen svømmeblære. Dette betyr at fisken må ha tilgang på luft for å fylle svømmeblæra en gang iblant. Dersom anleggene blir driftet optimalt er det gode resultater for fiskevelferd, ettersom fisken kan bli mindre utsatt for smitte. Dersom laksen derimot ikke får tilgang på den luften de trenger, får de velferdsutfordringer med dårlig appetitt og vekst, og svekket svømmeferd.

Figur 4-1: Illustrasjon av skjørt, snorkelmerd og nedsenket merd. Nofima v/Oddvar Dahl.



#### 4.1.4 Kvalitet på smolt

Forskere, fiskehelsetjeneste, næringsaktører og myndigheter har et stort fokus på at fisken som settes ut i sjø må være av god helse og velferd, og at den må være robust slik at overlevelsen helt fram til slakt er høy. Det har lenge vært forskningstema hvilke innsatsfaktorer som er viktige for å produsere en robust fisk, men det er enighet om at fisk som ikke er robust har liten mulighet til å overleve etter sjøutsett. En lite robust fisk har liten sannsynlighet for å overleve etter sjøutsett blant annet ettersom den kan ha dårlig immunitet og dermed være lite motstandsdyktig ovenfor sykdommer (eks Karlson mfl., 2018).

Det bedrives mye forskning på hvordan man kan gjøre fisken mer robust. I senteret for forskningsdrevet innovasjon CtrlAQUA har man fulgt utsett over flere år og funnet at mye av smitten som man finner i sjøanlegg stammer fra settefiskefasen. Dermed blir det viktig å tilse at fisken er smittefri når den forlater settefiskefasen, f.eks. ved screening.

Det er for tiden stor forskningsaktivitet på utvikling av smoltprotokoller for best mulig smolt. Mye av denne forskningen går ut på å definere optimale protokoller for selekterte innsatsfaktorer, for eksempel fotoperiode,

salinitet og fiskestørrelse ved utsett (Ytrestøyl mfl., 2022). FHF finansierer flere prosjekter der optimale smoltprotokoller er hovedmålet.<sup>4</sup>

Nylig lanserte Nofima en *helsetest*, som er en diagnostisering av fisken sin immunitet. Testen måler aktiviteten til 44 gener som har vist seg svært viktige for fisken sitt immunsystem (Krasnov mfl., 2020). Med hjelp av temperatur, tilpasset fôr, lysregulering og genetisk seleksjon, har man fått fram en oppdrettslaks som kan nå slaktestørrelse på 24-36 måneder. Ved å justere ulike innsatsfaktorer, kan man med andre ord få rask vekst. Mange er bekymret for hva intensivt oppdrett gjør med fisken sin biologi og velferd, selv om det finnes mye kunnskap om optimale miljøforhold for god fiskehelse og velferd. Dette er også framhevet av flere av våre intervjuobjekter.

#### 4.1.5 Avlsprogram for bedret resistens mot lakselus

Avlsprogram kan rettes mot ønskede egenskaper. En av disse er å utvikle en mer luseresistent laks som trenger færre belastende avlusinger. Rosendal og Olesen (2022) har kartlagt hva som hemmer avl og avlsstrategier for luseresistens. De finner muligheter for bedret oppnåelse på dette området, og peker på at dersom man lykkes, reduserer det behovet for avlusinger. Samtidig finner de at koordineringsutfordringer og gratispassasjerproblematikk indikerer at innsatsen på dette området er for lav.

#### 4.1.6 Redusert antall fisk i produksjonssyklusen

Dette har ikke vært framhevet i noen intervjuer, men den økonometriske modellen indikerer med høy statistisk signifikans at størrelsen på produksjonssyklusen målt i antall fisk forklarer noe av dødeligheten. Derfor er det grunn til å vurdere om reduksjon i størrelsen på utsett er et tiltak som kan være aktuelt for å få redusert dødeligheten.

Det kan tenkes at tiltaket har en økonomisk kostnad som i utgangspunktet gjør det mindre interessant for oppdretter og som gjør at de derfor ikke har valgt å løfte dette, men det kan også tenkes at det er noe man ikke er tilstrekkelig bevisst på. Alt annet likt kan faste lokalitetsspesifikke kostnader spres på flere fisk ved et større utsett, slik at man realiserer stordriftsfordeler. Når denne effekten framstår som såpass stor, mener vi likevel det er grunn til å vurdere om dette kan være et tiltak for å få redusert dødeligheten.

Det er uklart hva som er årsakssammenhengen og dette bør undersøkes nærmere, men det er tenkelig at større utsett øker risiko for sykdom/kamp mellom fisk/andel taperfisk eller andre ting mer enn lineært, altså at størrelsen på utsett i seg selv kan være med på å forklare høy dødelighet.

#### 4.1.7 Områdebaserte tiltak

##### Koordinerte utsett

Flere vi har snakket med trekker fram at økt koordinering av utsettene kan være fordelaktig for fiskehelse og dødelighet. At oppdrettere som i dag driver i nærheten av hverandre og påvirkes gjensidig biosikkerhet

---

<sup>4</sup> F.eks. FHF-prosjekt 901701 «Kunnskapskartlegging - produksjon av stor laksesmolt», FHF-prosjekt 901293 «Hva betyr fremtidens produksjonsstrategier for ytelse, helse og velferd i sjøfasen? (BENCHMARK)», FHF-prosjekt 901682 «Betydning av tidspunkt og lengde av vintersignal i RAS for prestasjon i sjø ved utsett av stor postsmolt (BENCHMARK II)», samt det nylig oppstartede FHF-prosjekt 901770 «Livsløpsstudie av de kritiske innsatsfaktorene temperatur og salinitet (Temp-Intens)»

(fortrinnsvis gjennom produksjon og spredning av sykdom og lakselus), kan høste biologiske gevinster av å i større grad koordinere når og hvor de setter ut fisken. Guarracino, Qviller og Lillehaug (2018) peker imidlertid på at det er tvilsomt om forekomsten av lakselus kan løses gjennom koordinering av utsett. Der ble det imidlertid ikke vurdert effekten på andre sykdommer som også kan tenkes å påvirkes av koordinering av utsett.

Det er vanskelig for oss å vurdere om og eventuelt i hvilken grad dette tiltaket kan gi en gevinst, men gitt at mange fortsatt trekker det fram mener vi det er verdt å vurdere nærmere. Oppdretteren SinkabergHansen (utbrodert i kapittel 4.2.1) trekker blant annet fram dette som en viktig suksessfaktor for dem. Dette tiltaket fordrer i så fall at oppdretterne som driver i nærheten av hverandre koordinerer sin drift.

### **Omlegging av lokalitetsstrukturen**

Mer grunnleggende kan det være gevinster å høste ved å «tegne lokalitetskartet på nytt». Dette tiltaket innebærer å endre på dagens plassering av lokalitetene hvor man fokuserer på den såkalte biosikkerheten, som enkelt sagt kan bidra til både redusert spredning og produksjon av parasitter og agens.

Vi finner en viss støtte for at dette kan være fornuftig i den økonometriske modellen, som gjennomgående peker på signifikant lavere dødelighet når man har større avstand til tredje nærmeste lokalitet. Dette er imidlertid et krevende koordineringstiltak. Om dette skal realiseres vil det sannsynligvis forandre aktiv deltakelse fra staten. Det er fordi det kan være nødvendig å måtte skjære igjennom og fatte noen beslutninger som ikke nødvendigvis er til alles gunst. Det taler for at omlegging av lokalitetsstrukturen er et langsiktig tiltak og som den enkelte oppdretter ikke har forutsetninger for å få gjennomført.

## **4.2 Hva sier oppdretterne selv at de gjør?**

For å få praktisk innsikt i tiltak for redusert dødelighet har vi også snakket med noen representanter fra næringen. Vi har valgt ut næringsaktører som kan vise til særlig gode resultater med hensyn til fiskedødelighet. Dette gir oss innsikt i hva noen som har lyktes godt med å redusere dødeligheten har valgt å gjøre. Det gir en form for benchmarking som resten kan vurderes opp mot.

Vi har snakket med selskapet **SinkabergHansen** som har sin hovedtyngde av aktivitet langs Namdalskysten. I tillegg har vi snakket med **en oppdretter fra Helgeland** som ikke ønsker å navngis. Det er flere fellestrekk som begge peker på som viktige for lav dødelighet. Blant annet er begge tydelige på at geografi og koordinering av utsett er viktige forhold. Geografien er viktig spesielt fordi sjøtemperatur, eksisterende forekomster av sykdommer og tetthet på lokaliteter er forhold som spiller inn på dødeligheten. De to oppdrettere vi har trukket fram her har drift i Midt-Norge og sørlige Nord-Norge. Dette sikrer ikke geografisk representativitet, men mange av innsiktene de trekker fram favner likevel bredt, og er sånn sett relevante også for andre deler av landet.

### **4.2.1 SinkabergHansen**

Oppdrettsselskapet SinkabergHansen kan vise til lav dødelighet i sin produksjon i senere tid. Til oss opplyser de at de har en overlevelse på 95 prosent per utsett i sjøfasen over flere år, som er markert lavere enn det nasjonale snittet og også i områdene de opererer (produksjonsområde 7 og 8, med overlevelse på henholdsvis 92 og 91 prosent i 2016-2021). Dette sier de er resultat av et langsiktig og målrettet arbeid.

Det viktigste tiltaket SinkabergHansen trekker fram er at de har systematisert sin tilnærming til drift i sjøen. Ettersom de fleste tilfellene av dødelighet er knyttet til behandling, har de særlig fokusert på hvordan de kan redusere dødeligheten i behandlingene gjennom **operasjonell optimalisering**.



For det første har de etablert et tett samarbeid mellom driftspersonell og fiskehelsepersonell, med høyt fokus på velferdsrelaterte problemstillinger. Videre har de investert i systemer som gjør at man planlegger og evaluerer alle operasjoner. SinkabergHansen framhever at det krever forholdsvis stor innsats å få på plass slike rutiner og systemer.

I tillegg har de økt behandlingsskapiteten. De holder seg i praksis med overkapasitet på brønnbåt og behandling på lektere. Dette gir større fleksibilitet til å utføre ulike avlusings- og håndteringsmetoder til ulike situasjoner. Videre gis det stoppsignal under behandling ved dødelighet eller dårlig velferdsscoreing.

SinkabergHansen benytter også termisk avlusing, som de har god erfaring med. De mener at det blir feil å knytte dødelighet til en behandlingsmetode, fordi det er mye mer som spiller inn. Alt fra oksygen i merden, trenging inn til behandlinga, tetthet i merden, hvordan den blir behandlet når den kommer ut igjen spiller også en rolle, og dette er faktorer som må overvåkes. De mener det blir for unyansert å uten videre konstatere at termisk avlusing er en uegnet behandlingsmetode.

De trekker også fram at den mest effektive og skånsomme behandlingsmetoden mot lakselus historisk sett har vært legemidler. De har nylig prøvd ut en ny medisin med god effekt, men den er foreløpig veldig dyr. De trekker fram at de ser et behov for et rammeverk fra myndighetene som tilrettelegger for utvikling av både ny teknologi og legemidler som kan bidra til en bedre fiskevelferdsmessig måte å bekjempe lakselus på. De påpeker at de har eksempler på at regelverksutviklingen og opplevd sendrektighet hos myndighetene har hindret nye teknologier og behandlingsmåter å bli iverksatt. Dette gjelder eksempelvis kombinasjoner av ulike behandlingsmetoder, for eksempel kombinasjon med ferskvann og spyling eller kombinasjon med bruk av legemidler og termisk behandling.

I samarbeid med forskning og leverandører prøver de også ut **nye produksjonsmetoder**. Det dreier seg om semi-lukkede merder i sjø og nedsenkbare merder (Nautilus). Disse teknologiene baserer seg på at vann dypere i vannsøylen har lav til ingen lusesmitte. De bruker store ressurser på denne utviklingen og resultatene er lovende. Dette kan bidra til at laksen kan få stå uten behov for håndtering og behandling frem til slaktetidspunkt. Det krever samtidig bedre kameraovervåking og utvikling av nye teknologier til røkting av fisken.

Endelig har de gjennom samarbeid med andre oppdrettere i sonen vedrørende utsett og soneplaner for å redusere smittepress, dele på behandlingsskapiteter og erfaring med luseforebyggende tiltak.

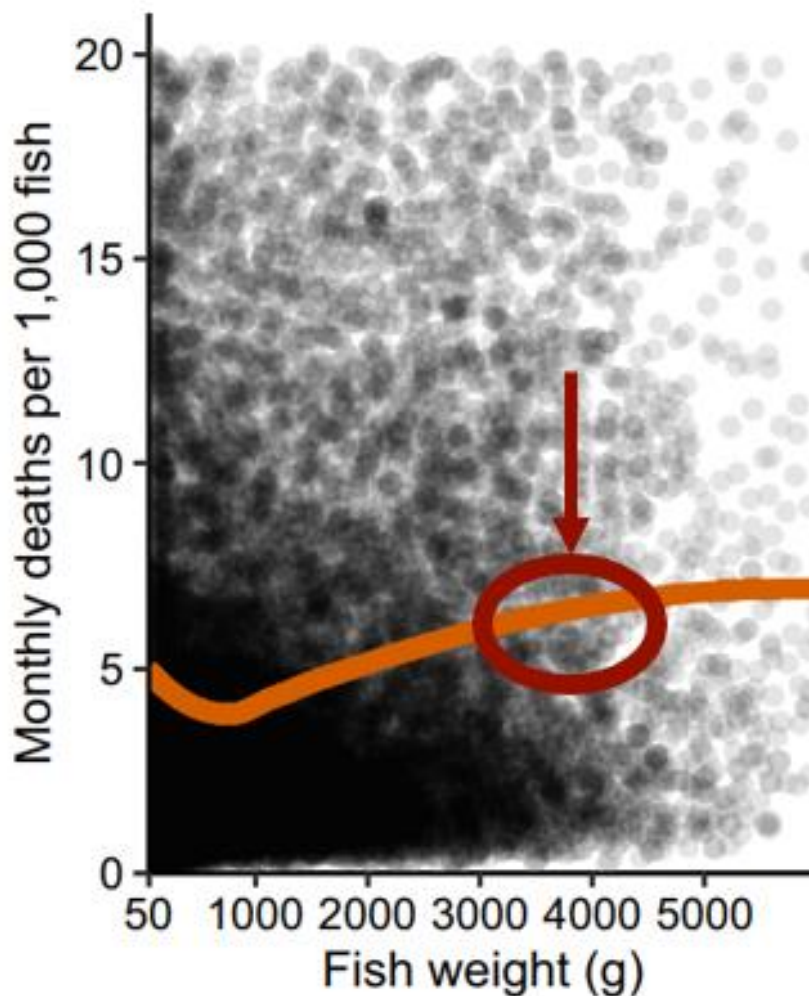
#### 4.2.2 Oppdretter fra Helgeland

Oppdretteren fra Helgeland trekker fram at de velger en strategi om å holde dødeligheten lavere som går ut på å slakte fisken tidligere. Med det mener de at de slakter ut fisken heller enn å gamble på at den overlever lusebehandling sent i produksjonssyklusen. Det gir lavere slaktevekt, men de har også lavere dødelighet enn sine nærmeste naboer.

De hevder at denne strategien i forventningsverdi er ulønnsom, fordi nok av fisken sannsynligvis vil overleve behandling og vil kunne selges til en høyere kilopris hvis den står lenger. Oppdretteren spekulerer likevel i at lav dødelighet snart vil premieres regulatorisk (gjennom en trafikklysmodeell for oppdrettere med lav dødelighet). Derfor tar de sjansen på denne strategien, selv om de isolert sett vurderer den som ulønnsom.

Dette valget er illustrert i figuren under.

Figur 4-2: Sammenheng mellom fiskevekt og månedlig dødelighetsrate. \* Kilde: Oliveira mfl. (2021)



*\*Uthevet område markerer fiskevekten hvor Helgelandsoppdretteren sier at de har foretatt tidlig utslakting ved høye lusenivåer for å motvirke høy dødelighet.*

Fisken har relativt høy dødelighet rett etter utsett (en forholdsvis krevende periode for fisken), men denne faller raskt fram til en vekt på i underkant av 1 kg. Deretter er dødeligheten stigende. Dette forklares med at en større fisk har dårligere forutsetninger for å overleve håndtering enn mindre fisk. Derfor er behandlinger dødeligere jo lenger ut i produksjonssyklusen man kommer.

Denne oppdretteren framhever også at lokalitetsstrukturen betyr mye. De påpeker at de har bedre forutsetninger for lav dødelighet på Helgeland enn andre steder i landet. Større avstand mellom lokaliteter gir bedre biosikkerhet.

De benytter seg også av rensefisk, men opplever utfordringer med fiskevelferden til rensefisken og opplever dette som en utfordring. Endelig peker de på at det kan være hensiktsmessig å legge mer ressurser i å velge ut god smolt, med henvisning til enkelte dårlige erfaringer med smoltleveranser.

De sier også at de tror dødelighet er den beste parameteren å regulere etter om man skal adressere fiskevelferd/helse.

### 4.3 Hva er de mest kostnadseffektive tiltakene?

Som vi har gjennomgått i det forrige kapitlet, finnes det svært mange tiltak som kan tenkes å ha en effekt på fiskedødelighet. Men hvilke bør fiskeoppdrettere med høy dødelighet velge i møte med et reguleringsvirkemiddel? Hvilke vil de velge? Dette vil i hovedsak være drevet av to krefter:

1. Tiltakets effekt på dødelighet (nytte)
2. Tiltakets kostnad for oppdretterne

Det er naturligvis slik at et mer effektivt tiltak, alt annet like, vil være mer ønskelig å gjennomføre enn et annet. På den andre siden bør tiltaket også være kostnadseffektivt. Rasjonelle næringsaktører vil tilpasse seg nye reguleringskrav med et bedriftsøkonomisk perspektiv, og vil velge de tiltakene som – gitt virkemiddelets innretning – til en lavest mulig kostnad tilfredsstiller de nye kravene. I teorien vil ikke næringsaktørene pådra seg ekstra kostnader for å ha en høyere måloppnåelse enn nødvendig. Derfor vil dyrere tiltak med litt bedre effekt ofte være utelukket.

Det er eksempelvis mye som kan tyde på at produksjon i semi-lukkede anlegg i sjø har forholdsvis gode resultater å vise til når det gjelder fiskedødelighet. Samtidig er dette en produksjonsform som krever forholdsvis store investeringer, og som er dyrere enn mange andre aktuelle tiltak.<sup>5</sup> Derfor spiller også tiltakets kostnader inn i oppdretters vurdering.

De mest effektive tiltakene er de som til en forholdsvis lav pris oppnår en forholdsvis stor effekt på fiskedødelighet. Hvilke er disse tiltakene? Det er vanskelig å slå fast, men i dette kapitlet sier vi noe om hvilke tiltak vi tror det vil være.

I det følgende forsøker vi å gruppere tiltakene innenfor tre kategorier:

1. Effektive tiltak (tiltak vi tror vil være effektive og som bør benyttes)
2. Tiltak man bør vurdere (kan ha effekt, men har komplikasjoner)
3. Tiltak med mulig effekt (vet ikke, men mange snakker om det)

Tabell 4-2 viser vår innplassering av de identifiserte tiltakene innenfor disse tre kategoriene. I de neste delkapitlene redegjør vi nærmere for vurderingene.

Tabell 4-2: Vurdering av identifiserte tiltak

Type tiltak	Undertiltak	Rangering
<b>Systematisering og integrering av kjent kunnskap i driften</b>		1
<b>Mindre utsett</b>		2
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Utvikling av nye medikamenter til badebehandling	3
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Mer skånsom behandling av fisken	1

<sup>5</sup> Riktignok har kostnadene med slik teknologi gått ned i senere tid, se for eksempel *Kostnaden av lukket oppdrettsteknologi (Menon-notat 22.04.2022)*.

<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Laser	2
<b>Alternative avlusingsmetoder</b>	Økt behandlingsskapasitet	2
<b>Forbedret smoltkvalitet</b>		3
<b>Avlsprogram for bedret resistens mot lakselus</b>		3
<b>Områdebaserte tiltak</b>	Koordinerte utsett	2
<b>Områdebaserte tiltak</b>	Omlegging av lokalitetsstrukturen	3
<b>Forebyggende tiltak for redusert smitte</b>	Nye produksjonsenheter i tidlige faser (semi-lukkede anlegg, nedsenkbare merder mm.)	2
<b>Forebyggende tiltak for redusert smitte</b>	Luseskjørt på strategiske tidspunkt	1
<b>Forebyggende tiltak for redusert smitte</b>	Tidligere utslakt som alternativ til utslakt sent i sjøfasen	2

#### 4.3.1 Effektive tiltak som bør gjennomføres

##### Følge beste praksis på god fiskevelferd og -helse

Det er mye som tyder på at det er gevinster å hente innen dødelighet ved å i større grad følge beste praksis på god fiskevelferd og -helse. Det fordrer satsing fra selskapet i form av bevissthet hos røktere og fiskehelsepersonell, og kan forandre noen læringskostnader (kursing, etterutdanning mm.). Til en viss grad kan det også innebære investeringer i nødvendige interne kontroll- og rapporteringssystemer. Dette er ikke et enkelttiltak, men handler om en helhetlig tilnærming til redusert fiskedødelighet i alle ledd av driftsfasen.

Hvis det å følge beste praksis kan gi en stor gevinst i form av redusert fiskedødelighet, er det fullt mulig å se for seg at dette tiltaket er privatøkonomisk lønnsomt, særlig for aktører som sliter mer med høy dødelighet og som kan ha mer å tjene på å gjøre dette. Det innebærer i så fall at det finnes privatøkonomisk lønnsomme tiltak som ikke er gjennomført enda. Dette er i teorien merkelig, men i praksis helt vanlig. Det vil nødvendigvis måtte ta noe tid før nye innsikter omsettes til ny praksis. Lie mfl. (2021) trekker fram at det kan eksistere en barriere for utvikling og realisering av privatøkonomisk lønnsomme tiltak på grunn av manglende forskning og kompetanseoppbygging på relevant teknologi. Også endrings skepsis og vektlegging av tradisjon ble trukket fram som mulige forklaringer på at lønnsomme tiltak ikke realiseres. Det er fullt mulig å se for seg at dette er en forklaring som også passer for dette tiltaket.

Et sentralt spørsmål er hvor stor effekt det å følge beste praksis kan ha. En måte å anslå effekten på er å se SinkabergHansens dødelighet opp mot den normale dødeligheten i produksjonsområdene de driver i (7/8). Forskjellen i dødelighet kan sees på som et anslag på effekten av å følge beste praksis. SinkabergHansen har oppgitt til oss at de har hatt en dødelighet på under 5 prosent i flere år. De driver i den delen av landet med lavest dødelighet. Median-dødelighet i PO 7- 8 er 7 prosent. Gjennomsnittlig dødelighet i PO7 og 8 er henholdsvis 8 og 9 prosent. Anslaget på å følge beste praksis blir dermed 3-4 prosentpoeng redusert dødelighet, differansen mellom SinkabergHansens dødelighetsnivåer og dødeligheten i området.

Ser man forbedringen som relativ, er det snakk om en reduksjon i dødelighet på rundt 40 prosent. Dette framstår nok som ganske høyt, og vil gi en svært høy reduksjon i dødelighet. En 40 prosent reduksjon i dødeligheten vil tilsvare hele 7-8 prosentpoeng for en normalsyklus i områdene med høyest dødelighet. En mer konservativ effekt-vurdering er de nominelle reduksjonen SinkabergHansen kan vise til, i størrelsesorden 3,5 prosentpoeng. Også dette må betraktes som en forholdsvis stor effekt på dødelighet.

I den grad SinkabergHansen også har foretatt andre grep for å oppnå resultatet, bør det komme til fratrukk. Vi har ikke forsøkt å tallfeste dette. Dette blir naturligvis et usikkert anslag, og effekten vil antagelig variere mellom områder og aktører. Dette er likevel et anslag som gir en pekepinn på hva effekten av dette tiltaket kan være.

### **Mer skånsom behandling av fisken**

De aller fleste kildene vi benytter i denne analysen peker i retning av at behandlinger av fisken er drivende for fiskedødeligheten. Så lenge behandling av fisken er en såpass sentral kilde til fiskedødelighet, er det grunn til å tro at det er mye å hente på å lykkes med mer skånsom behandling av fisken.

Vår vurdering basert på kartleggingen vi har utført er at det ikke foreligger noen konsensus om riktig type behandlinger, og at dette også er svært situasjonsbetinget. Vi konstaterer samtidig at det foregår en betydelig utvikling på området. Selskapet SkaMik benytter eksempelvis et system med mye vann med lavt spyletrykk, som er modulbasert og skalerbart, og blant annet brukes i kombinasjon med ferskvannsbehandling. De løfter selv fram dette som en svært skånsom avlusingsmetode, ettersom fisken raskt har normal appetitt etter behandlingen.<sup>6</sup> Også Flatsetsund Engineering viser til gode resultater med et relativt nyutviklet system for avlusing.<sup>7</sup> Samtidig er det viktig å ha med seg at slike spylemetoder, som all mekanisk avlusing, innebærer forholdsvis røff håndtering av fisken.

Dette tiltaket henger til en viss grad også sammen med det foregående tiltaket. Gitt gode driftsrutiner, for eksempel å ha høy behandlingskapasitet og tilpasse behandlingsmetoden til situasjonen man står overfor, er i praksis å integrere kunnskap om fiskevelferd og -helse.

### **Noen forebyggende tiltak for redusert smitte**

Ideelt sett bør man ha et minst mulig behov for å behandle fisken og å begrense dens eksponering for smitte. Det fordrer at man driver forebyggende. Dette kan oppnås gjennom økt bruk av forebyggende teknologier, som f.eks. luseskjørt på strategisk valgte tidspunkt. Det er viktig at bruk av slik teknologi kombineres med riktig drift. For luseskjørt handler dette blant annet om å påse nok tilførsel av oksygen.

## **4.3.2 Tiltak som bør vurderes av den enkelte**

### **Redusere omfanget av termiske og mekaniske behandlinger**

Det er god grunn til å tro at dette vil redusere dødeligheten betydelig. Eksisterende litteratur og de aller fleste kildene vi har snakket med peker på dette. Det er også sterke bevis i empiri på at dette vil være effektivt, blant annet fra vår økonometriske modell.

På den andre siden vil dette alt annet likt føre til høyere luseforekomster. Dette kan være skadelig for de ville laksefiskebestandene som tar skade av høye forekomster av lakselus. Å redusere behandlinger er som regel neppe et aktuelt tiltak isolert sett; det må kombineres med et annet tiltak. Dette kan for eksempel være:

- Alternative avlusingsmetoder
- Forebyggende tiltak

---

<sup>6</sup> Artikkel fra ilaks hentet 27.11.2022. <https://ilaks.no/oms-og-skamik-naeroysund-foler-vi-vant-slaget-mot-lusa-i-host/>

<sup>7</sup> Artikkel fra ilaks hentet 27.11.2022. <https://ilaks.no/har-testet-ut-fls-caligus-r500-konseptet-ser-ut-til-a-fungere-veldig-bra/>

- Tidligere utslakting

Hva som er riktig er vanskelig å svare generelt på, men i den grad man lykkes med å bevege seg bort fra mekaniske avlusinger, er det all grunn til å tro at man kan oppnå en betydelig reduksjon i fiskedødelighet. Samtidig vil tiltakene ha en kostnad som kan være stor. Disse tiltakene må også vurderes nøye opp mot den effekten man kan oppnå av å behandle mer skånsomt (se delkapittel 4.3.1). Hvis man oppnår god effekt med hensyn til dødelighet av å behandle mer skånsomt, er det ikke sikkert omfanget av termiske og mekaniske behandlinger bør reduseres like mye.

### **Forebyggende tiltak for redusert smitte**

Som nevnt tidligere er forebyggende tiltak for redusert smitte effektive tiltak fordi de reduserer behovet for håndtering av fisken. Bruk av nye, mer kostnadskrevenne produksjonsteknologier som semi-lukkede anlegg og nedsenkbare merder er tiltak som virker å ha svært god forebyggende effekt. Samtidig er dette forholdsvis dyr teknologi, som taler for at løsningene er mindre kostnadseffektive. Det er likevel tegn på at kostnaden av slike løsninger er på vei ned, og at det kan være et nyttig supplement i oppdretters drift.

### **Koordinere utsett**

At økt koordinering av utsett kan være fordelaktig for fiskehelse og -dødelighet har blitt trukket fram av flere vi har snakket med. På den andre siden har andre påpekt at det er tvilsomt om forekomsten av lakselus kan løses gjennom koordinering av utsett. Der ble det imidlertid ikke vurdert effekten på andre sykdommer som også kan tenkes å påvirkes av koordinering av utsett.

Det er vanskelig for oss å vurdere om og eventuelt i hvilken grad dette tiltaket kan gi en gevinst, men gitt at mange fortsatt trekker det fram mener vi det er verdt å vurdere nærmere. Oppdretteren SinkabergHansen trekker blant annet fram dette som en viktig suksessfaktor for dem. Dette tiltaket fordrer i så fall at oppdretterne som driver i nærheten av hverandre koordinerer sin drift. Det kan være mer krevende hvis antallet aktører som må koordinere seg er høyt eller hvis de man må koordinere med har relativt få lokaliteter tilgjengelig (da er fleksibiliteten lavere).

## **4.3.3 Tiltak med mulig effekt**

### **Forbedret smoltkvalitet**

Smoltkvalitet har av mange blitt trukket fram som et potensielt tiltak med effekt. Samtidig virker det uklart for oss om det foreligger en konsensus om hva som er de rette grepene for god smoltkvalitet. Det er slik vi oppfatter det både usikkerhet om effekt og kostnader. Basert på de innsiktene vi har fått i denne kartleggingen, velger vi derfor å klassifisere dette som et type 3-tiltak hvor det er en mulig effekt, men hvor vi ikke vet nok til å vurdere tiltakets effekt.

### **Avlsprogrammer**

Gjennom avlsprogrammer kan man utvikle egenskaper hos oppdrettsfisken som reduserer dødeligheten. Dette kan eksempelvis oppnås gjennom å utvikle resistens mot lakselus (og dermed redusere behovet for behandlinger), å utvikle en mer sykdomsresistent fisk eller lignende. Dette er et tiltak som kan gi god effekt, men det er et langsiktig tiltak.

Det finnes dessuten argumenter for at slik satsing står overfor gratispassasjerproblematikk som fører til underfinansiering av tiltaket. I så fall er det viktig at felles støtteordninger for forskningsstøtte (fortrinnsvis Forskningsrådet og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond).

### **Endre lokalitetsstrukturen for bedret biosikkerhet og dermed redusert fiskedødelighet**

Mange har trukket fram den tette lokalitetsstrukturen i enkelte områder som en stor utfordring. Enkelt sagt reduserer tett lokalitetsstrukturen biosikkerheten og øker i forventning dødeligheten.

Vi finner også en viss støtte for at dette er en utfordring i den økonometriske modellen. Gjennomgående har områder med større avstand til tredje nærmeste lokalitet lavere dødelighet. Dette er etter vår vurdering sannsynligvis en god proxy på anleggstettheten i området.

Vi finner dette også igjen i at områder som det er kjent at har høyere anleggstetthet, som område 3 og 4, har høyere dødelighet. I den økonometriske modellen skiller vi ut effekten som skyldes avlusninger og PD, og sitter likevel igjen med en avstandseffekt. Dette tyder på at det er flere forhold som knytter seg til anleggstetthet som også driver dødeligheten opp.

En stor utfordring med dette tiltaket er at det ikke kan vedtas ensidig av en enkelt oppdretter. Man må finne fram til en ny struktur, men noe som er bedre for de fleste kan være dårligere for noen få. Innenfor gjeldende reguleringer trenger ikke disse avgi sine lokaliteter. Den enkelte har i praksis vetorett mot løsninger som vil være til det beste for alle andre. Også kommuner kan måtte overbevises om å godta endringer. Dette representerer en omfattende koordineringsutfordring som bør jobbes mer med fra næringens side. Men enda viktigere er at statlige myndigheter tar grep, for dette er en utfordring som er vanskelig å løse av næringsaktørene alene.

## 5 Offentlige insentiver for å redusere fiskedødelighet

### 5.1 Hvorfor trengs offentlige virkemidler?

En død fisk er tapt salgsinntekt, så hvorfor trenger oppdrettere nye insentiver til å få ned dødeligheten? Fra et samfunnsøkonomisk ståsted er det argumenter for at det likevel trengs virkemidler for å redusere fiskedødeligheten. Velferdstapet til fisken er noe befolkningen samlet sett vil ønske å unngå. Sagt samfunnsøkonomisk vil de ha en betalingsvillighet for å bedre fiskevelferden/ redusere dødeligheten. Denne betalingsvilligheten vil i stor grad ikke være reflektert i markedsprisen på fisken. Tapet i form av den kommersielle salgsværdien av fisken alene vil altså ikke reflektere samfunnets tap hvis markedet har en betalingsvillighet for redusert dødelighet som overstiger oppdretters tapte inntekt.

En rasjonell oppdretter vil tilpasse seg slik at fiskedødeligheten på marginen koster like mye som det et nytt tiltak som ville redusert dødeligheten ville kostet. Oppdretter planlegger med andre ord sin drift med en forventning om en viss dødelighet. Da tar oppdretter ikke høyde for samfunnets betalingsvilje for redusert dødelighet. Skal oppdretterne internalisere denne betalingsvilligheten, trengs det et offentlig virkemiddel.

I det neste delkapittelet diskuterer vi hvor stor samfunnets betalingsvillighet for redusert fiskedødelighet vil være med utgangspunkt i tidligere kartlegginger av slik betalingsvilje. Deretter drøfter vi hva som kan være noen aktuelle virkemidler og hvordan de vil virke og deretter presenterer vi en teoretisk vurderingsmodell for hvordan effekten av et virkemiddel bør vurderes.

### 5.2 Hvor stor nytte har samfunnet av redusert fiskedødelighet?

Samfunnsnyttene av redusert fiskedødelighet uttrykkes samfunnsøkonomisk gjennom den samlede *betalingsviljen* for redusert dødelighet. I teorien bør man summere betalingsvilligheten til alle husholdninger som får sin nytte økt som følge av en reduksjon i dødelighet. I den grad dette ikke er gjenspeilet i prisen på produktene, er dette en samfunnsøkonomisk gevinst.

Alle husholdninger med betalingsvilje for redusert dødelighet bør i prinsippet inkluderes, både husholdninger som forbruker og husholdninger som ikke forbruker oppdrettsfisk. Det kan argumenteres for at man bør vekte både nasjonal og internasjonal betalingsvillighet. Også franske husholdninger kan i prinsippet ha betalingsvilje for redusert fiskedødelighet i oppdrettsnæringen. På den andre side kan det argumenteres for at betalingsvilligheten for dette i utlandet vil være neglisjerbar. Man bør i praksis gjøre en kritisk vurdering av hvilke områder/husholdninger som det er rimelig å anta at berøres negativt av fiskedødelighet. For å være på den forsiktige siden velger vi å se bort fra betalingsviljen til utenlandske husholdninger (utover den eventuelt forhøyede prisen de betaler for fisk produsert med lav dødelighet).

Grimsrud mfl. (2013) anslo norske husholdningers betalingsvilje for ulike tiltak (bedrede egenskaper for fisken gjennom målrettede avlsprogram) forbundet med fiskevelferd. Gjennom en spørreundersøkelse rettet mot et representativt utvalg av norske husholdninger, anslo de betalingsviljen for å avle fram fisk med følgende egenskaper:

- Færre deformiteter
- Mindre aggressiv fisk, som gir færre skader på fisken
- Økt resistens mot lakselus



- Økt resistens mot smittsomme sykdommer

Hvis resultatene er representative, kan de skaleres opp til et totalanslag. Disse totalanslagene spenner fra omtrent 500 millioner til 3 milliarder kroner for norske husholdninger. Resultatene fra undersøkelsen er gjengitt i tabellen under, KPI-justert til 2021 og skalert opp med antall husholdninger i Norge per 2021.

Tabell 5-1: Norske husholdningers betalingsvilje for ulike tiltak forbundet med fiske. KPI-justert til 2021-kroner. Kilde: Grimsrud mfl. 2013.

Tiltak	Betalingsvilje (kroner per husholdning)	Samlet betalingsvilje for alle norske husholdninger (mill. kroner)
Færre deformiteter	215	550
Mindre aggressiv fisk	183	470
Økt resistens mot lakselus	773	1 970
Økt resistens mot smittsomme sykdommer	1 199	3 050

Ingen av disse tiltakene korresponderer direkte til redusert dødelighet, som er målvariabelen for reguleringsvirkemidlene vi drøfter i denne analysen. Det er imidlertid snakk om betalingsvilje for gjennomføring av (vellykkede) avlsprogram som vil løfte laksens egenskaper i et velferdsperspektiv. Hvis man klarer å oversette disse anslagene til betalingsvilje for redusert dødelighet hos fisken, får man et anslag på husholdningers nytteverdi.

Utover en generell betalingsvillighet for bedret fiskevelferd uavhengig av om man forbruker fisken, kan det tenkes at husholdninger har betalingsvilje for dette i form av en prispremie på fisken. Dette er en type effekt som vil ha overlapp med den typen effekter som er målt i Grimsrud mfl., men her kan vi til forskjell også trekke ut en global betalingsvilje for bedret fiskevelferd. I en undersøkelse utført av markedsundersøkelsesbyrået ComRes fra 2018 ble voksne i personer i ni europeiske land intervjuet og stilt spørsmål blant annet om deres betalingsvilje for fisk som er produsert med bedre fiskevelferd. 75 prosent av respondentene oppga at de vil ha en betalingsvillighet på mellom 10 og 50 prosent mer for slike produkter. Også Ankamah-Yeboah mfl. (2019) fant at tyske husholdninger hadde en betydelig betalingsvillighet for fisk som var produsert med bedre fiskevelferd.

Disse undersøkelsen gir en indikasjon på at utenlandske husholdninger har betalingsvillighet for redusert fiskedødelighet. Man må imidlertid være forsiktig med å vektlegge slik betalingsvilje når man tallfester husholdningenes nytte av redusert fiskedødelighet. Denne betalingsviljen vil nemlig også kunne motsvares av en inntektseffekt for oppdretterne, ettersom fisk med bedre velferd kan selges for mer hvis oppdrettere med lavere dødelighet lykkes med å markedsføre dette. I så fall kan denne betalingsviljen allerede være internalisert, og den bør ikke legges til som en ekstra nytteeffekt på toppen av regnestykket. Det er også her vanskelig å trekke en bro mellom en reduksjon i fiskedødelighet, effekten på fiskevelferd og derigjennom den faktiske betalingsviljen for den oppnådde effekten. I våre anslag i neste kapittel ser vi for å være konservative bort fra slike effekter, og forholder oss utelukkende til norske husholdningers betalingsvilje.

### 5.3 Hva er aktuelle virkemidler?

Vi drøfter tre virkemidler nærmere her:

1. En bokstavtro inkorporering av fiskedødelighet som indikator i trafikklyssystemet

2. En tilpasset vurdering av kapasitetsjusteringer på enkeltlokaliteter, men med trafikklyssystemets logikk om kapasitetsjusteringer basert på den enkelte produksjonssyklus
3. En avgift på høy fiskedødelighet

### 5.3.1 Fiskedødelighet i det eksisterende trafikklyssystemet

Dette alternativet innebærer en områdebasert regulering av kapasitet basert på fiskedødelighet. Den samlede dødeligheten i et område vurderes etter en relevant parameter, og konsesjonskapasiteten justeres basert på dette. Indikatoren som produksjonskapasiteten vurderes etter baserer seg på et årlig oppdatert kunnskapsgrunnlag, og reglene for justering av kapasitet er på plass og iverksettes raskt etter den bi-årige fargeleggingen som foretas av Nærings- og fiskeridepartementet. Denne opsjonen vil innebære at fiskedødelighet tas inn som en indikator i trafikklysvurderingene, og er med på å påvirke statusen i produksjonsområdene og dermed mulighetene for vekst/reduert kapasitet for næringsaktørene.

Fordi trafikklyssystemet regulerer alle aktører i et område kollektivt, basert på deres samlede belastning (eller i dette tilfellet samlet fiskedødelighet), vil den enkeltes insentiver til å ta hensyn til belastningen reduseres. Dette er et eksempel på det som i den samfunnsøkonomiske litteraturen omtales som *allmenningens tragedie*, og vi viser f.eks. til Menon 150/2021 hvor problemene med allmenningens tragedie i trafikklyssystemet belyses nærmere.

En annen stor utfordring med denne modellen er at trafikklysene nå settes basert på to ulike og indikatorer som trekker i ulik retning. Hvilken farge skal man gi i et område med høy dødelighet, men lavere utfordringer med lakselus eller motsatt? Tallene tyder på at det stort sett er områder med høy dødelighet som også har store luseutfordringer (som sannsynligvis også henger sammen med at teknikker for lusehåndtering driver dødeligheten), men det kan tenkes at de to indikatorene noen ganger vil trekke i ulik retning. Det er også utfordrende hvordan man skal vekte de to hensynene opp mot hverandre.

Vår klare vurdering er at dette vil være en lite målrettet måte å redusere fiskedødelighet og gi bedret fiskevelferd. Kombinasjonen av svake individuelle insentiver og rotete signaler (flere mål, men kun ett virkemiddel), vil gi høyst uklare driftssignaler til næringsaktørene. Å tilføye en ny indikator til trafikklyssystemet vil mest sannsynlig gi en for svak kobling mellom målet man ønsker å oppnå (reduert fiskedødelighet) og virkemiddelet som innføres. I tillegg svekker man de insentivene trafikklyssystemet har i dag på redusert lusebelastning i produksjonsområdene. Samtidig er de samlede virkningene svært komplekse og uklare, og derfor også vanskelige å tallfeste. Vi bruker derfor ikke mer plass på å utrede denne løsningen i resten av rapporten, men nøyer oss med å påpeke at dette neppe vil være en egnet måte å adressere den høye fiskedødeligheten i oppdrettsnæringen.

### 5.3.2 Trafikklys per produksjonssyklus

Dette virkemiddelet representerer en mer målrettet måte å gi oppdretter insentiver til å ta større hensyn til fiskedødelighet. Dersom oppdretter har en dødelighet i driften som overskrider aksepterte terskler, får oppdretter et nedtrekk i produksjonskapasiteten. Dersom dødeligheten derimot er lavere enn et visst nivå, kan oppdretter få vekst i kapasiteten. Dermed inkorporeres «trafikklys-logikken» på en mer målrettet måte overfor enkeltaktørene på en måte som i større grad etablerer et samsvar mellom aktørens handling og reguleringsmekanismen.

Dette er et alternativ som knytter en økonomisk ulempe til den uønskede aktiviteten (reduert kapasitet ved høyere fiskedødelighet enn definerte terskelverdien) og en fordel til knyttet den ønskede aktiviteten (potensial for vekst ved lavere fiskedødelighet). Slik gis et tydelig insentiv til oppdretter om å redusere fiskedødeligheten.

Det framstår som et klart mer målrettet virkemiddel enn alternativ 1, og det er vel verdt å studere virkningene av tiltaket nærmere.

Med trafikklysvirkemiddelet vil hver produksjonssyklus kunne ut i en vurdering av om produksjonen kan øke, stå stille eller måtte reduseres. Produksjonsendringen bør, som med trafikklyssystemet, operasjonaliseres gjennom en endring i tillatelseskapasiteten. Det er tillatelseskapasiteten som er den knappest faktoren i et reguleringsperspektiv.

Virkemiddelet vi vurderer tar utgangspunkt i at man ved slutten av hver produksjonssyklus vurderer dødeligheten opp mot de aktuelle tersklene. Er man under den nedre terskelen får man 6 prosent vekst.<sup>8</sup> Er over den øvre terskelen får man 6 prosent nedtrekk. Vi legger til grunn at prisen for veksten settes lik 90 prosent av den gjennomsnittlige markedsverdien fra auksjonen som ble avholdt i oktober 2022.

Man kan argumentere for at ulike områder har ulike forutsetninger for å oppnå lav dødelighet, men så lenge det bærende argumentet for reguleringen er fiskens velferd, er det sånn vi ser det liten grunn til å sette ulike terskler geografisk. Det akseptable nivået er definert ut fra et ønsket velferdsmål (via dødelighet som indikator), og da bør terskelen være lik uavhengig av hvor i landet man er. Dette er for øvrig analogt til det alminnelige trafikklyssystemets terskler, som er like uavhengig av region på tross av at ulike regioner har ulike luseutfordringer.

Man kan også argumentere for at noen former for dødelighet, dødelighet som knyttes til «acts of god» som oppdrettsnæringen i lavere grad kan påvirke og/eller vil ha større utfordringer med å kunne forutse og planlegge seg bort fra (f.eks. algeoppblomstringer) bør unntas. I disse tilfellene vil en straff i form av nedtrekk ikke gi insentiver til bedre drift, og framstår som urimelig. Det går an å identifisere relevante unntaksårsaker hvor det kan tillates forhøyet dødelighet. Samtidig er det viktig å være bevisst på at en slik unntakspraksis reelt sett er en unntaksordning for spesielle tilfeller, og ikke at den skli ut og brukes i for stor grad. I så fall mister reguleringsvirkemiddelet en betydelig del av sin effekt (pysken i form av mulighet for rødt lys blir svakere). Den økonomiske modellen peker eksempelvis på at påviste tilfeller av PD gir en signifikant og vesentlig økning i dødelighet. Mange oppdrettere som rammes av PD vil nok hevde at dette er noe de kunne gjort lite for å unngå og at det er en konsekvens av hvor deres produksjon er lokalisert, og vil kanskje argumentere for at dette bør kvalifisere til unntak. Samtidig er jo nettopp valg av produksjonssted noe som kan påvirkes på lengre sikt, og vi har tidligere trukket fram ulike områdebaserte tiltak som en mulig tilpasning for å motvirke høy dødelighet. Også valg av produksjonsteknologi i områder der tradisjonelle nøter gir for høy dødelighet av årsaker som oppdretter selv ikke rår over. Forekomster av PD er videre såpass vanlig (omtrent en tredel av produksjonssyklusene har påvist PD) at virkemiddelet i praksis vannes kraftig ut dersom påvisning av PD på generell basis skal gi unntak.

Vi går ikke nærmere inn på innretningen av eventuelle unntak denne utredningen. Vi presiserer imidlertid at dette ikke nødvendigvis bør gjelde dødelighet som skyldes vanligere sykdommer eller andre årsaker som i seg selv ikke oppdretter kan gjøre mye for å påvirke, men som oppstår som og/eller har forhøyet sannsynlighet for å inntreffe fordi driften i regionen er intensiv med lavere biosikkerhet. Da er det nettopp viktig å ha på plass et

---

<sup>8</sup> Det er et eget spørsmål om og ev. hvordan vekst som følge av lav dødelighet bør tildeles. I dagens trafikklyssystem tildeles det meste av veksten på auksjon, og prisen på kapasiteten som selges til fastpris ligger forholdsvis tett på markedsverdien. Slik sett er gulroten i tiltaket mindre enn den kunne vært. Dersom man etablerer et virkemiddel som retter seg mot enkeltaktøren i større grad enn det gjeldende trafikklyssystemet, er det argumenter for å også knytte gulroten ved god atferd tettere til disse (dvs. mindre/ingen bruk av auksjon og lavere pris for vekst). Dette kan igjen påvirke de samfunnsøkonomiske effektene fra modellen. Her har vi valgt å modellere slik at all veksten er forbeholdt enkeltaktøren som eier produksjonssyklusen, og at det legges til grunn en salgspris med vesentlig rabatt.

insentivvirkemiddel som stimulerer næringen til å foreta tilpasninger i driften sin som minimerer denne typen dødelighet.

#### **Tekstboks: Trafikklysregulering per produksjonssyklus eller som et løpende gjennomsnitt?**

Det kan argumenteres for at utslag fra en enkeltsyklus kan bli for preget av tilfeldigheter som gir høy dødelighet og at det er mer hensiktsmessig å regulere lokaliteten basert på et snitt av dødelighetstallene på lokaliteten over en lengre periode. Hensikten vil da være å begrense virkemiddelets volatilitet og spesielt utslaget av tilfeldigheter som gir høy dødelighet og som kan gi urimelige utslag for enkeltaktører.

Dette vil være et grep som svekker virkemiddelets insentiveffekt, fordi sammenhengen mellom prestasjon i den enkelte syklusen og pisk/gulrot blir svakere. Det er ikke bare hva oppdretter gjør innenfor gjeldende produksjonssyklus som betyr noe, for også oppdretters prestasjoner i tidligere år følger med videre. Alt annet likt er dette fra et samfunnsøkonomisk perspektiv mindre effektivt. Hvis man er redd for at man skal få for store utslag, er et alternativ å justere virkemiddelets dosering. Hvis vekst- og nedtrekkspotensialet reduseres, eksempelvis til 3 prosent per syklus, vil konsekvensen av uheldige tilfeldigheter være lavere. På den andre siden svekker man da kraften i både pisk og gulroten i virkemiddelet.

Det viktigste argumentet for å bruke et løpende gjennomsnitt handler imidlertid ikke om insentiveffekt, men at det kan jevne ut mer tilfeldige utslag og motvirke reguleringer som kan oppfattes som urimelig. Også med bruk av gjennomsnittlig dødelighet over flere sykluser vil imidlertid tilfeldigheter kunne prege reguleringsvirkemiddelet. Virkemiddelet er terskelbasert, og svært høy dødelighet i én syklus vil i praksis kunne trekke opp lokaliteten på rødt nivå over flere perioder – også med svært god drift og lav dødelighet i påfølgende sykluser. Hvis dødeligheten blir veldig høy i én syklus på grunn av et uheldig utslag, vil det i praksis kunne gjøre lokaliteten rødt i flere produksjonssykluser framover. Da får tilfeldigheten ikke bare utslag i en enkeltsyklus, men følger oppdretter videre i senere sykluser.

Hvis det reelt sett er et tilfeldig utslag og ikke dårlig drift som ligger bak dødeligheten, vil dessuten en trafikklysregulering som virker per produksjonssyklus gi muligheter for rask vekst tilbake. Hvis oppdretter har god drift, men hadde uflaks et år, vil konsekvensen av nedtrekket være redusert produksjonspotensial i en kort periode, før oppdretter får vokse mer ved neste korsvei.

Etter vår oppfatning vil virkemiddelet være mer målrettet om det virker per produksjonssyklus. En regulering basert på gjennomsnittlige dødelighetstall vil redusere volatiliteten og kan tenkes å redusere noen typer urimeligheter, men samtidig kan det skape andre urimeligheter. Vi er ikke kjent med omfanget av dette, og å kartlegge det faller utenfor rammene av denne utredningen. Vi konkluderer derfor heller ikke om virkemiddelets detaljerte innretning med hensyn til antallet produksjonssykluser som skal ligge til grunn for reguleringene i denne rapporten. Til syvende og sist handler dette også om rimelighetsbetraktninger. I våre videre beregninger av dette virkemiddelet er det regulering per produksjonssyklus vi legger til grunn.

### **5.3.3 Avgift på fiskedødelighet**

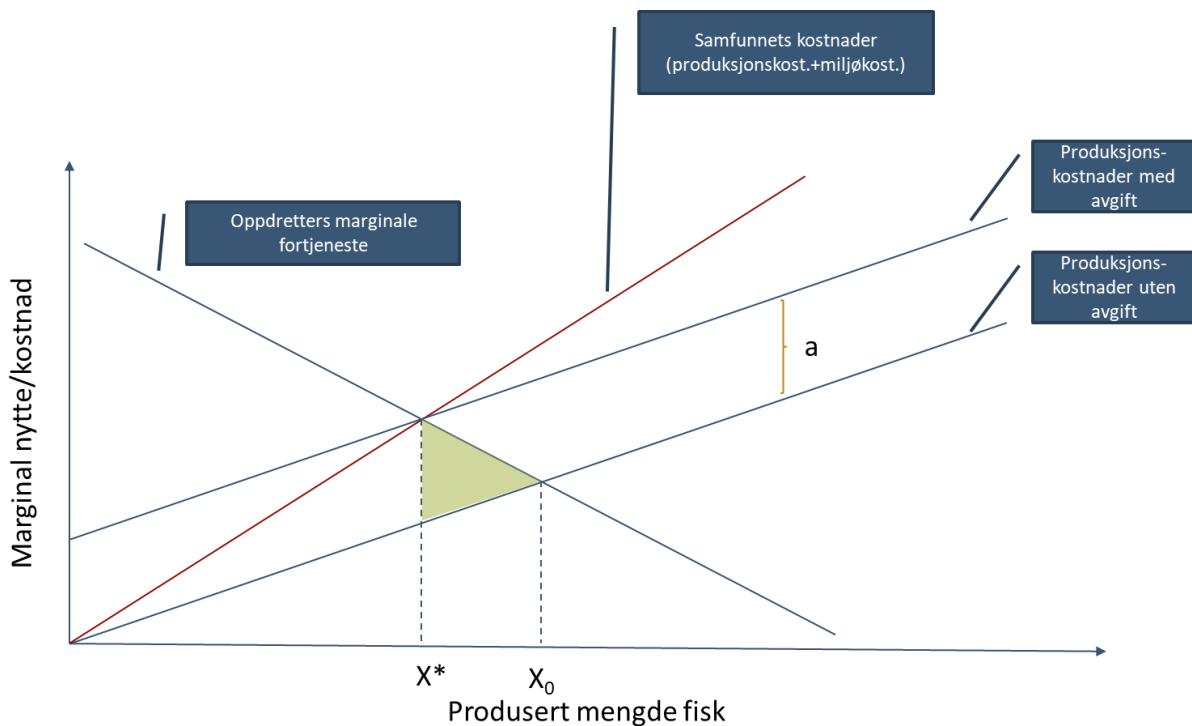
Et alternativt og muligens mer målrettet virkemiddel er å innføre en avgift på fiskedødelighet. Dette alternativet er vurdert og anbefalt innført i Menon 79/2021. Vi mener det er relevant å drøfte dette alternativet nærmere her. En avgift på fiskedødelighet styrker oppdretters insentiver til å redusere dødeligheten på fisken under produksjon, og insentiverer oppdretter til å produsere på en måte som gir lavere dødelighet.

Avgiften skal optimalt sett settes lik den samfunnsøkonomisk marginale kostnaden ved den negative miljø- eller klimapåvirkningen, slik at aktøren vil ha insentiv til å redusere denne aktiviteten så lenge det koster mindre på

marginen enn å betale selve avgiften. En slik «korrekt» utformet miljøavgift kalles en Pigou-avgift og gir den samfunnsøkonomisk sett beste (optimale) løsningen.

Figur 5-1 illustrerer hvordan en Pigou-avgift i teorien kan utformes i oppdrettsnæringen. Den nedadgående kurven representerer oppdretters marginale fortjeneste, som antas fallende jo mer produksjonen øker. Den nedre oppadstigende kurven representerer oppdretters marginale produksjonskostnader før en avgift introduseres. Den røde kurven representerer samfunnets marginale kostnader med oppdrettsproduksjonen, som er større enn de rene produksjonskostnadene. Her kan det tolkes som den økende (sannsynligheten for) dødelighet som øker med produksjonen og som samfunnet har en betalingsvilje for å få redusert. En optimalt satt avgift, i figuren tilsvarende  $a$ , vil drive oppdretters marginale produksjonskostnader opp slik at produsert mengde fisk ender der oppdretters marginale fortjeneste av produksjonen tilsvarer samfunnets marginale kostnader assosiert med produksjonen. Det gir en lavere produksjon, fra  $X_0$  til  $X^*$ , og det grønne arealet representerer den samfunnsøkonomiske gevinsten ved innføring av avgiften.

Figur 5-1: Illustrasjon av avgift på eksternalitet i oppdrett. Hentet fra Menon-publikasjon 79/2021.

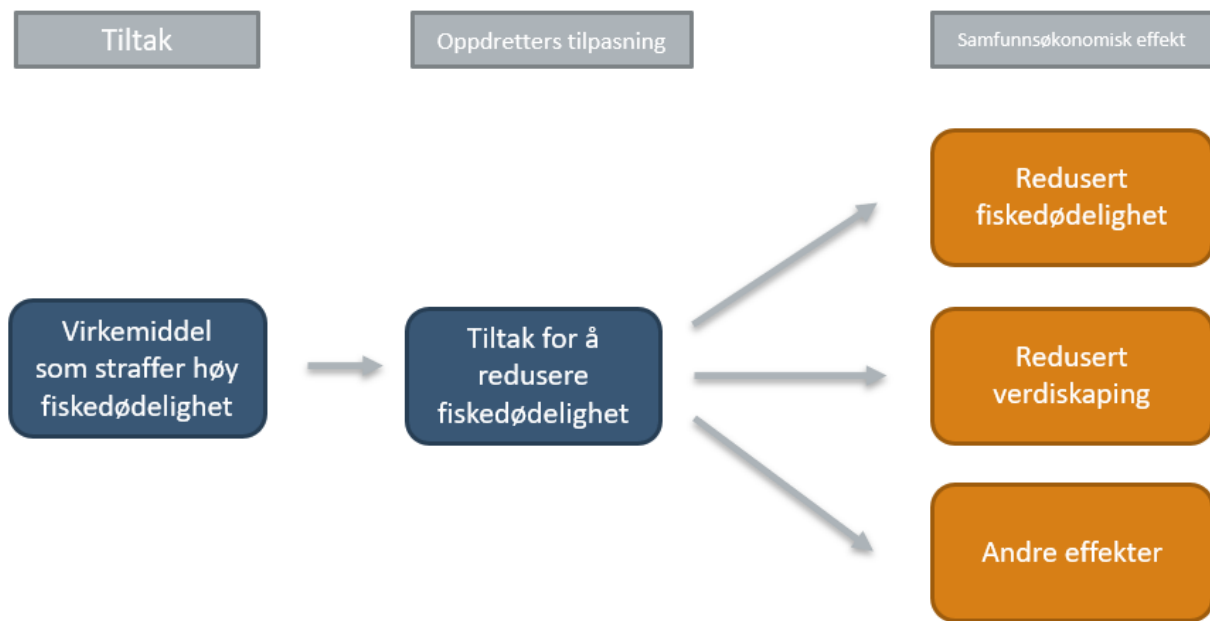


Avgifter er ofte samfunnsøkonomenes foretrukne virkemiddel for å gi et rettet insentiv til å ta hensyn til eksternaliteter, altså uønskede konsekvenser av en aktivitet som ikke tas tilstrekkelig hensyn til av en aktør i økonomien. Ved å avgiftsbelegge den uønskede aktiviteten, her høy fiskedødelighet i oppdrettsnæringen, gir man et sterkt økonomisk insentiv til at denne aktiviteten reduseres i omfang. I denne analysen fokuserer vi på trafikklysvirkemiddelet definert i kapittel 5.2.2, ettersom dette ikke er konkretisert eller drøftet tidligere. I kapittel 5.7 drøfter vi noen overordnede egenskaper med avgiftsvirkemiddelet i lys av den foregående drøftingen av trafikklysvirkemiddelet.

## 5.4 Effekter – teoretisk vurderingsmodell

Hvilke typer effekter vil oppstå? Overordnet sett kan de deles i tre, som beskrevet i modellen under:

Figur 5-2: Vurderingsmodell for samfunnsøkonomiske effekter av tiltak



### 1. Redusert fiskedødelighet

Den primære og ønskede virkningen av alle tiltakene er redusert fiskedødelighet. Dette er et samfunnsøkonomisk gode, fordi samfunnet (både forbrukere av oppdrettslaks og øvrige husholdninger) har nytte av dette. For å anslå virkemiddelets effekt her må man både anslå reduksjonen i fiskedødelighet og samfunnets betalingsvilje for dette.

### 2. Redusert verdiskaping

Et straffetiltak vil isolert sett føre til redusert verdiskaping i oppdrettsnæringen, ettersom tiltaket utløser nye kostnadskrevende tiltak og/eller redusert produksjon av fisk for å redusere dødeligheten som nå medfører en ny kostnad.<sup>9</sup> Med verdiskaping sikter vi her til oppdretters inntekter fratrukket kostnader. Dette utgjør en negativ samfunnsøkonomisk effekt, som må tallfestes. Det samfunnsøkonomiske tapet tilsvarer produksjons- og kostnadsvirkningene av tilpasningene.

Med vekstmuligheter som i en trafikklensmodell vil det imidlertid være potensial for økt verdiskaping, avhengig av hvor mange som får vekst og hvor mye det koster å oppnå veksten.

I denne teoretiske vurderingsmodellen forutsetter vi implisitt at alle tiltak privatøkonomisk ulønnsomme. Det kan imidlertid være grunner til at oppdrettere ikke har implementert lønnsomme tiltak selv. Dette er blant annet drøftet i Lie mfl. (2021). I artikkelen trekkes fram at informanter hevder at det eksisterer en barriere for utvikling og realisering av privatøkonomisk lønnsomme tiltak på grunn av manglende forskning og kompetanseoppbygging på relevant teknologi. Også endrings skepsis og vektlegging av tradisjon ble trukket fram som mulige forklaringer

<sup>9</sup> Vi presiserer at vi med dette har tatt høyde for at oppdretter isolert sett kan få høyere salgstall som følge av lavere dødelighet. Med utgangspunkt i standard forutsetninger om rasjonell og profittmaksimerende tilpasning i produksjonen, er dagens tilpasning med høy dødelighet sannsynligvis den som gir oppdretter størst inntekter – også hensyntatt at dette driftsmønsteret kan medføre at en svært høy andel av fisken dør før slaktning uten salgsv verdi og/eller med lavere kvalitet og begrenset salgsv verdi. Selv om et tiltak kan utløse både kostnader og nye inntekter, oppsummeres dette i samfunnsøkonomisk sjargong bare som økte kostnader når den ene effekten vil dominere den andre.

på at lønnsomme tiltak ikke realiseres. Vi har ikke vurdert omfanget av privatøkonomisk lønnsomme tiltak for bedret fiskevelferd og årsaker til at disse ikke realiseres. Vi nøyer oss med å påpeke at det kan finnes tiltak som er lønnsomme for oppdretter samtidig som de gir nyttegevinster for samfunnet, og at dette i så fall vil være eksempler på tiltak som er et gode for alle og som absolutt bør plukkes først.

### **3. Andre effekter**

Den tredje effektboksen er omtalt som andre effekter. Denne boksen fanger opp alle andre mulige tilpasningsvirkninger som kan ha en samfunnsøkonomisk effekt. Dersom en sannsynlig tilpasning til det nye kravet er redusert produksjon, er det for eksempel nærliggende å tro at andre miljøproblemer i oppdrettsnæringen vil reduseres. Dette vil i så fall utgjøre en samfunnsøkonomisk gevinst. På den andre siden kan man se for seg at oppdretter velger å avstå fra lusebehandlinger på lokaliteten for å redusere dødeligheten, men dette kan forverre situasjonen for de ville laksebestandene og igjen øke de miljømessige kostnadene med lakseoppdrett. Et tredje tilpasningsalternativ man kan tenke seg er at bruken av rensefisk økes. Dette vil nødvendigvis være negativt for samlet velferd for rensefisk, og utgjør et samfunnsøkonomisk tap. Felles for denne typen effekter er at de er ulike former for eksternaliteter (ikke-prissatte virkninger) som utløses/forsterkes av at oppdretter tilpasser seg det nye virkemiddelet.

## 6 Samfunnsøkonomisk vurdering av et trafikklysvirkemiddel

Vi har utarbeidet en modell for å vurdere den samfunnsøkonomiske nytten av trafikklysvirkemiddelet. Ved å fylle ut modellen med forutsetninger om nyttegevinster fra husholdningssiden, reguleringsvirkemiddelets spesifikasjoner (statens betingelser for vekst/nedtrekk) og bedriftsøkonomiske forhold (lønnsomhet i produksjonen og tiltakskostnad for redusert dødelighet) kan vi anslå den samfunnsøkonomiske nytten av tiltakene.

### 6.1 Nyttegevinster fra husholdningssiden

For husholdningssiden er målet å verdsette nytten per 1 prosentpoeng reduksjon i dødelighet per tonn produsert fisk per år. Vi gjengir modellspesifikasjonen i figuren under og redegjør for forutsetningene.

Figur 6-1: Modellspesifikasjon for husholdningene

#### Husholdningene

Samlet nyttevurdering av 1 prosentpoeng lavere dødelighet per år per tonn

95 kr

Verdsetting per husholdning for full velferdsforbedring for all

oppdrettslaks	800
Antall tonn per år i Norge i 1000	1500
Antall husholdninger (Norge) i 1000	2500

Verdsetting per tonn	1 333
Verdsetting av 1 %-poeng bedring per tonn per år	95

Vi tar utgangspunkt i de anslåtte nyttegevinstene for husholdningene av ulike tiltak i Grimsrud mfl. (2013). Som nevnt tidligere er effekten fra disse tiltakene ikke direkte sammenlignbare med redusert dødelighet, men i mangel på andre relevante holdepunkter benytter vi et uvektet snitt av disse kartlagte verdsettelsene som et



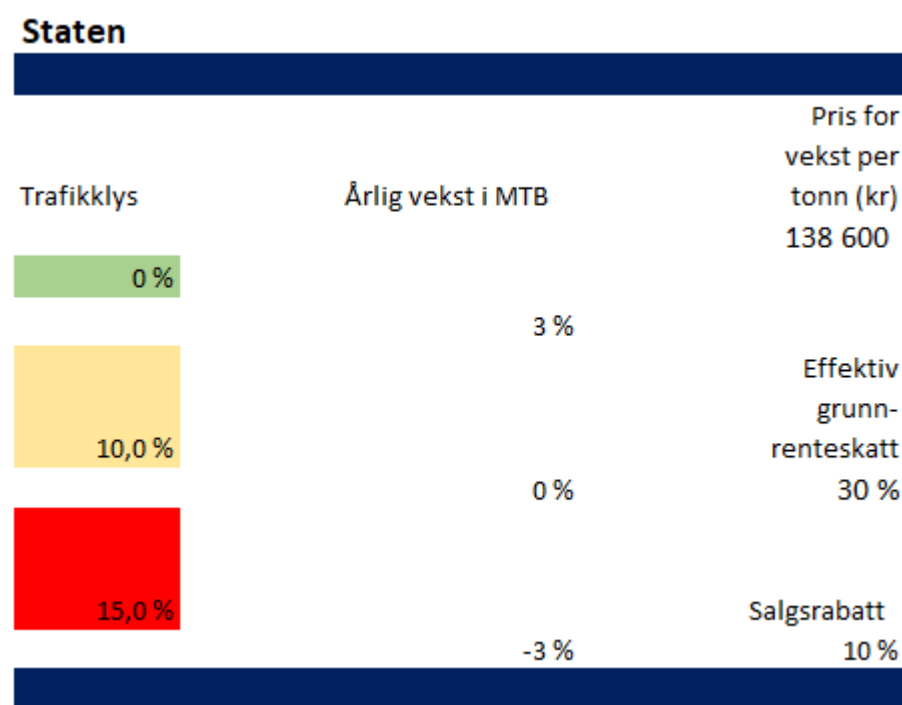
grovt anslag på norske husholdningers verdsettelse av redusert fiskedødelighet.<sup>10</sup> I figuren er dette omtalt som *Verdsettning per husholdning for full velferdsforbedring for all oppdrettslaks*. I spesifikasjonen anslår vi dette til å tilsvare 800 kroner per husholdning.<sup>11</sup>

Fordi betalingsviljen i undersøkelsen er per husholdning, må tallet skaleres opp med antallet husholdninger i Norge. Da ender vi opp med et anslag på betalingsviljen for eliminasjon av dødelighet i oppdrettsnæringen per tonn produsert fisk. Fordi vi er interessert i tiltakets effekt per prosentpoeng, justerer vi også verdsettelsen ned til per prosentpoeng. Fordi den gjennomsnittlige dødeligheten er i størrelsesorden 14 prosent i datagrunnlaget vi har utført empirisk analyse med, fordeler vi betalingsviljen på 14 prosentpoeng og ender opp med en samlet nytteevaluering av 1 prosentpoeng lavere dødelighet per år per tonn. Her anslås denne til å være 95 kroner per prosentpoeng bedring per tonn per år.

## 6.2 Statens virkemiddel

Statens virkemiddel her er vekst basert på trafikklysprinsippet. Vi gjengir modellspekifikasjonen i figuren under og redegjør for forutsetningene.

Figur 6-2: Spesifikasjon av virkemiddelet for staten



Avhengig av hvilken status oppdretter oppnår på produksjonssyklusen målt i dødelighet, kan det enten tilbys vekst (lavere dødelighet enn et visst nivå, i figuren spesifisert til 10 prosent) til en pris, det kan gis nedtrekk

<sup>10</sup> Det kan argumenteres for at man kan finne lignende effekter i utenlandske husholdninger og at dette bør regnes med. Undersøkelsen er likevel avgrenset til å gjelde norske husholdninger, og uten grunnlag for å legge til eventuell betalingsvillighet i utenlandske husholdninger velger vi å holde dette utenfor.

<sup>11</sup> I Grimsrud mfl. (2013) er dette tallet oppgitt som en årlig betalingsvillighet, men i dialog med en av artikkelforfatterne har vi fått en forståelse av at det nok er mange respondenter som har tolket dette som en mer varig betaling. I så fall kan man vurdere i hvilken grad denne effekten skal fordeles over flere år. Vi forholder oss likevel til at funnene er spesifisert som årlige i artikkelen.

(høyere dødelighet enn et visst nivå, i figuren spesifisert til 15 prosent), eller produksjonen kan stå på stedet hvil (mellom de to intervallene).<sup>12</sup> Vi antar at vekstraten er 6 prosent annet hvert år, som gir en årlig vekst på omtrent 3 prosent.

Det må også legges inn en forutsetning om pris på vekst hvis grønt lys oppnås. Det er ikke gitt at det skal tas betalt. Det handler blant annet om hvor kraftig man ønsker at incentivet skal innrettes. I dette eksempelet har vi lagt inn en pris per tonn på omtrent 140 000 kroner, som innebærer en salgsrabatt på 10 %.

Vi har også lagt inn en spesifisering av effektiv grunnrenteskattesats, ettersom dette påvirker tillatelsens verdi og lønnsomheten i produksjonen. I skrivende stund er dette forslaget lagt fram for politisk behandling med en skattesats på 40 prosent, men med et betydelig bunnfradrag som påvirker den effektive skattesatsen. Vi legger her inn en skattesats på 30 prosent, men påpeker at dette er et usikkert forhold.

### 6.3 Selskapenes driftsvalg

Selskapene styres grunnleggende sett av bedriftsøkonomiske lønnsomhetsbetraktninger. De prisene og kostnadene de står overfor styrer også verdiskapingseffektene som gir utslag i det samfunnsøkonomiske regnestykket. Vi har modellert med utgangspunkt i et representativt selskap. Vi gjengir modellspesifikasjonen i figuren under og redegjør for forutsetningene.

---

<sup>12</sup> Terskelverdiene er satt basert på innspill fra vår oppdragsgiver Dyrevernalliansen. Innspillene er redegjort for i vedlegg 2. Vi har valgt en terskel for grønt lys som tilsvarer snittet av alternativene med middels og høye terskelverdier (henholdsvis 12 og 8 prosent) og en terskel for rødt lys som tilsvarer de høye terskelverdiene (15 prosent).

Figur 6-3: Spesifikasjon av forutsetninger for et selskap

## Havbrukssiden

### Et representativt selskap

Dødelighet per tonn	0,14
Antall tonn i produksjonssyklus	2800
Overskudd per tonn	5 649
Inntekt per kilo	55
Kostnad per kilo	40
Overskudd per kilo (etter grunnrenteskatt)	5,6
<hr/>	
Meroverskudd per prosentpoeng lavere dødelighet	56
A Tiltakskostnad Antall fisk	40
B Tiltakskostnad 10% økning	286
Netto tiltakskostnad	107

De første to variablene er gjennomsnittsvARIABLER for næringen samlet sett. Overskuddet per kg er en forutsetning om framtidig lønnsomhet, som gir effekt inn i verdien av vekst (og verdien av å unngå nedtrekk). Inntekt per er her antatt å være 55 kroner per kilo. Kostnad per kilo er en forutsetning som påvirker lønnsomheten, men også kostnaden av tiltak B (som er en proporsjonal økning av kostnadene). Tallet 40 kr er omtrent på nivå med siste tilgjengelige gjennomsnittskostnad i Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse. Overskudd per kilo er en funksjon av inntekter og kostnader og skattesatsene. Her har vi regnet inn en effektiv grunnrenteskatt på 30 prosent (lavere enn skattesatsen på 40 prosent på grunn av det foreslåtte bunnfradraget).

Under streken kommer forutsetninger om effekter av tiltakene. Det første tallet er en antagelse om endring i overskudd som følge av lavere dødelighet. Gitt lavere dødelighet, kan nødvendigvis mer fisk selges, og dette vil isolert sett øke lønnsomheten for oppdretter. Vi har her antatt at en reduksjon i dødeligheten gir en proporsjonal økning i overskuddet.

Bokstav A-B er kostnadsanslag for tre ulike tiltak. Tiltak A er redusert dødelighet av å justere ned størrelsen på utsettet. Effekten av dette tiltaket bygger på estimatet i den økonometriske modellen vår. Med disse modellspesifikasjonene er dette et forholdsvis lønnsomt tiltak. Tiltak B er at man investerer i bedre driftspraksis på anlegget som hever driftskostnadene, som er antatt å tilsvare en kostnadsøkning på 10 prosent. Alle tiltak er

oppgitt i kostnad per tonn for ett prosentpoengs redusert dødelighet. Tiltakskostnaden vil øke jo lavere dødeligheten er, ettersom vi antar at marginalkostnaden er stigende.

Netto tiltakskostnad for oppdretter er beregnet til snittet av de to tiltakene fratrukket meroverskuddet fra redusert dødelighet. Vi har benyttet snittet av de to tiltakene fordi det er usikkerhet om hvilket tiltak oppdretter vil benytte samt de reelle kostnadene av de ulike tiltakene.

## 6.4 Samlet lønnsomhet

Når forutsetningene av nyttegevinster for husholdningene, kostnader for bedriftene og rammene for statens virkemiddel er definert, kan man vurdere den bedriftsøkonomiske tilpasningen og også det samfunnsøkonomiske overskuddet. Dette er gjengitt for eksempelbedriften i figuren under.

Figur 6-4: Samlet lønnsomhet av tiltaket

### Lønnsomhet sammenlignet med å gå til grønn

	Gå til gult i to år	Bli værende rødt i to år
Endring i overskudd	-600	-1183
Utsatt kjøp	283	283
Spart tiltakskost (2 år)	426	426
<b>Bedriftsøkonomisk overskudd</b>	<b>109</b>	<b>-474</b>
Endret velferdsnytte	-381	-381
<b>Samfunnsøkonomisk overskudd</b>	<b>-272</b>	<b>-855</b>

Figuren gjengir verdier i samsvar med modellspesifikasjonen tidligere i delkapittelet. Vi modellerer som om aktøren velger å utsette oppnåelse av grønt lys med to år, altså at aktøren «tar to år» med gult eller rødt lys og forsaker avkastningen av vekst de nærmeste to årene, samt renters rente av veksten i etterfølgende år. For eksempelaktøren er det reelt sett bare å gå til gult som er en opsjon, ettersom denne har en dødelighet på 14 prosent som allerede ligger under den røde terskelverdien.

Første rad i figuren er endringen i det bedriftsøkonomiske overskuddet. Denne endringen drives av tapet av vekst som man forsaker (gult lys) og nedtrekket man må ta (rødt lys). På den andre siden slipper man å betale for veksten (utsatt kjøp). Denne kostnaden er også neddiskontert til årlig. Man slipper også å ta kostnaden med tiltak for å redusere dødelighet. Denne kostnaden er en funksjon av netto tiltakskostnad per år og hvor mange prosentpoeng dødeligheten må reduseres med for å oppnå terskelen. I sum gir dette det bedriftsøkonomiske overskuddet. Vi ser at for gjennomsnittsoffdretteren vil det, med disse spesifikasjonene være lønnsomt å gå til gult lys i to år heller enn å oppnå grønt lys. Rødt lys er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt på grunn av stor reduksjon i bedriftsøkonomisk overskudd.

Den endrede velferdsnyttan er en funksjon av oppnådd reduksjon i dødelighet og husholdningenes betalingsvilje for dette. Vi ser at den er negativ i begge tilfeller, fordi husholdningene vil ha nytte av den lavere dødeligheten som oppnås med grønt lys.

Summen av det bedriftsøkonomiske overskuddet og velferdsnyttan gir det samfunnsøkonomiske overskuddet. Med denne spesifikasjonen får vi det interessante resultatet at det blir bedriftsøkonomisk lønnsomt med gult lys, selv om det hadde vært samfunnsøkonomisk lønnsomt om oppdretteren tilpasset seg til grønt lys. Dette skjer fordi oppdretteren ikke tar innover seg velferdsnyttan til husholdningene i sitt regnestykke, og verdien av veksten er med disse spesifikasjonene ikke høy nok til å oppnå tilpasning til grønt lys. Oppdretteren velger altså å bestå på 14 prosent dødelighet, framfor å ta kostnaden med å redusere dødeligheten med 4 prosentpoeng.

## 6.5 Samlet vurdering med vår modellspesifikasjon

I de foregående delkapitlene har vi redegjort for modellens dynamikk. I dette delkapittelet presenterer vi modellresultatene.

Vi sorterer først næringens produksjonssykluser etter dødelighet i ti grupper og lar snittdødeligheten innenfor hver gruppe være representativ for produksjonssyklusene i denne gruppen. Vi ønsker å tallfeste av den bedriftsøkonomiske vurderingen og den samfunnsøkonomiske nytten av valgene for «gjennomsnittsyklusen» innenfor de ulike desilene produksjonssyklusene er gruppert etter. Vi lar med andre ord den historiske dødeligheten i næringen være en prognose for hvordan dødeligheten kommer til å være i framtiden, før vi vurderer om bedriftene vil endre sin tilpasning. Tabell 6-1 gjengir fordelingen av dødelighet når produksjonssyklusene er delt inn i ti.

Tabell 6-1: Gjennomsnittlig dødelighet innenfor produksjonssykluser 2016-2021

Persentil	Øvre dødelighet for persentilen	Gjennomsnittlig dødelighet innenfor persentil (snittet for sykluser innenfor denne og foregående persentil)
10	4,1 %	2,9 %
20	5,8 %	4,9 %
30	7,2 %	6,5 %
40	8,7 %	7,9 %
50	10,6 %	9,6 %
60	13,0 %	11,8 %
70	16,2 %	14,5 %
80	20,3 %	17,9 %
90	27,4 %	23,5 %
100	100,0 %	38,8 %

I modellspesifikasjonene har vi lagt til grunn at gult lys inntreffer mellom 10 og 15 prosent dødelighet. Er dødeligheten lavere enn 10 prosent, blir det grønt lys og man får vekst. Er dødeligheten høyere enn 15 prosent, får oppdretter nedtrekk.

Tabell 6-2: Resultat av tilpasningsvirkninger

Persentil	Dødelighet før virkemiddel	"Farge" før virkemiddel	Endret tilpasning?	Farge etter virkemiddel	Dødelighet etter virkemiddel	Samfunnsøkonomisk mest lønnsomme valg?
10	2,90 %	Grønn	Nei	Grønn	2,90 %	
20	4,90 %	Grønn	Nei	Grønn	4,90 %	
30	6,50 %	Grønn	Nei	Grønn	6,50 %	
40	7,90 %	Grønn	Nei	Grønn	7,90 %	
50	9,60 %	Grønn	Nei	Grønn	9,60 %	
60	11,80 %	Gul	Ja	Grønn	10,00 %	Ja
70	14,50 %	Gul	Nei	Gul	14,50 %	Nei
80	17,90 %	Rød	Ja	Gul	15,00 %	Nei
90	23,50 %	Rød	Nei	Rød	23,50 %	Nei
100	38,80 %	Rød	Nei	Rød	38,80 %	Nei

Gitt modellspesifikasjonene i dette eksempelet, er det som nevnt ingen tilpasningseffekter i de første fem desilene, ettersom disse alle allerede tilfredsstiller kravet til grønt lys. De vil få vekst uten å pådra seg ytterligere tilpasningskostnader. For de øvrige desilene er resultatene mer interessante:

- I den sjette desilen (60-persentilen) vil oppdretterne pådra seg tilpasningskostnader for å redusere dødeligheten med 1,8 prosentpoeng. Dette setter dem i grønt lys, og de får vekst.
- I den syvende desilen er tilpasningskostnadene for å oppnå grønt lys, kostnader tilsvarende 4,5 prosentpoeng redusert dødelighet, for store. De foretar ingen tilpasninger, opprettholder dødeligheten på 14,5 prosent og forblir i gult lys. Dette er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt, ettersom den samfunnsøkonomiske nytteverdien av redusert dødelighet er større enn det bedriftsøkonomiske underskuddet.
- I den åttende desilen tilpasser oppdretterne seg til å få gult lys. De pådrar seg ekstra kostnader for å redusere dødeligheten med 2,9 prosentpoeng, og unngår nedtrekket som ville gitt dem lavere produksjon. Samtidig er gevinsten av å redusere dødeligheten til 10 prosent og å oppnå grønt lys for lav i forhold til tilpasningskostnadene. Det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme hadde vært tilpasning til grønt lys, og fordi de stanser på gult oppnår vi en samfunnsøkonomisk forbedring som likevel ikke tilsvarer den optimale tilpasningen.
- I den niende og den tiende desilen blir tilpasningskostnadene for store, og oppdretter velger å la være å ta tilpasningskostnader, men aksepterer heller nedtrekk. Virkemiddelet er her ikke kraftig nok for at oppdretter skal ta tilpasningskostnadene, som hadde vært det samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Disse resultatene er naturligvis følsomme for modellspesifikasjonene. Trafikklys-tersklene vi opererer med er til syvende og sist regulatorisk valg, og handler om hvor kraftig man ønsker å dosere virkemiddelet. De øvrige forutsetningene om kostnadseffektivitet og nyttevirkninger er i større grad et empirisk spørsmål.

Innenfor de terskelverdiene vi har vurdert for virkemiddelet vil det kunne realiseres betydelig vekst i produksjonen samtidig som man oppnår en reduksjon i dødeligheten sett opp mot den gjennomsnittlige dødeligheten i næringen i perioden 2016-2021. Virkemiddelet vil realisere tilpasninger som samlet sett gir en større samfunnsøkonomisk avkastning enn dagens reguleringer, og vi vurderer derfor tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Resultatene bygger også på en forutsetning om at det er inntekter og kostnader som selskapene kan regne på som driver tilpasninger. Det kan også argumenteres for at både omdømmeeffekter og etiske vurderinger driver oppdretters tilpasninger. Disse motivene vil i så fall foreligge uavhengig av virkemiddelets utforming og eventuelle implementering. Det vi anslår her er tilpasningsvirkninger basert på innføring av et nytt økonomisk virkemiddel som kan påvirke oppdretters driftstilpasning.

## 6.6 Usikkerhet i beregningene

Det er viktig å understreke at disse beregningene er heftet med vesentlig usikkerhet. Her diskuterer vi de viktigste kildene til usikkerhet. Det dreier seg for det første om tiltakenes kostnadseffektivitet, nyttevirkninger, andre effekter som ikke er modellert samt mer grunnleggende om oppdretters evne til å planlegge for en spesifikk dødelighet.

### 6.6.1 Usikkerhet om tiltakenes kostnadseffektivitet

Effekten ulike tiltak har på fiskedødelighet er usikkert. Vår økonometriske modell bringer noen innsikter på bordet og gir et grunnlag for videre vurderinger. Selv om det er godt grunnlag her for å si noe om hvorvidt ulike tiltak kan ha en effekt, er størrelsen på effekten likevel forholdsvis usikker og bør utredes nærmere

Kostnadene av ulike tiltak er også usikker. Det er generelt usikkert hvor kostnadskrevene de ulike tiltakene er. Vi har forsøkt å anslå dette dels basert på innsikter fra den økonometriske modelleringen (vi har sett nærmere på den signifikante variabelen om størrelsen på utsettene) og dels anslått på usikkert grunnlag at det går an å oppnå et prosentpoeng redusert dødelighet ved å anta en kostnadsøkning på 10 prosent. Det er som vi har argumentert for tidligere også grunn til å tro at det for noen oppdrettere finnes privatøkonomisk lønnsomme tiltak som representerer en vinn-vinn-situasjon for både næring og befolkning for øvrig.

### 6.6.2 Usikkerhet om nyttegevinster

Betalingsviljen for redusert dødelighet er usikker. I våre beregninger har vi benyttet anslag for betalingsvilje for utvikling av fisk med egenskaper som er forbundet med bedret fiskevelferd, men dette er strengt tatt ikke det samme.

I hvilken grad man bør vektlegge betalingsvilje til internasjonale husholdninger er også et prinsipielt diskusjonspunkt. I våre beregninger har vi holdt det utenfor.

### 6.6.3 Andre effekter

Det er også andre effekter som ikke er tallfestet i analysen som prinsipielt sett bør vurderes, men som vi ikke har vurdert omfanget av i denne modellen

Økt bruk av rensfisk er en mulig tilpasning som kan gi et større nyttetap, ettersom bruk av rensfisk har store velferdsmessige utfordringer. Vi har ikke tallfestet disse effektene (implisitt har vi lagt til grunn at dette ikke er en aktuell tilpasningsopsjon for oppdretter).

Interaksjonen mellom lakselusnivå i oppdrettsmerdene og den såkalte lakselusinduserte dødeligheten på villfisk er svært kompleks. Det kan tenkes at en bivirkning av høyere fokus på fiskevelferd er lavere fokus på lakselusnivå og dermed vilkårene for de ville laksebestandene. Vi har ikke forsøkt å anslå slike effekter

#### 6.6.4 Det er vanskelig for oppdretter å på forhånd planlegge oppnådd dødelighet

En mer grunnleggende usikkerhetsfaktor handler om hvilke muligheter oppdretter har til å planlegge seg til oppnådd dødelighet i en produksjonssyklus.

Vi har her forutsatt at næringen med presisjon kan planlegge seg til ønsket dødelighet. I praksis er det en urimelig forutsetning. Det er mye usikkerhet i produksjonen, ikke minst fordi det er en rekke forhold man ikke har god kontroll over i biologisk produksjon i kystallmenningen. Den enkelte kan derfor ikke med sikkerhet vite hva slags dødelighet man vil oppnå i produksjonssyklusen.

Når det er sagt, er det likevel sånn at oppdretter kan foreta grep som påvirker *sannsynligheten* for ulike utfall med hensyn til dødelighet. Ved å ta kostnaden med å innarbeide ny kunnskap og etablere bedre driftsrutiner, er det grunn til å tro at dødeligheten i forventning blir lavere. Ved å investere i noen typer ny teknologi som reduserer behovet for håndtering av fisken, kan også dødeligheten i forventning bli lavere.

Selv om det er grunn til å forvente utslag utenfor det mest sannsynlige utfallet i den enkelte produksjonssyklus (i både positiv og negativ retning), er det derfor grunn til å tro at disse utslagene i sum vil jevne seg ut når man vurderer næringen samlet sett. Selv om anslaget kan framtone seg som urealistisk for den enkelte fordi usikkerheten er stor, vil man forvente at næringen i sum treffer med sine vurderinger (hvis sannsynlighetsanslagene er «forventningsrette»).

#### 6.6.5 Oppsummering

I sum må vår modellering anses som et usikkert anslag. Når det er sagt mener vi at anslagene gir et realistisk anslag på effektene størrelsesorden. Modellen danner også et rammeverk for hvordan den samfunnsøkonomiske nytten av et slikt virkemiddel kan beregnes, og viser dynamikken mellom virkemiddelets utforming og hvordan oppdrettsnæringen foretar sine avveininger ved starten av produksjonssyklusen.

### 6.7 Sysselsettingseffekter

Det er grunn til å tro at tiltakene vi har diskutert kan påvirke sysselsettingen i næringen. I samfunnsøkonomisk forstand er økt sysselsetting en kostnad, fordi standardforutsetningen i samfunnsøkonomiske analyser er at økonomien har full sysselsetting. Det betyr at økt sysselsetting i én sektor går på bekostning av sysselsetting i en annen sektor. Sysselsettingseffekter av et tiltak er likevel noe det ofte er knyttet interesse til, spesielt i næringer som har relativt høy tilstedeværelse i kommuner med lavere sentralitet, som oppdrettsnæringen. Det er derfor også relevant å vurdere sysselsettingseffektene av tiltaket.

Tiltakene vi har vurdert vil grovt sett ha to kilder til sysselsettingseffekter. For det første vil behovet for arbeidskraft i næringen følge produksjonskapasiteten. Gitt at det blir vekst vil det alt annet likt være økt behov for sysselsetting, og dersom det blir redusert produksjon vil sysselsettingen falle. Denne effekten kan både føre til økt og redusert sysselsetting. For det andre er det slik at tiltakene oppdretter foretar for å tilpasse seg de nye reguleringsene kan forandre økt sysselsetting. Hvis det eksempelvis blir behov for mer fiskehelsepersonell for å innrette driften sin med et kraftigere fokus på fiskevelferd, vil dette føre til økt sysselsetting. Denne effekten vil derfor trekke sysselsettingen i næringen oppover.

Det er vanskelig å slå fast hvor store disse effektene er, men i det følgende foretar vi noen enkle beregninger basert på dagens sysselsetting og vekstpotensialet innenfor tre sett terskelverdier. Terskelverdiene vi tar utgangspunkt i her er etter innspill fra oppdragsgiver Dyrevernalliansen, og er gjengitt i Tabell 6-3.



Tabell 6-3: Terskelverdier som det anslås sysselsettingseffekter for

	Alternativ 1 – lave terskelverdier	Alternativ 2 – middels terskelverdier	Alternativ 3 – høye terskelverdier
<b>Grønt lys</b>	Under 16%	Under 12%	Under 8%
<b>Gult lys</b>	16-23%	12-19%	8-15%
<b>Rødt lys</b>	Over 23%	Over 19%	Over 15%

Gitt disse settene med terskelverdier, viser Tabell 6-4 hvor mye vekst det vil bli i hvert produksjonsområde basert på dødelighetsnivåene for produksjonssyklusene mellom 2016-2021.

Tabell 6-4: Netto vekst av en trafikkjustering med ulike terskelverdier

Produksjonsområde	Lave terskelverdier	Middels terskelverdier	Høye terskelverdier
<b>1-2</b>	3,3 %	1,8 %	-0,6 %
<b>3</b>	1,3 %	-0,3 %	-2,0 %
<b>4</b>	0,4 %	-1,3 %	-2,9 %
<b>5</b>	3,5 %	2,5 %	-0,1 %
<b>6</b>	4,0 %	2,5 %	-0,2 %
<b>7</b>	5,6 %	4,9 %	3,5 %
<b>8</b>	5,0 %	4,4 %	3,0 %
<b>9</b>	4,0 %	3,5 %	1,9 %
<b>10</b>	4,4 %	3,5 %	1,2 %
<b>11</b>	4,0 %	3,0 %	0,8 %
<b>12-13</b>	3,9 %	2,8 %	0,7 %
<b>Totalt</b>	3,4 %	2,3 %	0,3 %

For å anslå sysselsettingseffektene ser vi vekstanslagene i sammenheng med sysselsettingsnivåene, og antar at den direkte sysselsettingen endres proporsjonalt med produksjonen.<sup>13</sup> I 2021 var sysselsettingen i akvakulturnæringen omtrent 9 000 årsverk, og en produksjonsøkning på 1 prosent vil med den forutsetningen isolert sett gi en økning i sysselsettingen på 90 årsverk. I tillegg forutsetter vi at tilpasningskostnadene vil være jevnt fordelt over hele landet, ettersom både pisker og gulrotten i insentivvirkemiddelet bør gi alle et kraftig insentiv til å forbedre fiskedødeligheten. Vi anslår på usikkert grunnlag at kostnadene vil gå opp med 10 prosent, og at sysselsettingsandelen vil det dobbelte av snittet i dag, ettersom flere av de identifiserte tiltakene er relativt arbeidsintensive. Lønnskostnadene til oppdrettsnæringen har over flere år vært omtrent 7,5 prosent av de totale produksjonskostnadene i næringen i henhold til Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse, og vi antar da at 15 prosent av kostnadsøkningen vil omsettes til sysselsetting i form av nye årsverk i næringen. Det innebærer i praksis at vi anslår en fast sysselsettingsøkning på 135 årsverk i hele næringen som følge av tiltaket, uavhengig av vekstvurderinger. Tabell 6-5 oppsummerer resultatene av sysselsettingsanslagene våre.

<sup>13</sup> Vi ser her bort fra såkalte ringvirkninger (altså endringer i aktivitet i annet næringsliv som følge av en aktivitetsendring i akvakultursektoren), som også faller utenfor i en samfunnsøkonomisk analyse.

Tabell 6-5: Anslag på sysselsettingseffekter

Produksjons- område	Alternativ 1 - lave terskelverdier			Alternativ 2 - middels terskelverdier			Alternativ 3 - høye terskelverdier		
	TLS- effekt	Til- pasning	Sum	TLS- effekt	Til- pasning	Sum	TLS- effekt	Til- pasning	Sum
<b>1-2</b>	14	10	24	8	10	18	-3	10	7
<b>3</b>	9	14	23	-2	14	13	-13	14	2
<b>4</b>	3	15	18	-9	15	6	-20	15	-5
<b>5</b>	12	8	20	8	8	16	0	8	7
<b>6</b>	36	20	56	23	20	43	-2	20	19
<b>7</b>	23	9	32	20	9	29	14	9	23
<b>8</b>	28	13	40	25	13	37	17	13	29
<b>9</b>	23	13	35	20	13	33	11	13	23
<b>10</b>	19	9	28	15	9	24	5	9	15
<b>11</b>	13	7	20	10	7	17	3	7	10
<b>12-13</b>	28	16	45	21	16	37	5	16	21
<b>Totalt</b>	<b>206</b>	<b>135</b>	<b>341</b>	<b>138</b>	<b>135</b>	<b>273</b>	<b>16</b>	<b>135</b>	<b>151</b>

Tabellen bryter resultatene ned i trafikklyseffekten som følger av kapasitetsjusteringen (TLS-effekt), den faste tilpasningseffekten og summen av disse to for de tre vurderte terskelverdiene. Med de forutsetningene vi har lagt til grunn, anslår vi netto sysselsettingsøkning i alle tre scenariene. Fordi det er vekst i næringen i alle tre scenariene, vil det bli økt sysselsetting i næringen som følge av vekst i alle scenariene. Tilpasningseffekten trekker som nevnt opp sysselsettingen med 135 årsverk i alle scenariene. Nettoeffekten blir økt sysselsetting på mellom 150-340 årsverk, avhengig av om man legger til grunn lave terskelverdier som realiserer mye vekst, eller høye terskelverdier som i praksis ikke gir stor nettovækst. Regionalt er bildet mer nyansert, fordi det ligger an til mye vekst i noen produksjonsområder, men også reduksjon i noen områder. Produksjonsområdene 3 og 4 sliter mer med høy dødelighet og vil i henhold til disse anslagene få lavere sysselsettingsøkning fordi produksjonen faller.

Sett over tid vil de to effektene virke litt ulikt og er ikke direkte sammenlignbare:

- Sysselsettingseffekten vi knytter til TLS-effekten, vil i prinsippet oppstå for hver fargelegging. På grunn av renters rente-effekter vil da veksten bli større over tid, gitt at man opprettholder veksten over tid. På kort sikt vil imidlertid denne effekten tilsvare anslagsvis 15-200 årsverk per fargelegging, gitt disse terskelverdiene. Hvis produksjonssyklusene har en gjennomsnittlig varighet på halvannet år, vil dette gi en årlig sysselsettingsvekst på omtrent 10-130 årsverk.
- Den faste tilpasningseffekten er i utgangspunktet en engangsvirkning, men den vil også vokse proporsjonalt med at produksjonen i næringen vokser. Poenget er at man gjør produksjonen vedvarende mer kostnadskrevene og noe mer arbeidsintensiv (gitt forutsetningene vi har lagt til grunn).

Det er viktig å presisere at dette er en nok så grov og statisk beregningsmetode. Det er også grunn til å tro at dødelighetstallene, gitt oppdretters tilpasninger til virkemiddelet, vil være lavere enn det vi finner fra de bakoverskuende resultatene våre. I så fall vil nettovæksten, og dermed også sysselsettingseffektene, være høyere enn vi har anslått i denne tabellen.

## 6.8 Kontroll

Det er viktig å kunne kontrollere den faktiske dødeligheten på lokaliteten om et virkemiddel skal ha den ønskede effekten. Hvis ikke kan oppdretter unndra seg et nedtrekk/oppnå vekst med lavere dødelighet enn man reelt sett har oppnådd gjennom uriktig rapportering. Det foregår en rivende utvikling innen kontroll- og overvåkningssystemer i oppdrettsnæringen, hvor kameraer i merdene i sjøen blir stadig bedre og enklere å inkorporere i driften. Samtidig er foreløpig de gjeldende systemene for kontroll basert på egenrapportering til Fiskeridirektoratet. Et viktig spørsmål er om man kan tilpasse seg bort fra virkemiddelet ved feilaktig registrering. Etter vår vurdering er allerede i dag dødelighet sannsynligvis en indikator det vil være relativt vanskelig å tilpasse seg bort fra. Boksen under redegjør nærmere for dette.

## Tekstboks: Om registrering og kontroll av dødelighet

Ved innføring av virkemidler som utgjør en økonomisk byrde eller en subsidie, skapes et insentiv til å vri seg vekk fra virkemiddelet. Dette kan være ved å drive lovlydig og tilpasse seg på en (uten virkemiddelet) mer kostnadskreven måte, men det kan også være ved å bryte regelverket/feilrapportere den regulerte aktiviteten. Et viktig poeng i diskusjonen av økonomiske virkemidler er derfor om og hvordan man kan kontrollere det man ønsker å regulere.

Når det gjelder fiskedødelighet, vil oppdretter normalt selv ha svært god oversikt over hvor mange fisk som dør i løpet av produksjonen, først og fremst fordi dette er noe som samles inn og telles gjennom produksjonen og fordi oppdretter har sterke økonomiske insentiver til å ha kontroll over egen beholdning av fisk. Det kan riktignok være usikkerheter, for eksempel hvis tellesystemene svikter eller uregistrert frafall ved flytting av fisk, men som hovedregel vil oppdretter ha en temmelig presis oversikt over egen beholdning av fisk. Det er imidlertid vanskelig for regulerende myndighet å ha den samme oversikten, og man må gå via andre kilder for å få verifisert om antallet døde fisk er korrekt.

For å ha kontroll over dødeligheten, kan myndighetene alternativt finne dette ved å kartlegge hvor mange fisk som settes ut og hvor mange som står igjen ved utslakt, fratrukket eventuelle rømminger. Den ukjente her er antallet døde fisk, og ved å samle inn informasjon om de andre tre variablene kan man komme fram til om antallet døde fisk er i tråd med det innrapporterte antallet:

$$\text{Antall døde fisk} = \text{Antall utsatt fisk} - \text{antall rømt fisk} - \text{antall slaktet fisk}$$

Fordi man med temmelig god presisjon (anslagsvis +/- 1 % på antall individ) kan finne ut hvor mange fisk som settes ut (via settefiskprodusent), og med svært høy presisjon vet hvor mange fisk som slaktes ut (via slakteriet), har man i utgangspunktet veldig god kontroll på hvor mange fisk som settes ut og hvor mange som ender opp hos slakteriet. Da blir utfordringen å kartlegge antallet rømminger. Å tallfeste antallet rømminger er en krevende øvelse for både myndigheter, men også oppdretter (i alle fall før utslakting). Oppdretter er imidlertid pålagt å rapportere om og iverksette kostnadskreven tiltak ved rømming. Det blir videre ofte en del medieoppmerksomhet ved slike rømminger, som kan betraktes som en kostnad for oppdretter. Det er derfor grunn til å tro at det i utgangspunktet er lite attraktivt for oppdretter å underrapportere dødelighet ved å melde fra om større rømminger, og i sum er det rimelig å anta at man i kontrolløyemed kan anslå antallet døde fisk ved å løse formelen over.

Mange oppdrettere er imidlertid fullintegrerte og produserer egen settefisk samt har egne slakterier. Disse vil ha et større handlingsrom for å tilpasse seg bort fra reguleringsvirkemiddelet, enten ved å rapportere om lavere leveranser av settefisk og/eller ved å overrapportere antallet utslaktet fisk. Fordi oppdrettere fra 2021 er pålagt en produksjonsavgift på fisken, er det grunn til å tro at de vil være forsiktige med å trikse med rapporteringen på produksjon av fisk. Ved å passe på at rapporteringen på utsett av settefisk må gjøres fortløpende, så ikke tallet for utsett kan tilpasses i etterkant på grunn av høy dødelighet, kan denne utfordringen begrenses. Ettersom settefiskprodusentene også leverer settefisk til andre uavhengige aktører, kan det også gi myndighetene grunnlag for å undersøke rapporteringen av antallet settefisk ved store dødelighetsavvik mellom oppdrettere. Da kan myndighetene også kvalitetssikre opp mot andre informasjonskilder, for eksempel ved å henvende seg til ensilasjefartøy som samler inn død fisk til destruering. Selv om disse neppe vil ha et anslag på individnivå, vil de vite vekten til fisken som er samlet inn. Ved å sammenligne med fiskens snittvekt på leveransetidspunktet, kan myndighetene her kontrollere

I sum er det grunn til å tro at det i praksis er vanskelig for oppdretter å vri seg bort fra virkemiddelet ved å rapportere galt. Fordi man ikke har nøyaktig målepresisjon, kan det likevel være relevant å legge inn et slingringsmonn for å veie opp for usikkerhet i tellingen. Det er også verdt å nevne at det foregår teknologiske framskritt om teknologi for telling av fisk. Ved teknologisk modenhet kan det være aktuelt å innføre krav om slikt utstyr, så man får styrket notoritet om dødelighetstall.

## 6.9 Regulatoriske utfordringer ved implementering?

Et spørsmål vi ikke har dykket nærmere inn i er hvordan reguleringene konkret bør utformes hvis de vurderte virkemidlene skal implementeres. Det kan oppstå noen spørsmål det må tas stilling til før forslaget kan implementeres. Dette gjelder spesielt for justeringer basert på trafikklys-prinsippet, som påvirker de tekniske havbruksreguleringene i større grad enn en eventuell avgift. Det handler blant annet om:

### Hvordan skal vekst tildeles og hvordan skal reduksjon gjennomføres?

Etter at trafikklyssystemet ble innført, har alle kommersielle konsesjoner en tilhørighet i et produksjonsområde. Men tillatelser tildelt i ett produksjonsområde, kan som hovedregel også benyttes til produksjon i et annet område.

En regel kan være at de tillatelsene som har inngått i produksjonssyklusen får en proporsjonal opp- eller nedjustering basert på hvor mange tillatelser som har inngått i produksjonssyklusen. Dersom det skal gis «rødt lys» for en produksjonssyklus hvor 5 forskjellige tillatelser har inngått i biomassetaket, kan hver av disse tillatelsene gis en reduksjon på  $6\% \cdot (1/5)$ . Hvis 3 av de samme tillatelsene samtidig har inngått i andre produksjonssykluser som skal justeres oppover, kan den samlede justeringen eksempelvis vektet basert også på produksjonsvolumet på de ulike lokalitetene. Det kan også være relevant å vurdere en tidsvektet justering, dvs. at tillatelsene bare oppnår nedtrekk/vekst basert på de månedene i produksjonssyklusen hvor de faktisk har vært i bruk, for å motvirke tilpasninger.

### Hvilke konsesjoner skal omfattes?

Om lag 85 prosent av all produksjonskapasitet på tillatelsesnivå i næringen, *tillatelses-MTBen*, er kommersiell. I tillegg har man 15 prosent såkalte særtillatelser, som omfatter FoU-tillatelser, utviklingstillatelser, undervisningstillatelser, med mer. Disse gir også rett til å produsere en betydelig mengde fisk, men er tildelt med andre mål enn mest mulig lønnsom produksjon.

Det er både et prinsipielt og et praktisk spørsmål om disse tillatelsene bør omfattes av disse regimene. Fordi de andre tillatelsene har andre formål enn mest mulig kommersielt lønnsom produksjon, kan det argumenteres for at det både er mer naturlig og praktisk enklere å isolere virkemiddelet til å gjelde fisk produsert med disse tillatelsene. Da unngår man også å justere kapasiteten på tillatelser som er tildelt til andre formål enn størst mulig overskudd til de som disponerer tillatelsene.

Det vil naturligvis også oppstå andre regulatoriske og administrative spørsmål i en implementeringsprosess som vi ikke har tatt stilling til her. Det er gjerne vanskelig å overskue de denne typer spørsmål tidlig i en utredningsprosess. Det er imidlertid vår klare oppfatning at disse problemstillingene ikke er u håndterlige.

## 6.10 Utforming av et avgiftsvirkemiddel

Som vi pekte på i kapittel 5.3.3 er et avgiftsvirkemiddel et alternativ til en trafikklysmoell. Her drøfter vi overordnet hvordan en avgift kan utformes hvis det skal gi en tilsvarende insentivvirkning som trafikklysvirkemiddelet.

Forutsatt at en avgift er satt riktig, altså at den både er målrettet med tanke på det faktiske problemet man ønsker å løse, og at avgiftssatsen er satt i samsvar med eksternaliteten, vil avgifter gi sterke insentiver til kostnadseffektive tilpasninger. Poenget er at avgiften vil gjøre at oppdretter står overfor de reelle samfunnsøkonomiske kostnadene når driftsbeslutningene skal tas, og ikke bare de bedriftsøkonomiske

kostnadene, ref. Figur 5-1. Teknologi- eller driftsvalg som er samfunnsøkonomisk lønnsomme og som framstår som ulønnsomme uten avgift, vil kunne bli det bedriftsøkonomisk mest lønnsomme valget med avgiften. Avgifter har altså svært fordelaktige egenskaper når det kommer til kostnadseffektivitet, men det er viktig at man treffer godt med utformingen av avgiften. En avgift som er satt helt perfekt vil i praksis være urealistisk, men en tilstrekkelig godt utformet avgift vil langt på vei gi de samme gode effektene som en teoretisk riktig avgift

Dette er en administrativt sett enklere modell som vil fungere mer målrettet, fordi det er en klarere og enklere sammenheng mellom virkemiddelet (avgift på fiskedødelighet) og målet (reduert fiskedødelighet). En annen fordel med avgiften er at den kan innrettes uten terskeeffekter, hvis det er ønskelig. Med trafikklysvirkemiddelet har ikke oppdretter insentiver til å oppdrive en lavere dødelighet enn den grønne terskelverdien, mens med en avgift trenger ikke dette å være tilfellet. På den andre siden er det et virkemiddel som ikke har noen gulrot (positivt insentiv), kun en pisk. Hvis man ønsker seg et virkemiddel med vekstmuligheter, er avgifter uegnet. Det er likevel verdt å diskutere hvordan et avgiftsvirkemiddel kan innrettes for å oppnå en tilsvarende effekt som trafikklysvirkemiddelet vi har vurdert.

### **Hvor stor bør avgiftssatsen være?**

Avgiftssatsen bør i utgangspunktet settes slik at samfunnets betalingsvillighet for redusert dødelighet på marginen er lik de samfunnsøkonomiske kostnadene med å redusere dødeligheten (som først og fremst knytter seg til tapte verdiskaping). Dette er det teoretiske utgangspunktet for en pigou-avgift.

I praksis betyr dette at avgiften bør settes basert på samfunnets samlede betalingsvilje for den reduserte dødeligheten og verdiskapingstapet som tiltakskostnaden medfører. I kapittel 6.1 anslår vi at betalingsvilligheten for redusert fiskedødelighet er 95 kroner per prosentpoeng redusert dødelighet per tonn produsert fisk.<sup>14</sup> Netto tiltakskostnad (uten å regne inn muligheter for vekst, som ikke er en del av avgiftsvirkemiddelet), er anslagsvis 107 kroner per prosentpoeng redusert dødelighet per tonn produsert fisk. Det innebærer at oppdretters kostnader av å tilpasse seg er marginalt høyere enn betalingsviljen for å få redusert dødelighet.

Hvis disse tallene er riktige, vil det faktisk være nødvendig med en negativ avgift (subsidie) for å realisere den riktige tilpasningen. Her må vi igjen trekke fram usikkerheten i anslagene vi har brukt i beregningene i kapittel 6.1. Det er ikke minst viktig å påpeke at kostnaden neppe er konstant. Det er en meny av tiltak tilgjengelig som kan redusere dødeligheten, og noen er billigere enn andre. Det er derfor grunn til å tro at de første prosentpoengene med redusert dødelighet er rimeligere å oppnå enn de siste. Også med en avgiftssats som er lavere enn et anslått normalnivå på tiltakskostnader, er det all grunn til å tro at man vil realisere tilpasningsvirkninger med redusert fiskedødelighet som resultat.

---

<sup>14</sup> Dette er en forenkling hvor vi regner betalingsvilligheten ut fra fiskevekten, men det mest rimelige er nok å anta at det er en betalingsvillighet per individ.

## 7 Oppsummering

### **Fiskedødelighet er en stor utfordring som bør reguleres mer omfattende**

For oppdrettsnæringen er høy fiskedødelighet en stor økonomisk utfordring. På toppen av dette er høy fiskedødelighet en samfunnsutfordring, fordi det den høye fiskedødeligheten gir et tap for samfunnet utover verdiskapingstapet som selskapene står overfor. Samfunnet har betalingsvilje for å få bedret velferden, og dermed også for å få redusert dødeligheten. Dette er en effekt som ikke internaliseres i tilstrekkelig grad av oppdretterne, og rettferdiggjør offentlig inngripen gjennom særskilte reguleringer.

En død fisk er tapt salgssinntekt, og man kan spørre seg om oppdrettere trenger økte insentiver til å redusere dødeligheten. Fra et samfunnsøkonomisk ståsted er det likevel argumenter for at man bør ta i bruk ytterligere virkemidler for å redusere dødeligheten. Befolkningen har en viss betalingsvilje for å bedre fiskens velferd, og denne vil i liten grad være reflektert i markedsprisen på fisken. Når en fisk dør taper oppdretter salgssinntekter, men det tapet vil alene ikke reflektere samfunnets tap så lenge husholdningene har en betalingsvillighet for redusert dødelighet som overstiger oppdretters tapte inntekt.

En rasjonell oppdretter vil tilpasse seg slik at fiskedødeligheten på marginen koster like mye som det et nytt tiltak som ville redusert dødeligheten hadde kostet. Oppdretter planlegger med andre ord sin drift med en forventning om dødelighet på et visst nivå. Når oppdretter ikke tar høyde for samfunnets samlede betalingsvilje for redusert dødelighet, vil tilpasningen være dødelighet på et høyere nivå enn det samfunnsøkonomisk optimale. Dersom oppdretter skal internalisere samfunnets samlede betalingsvilje for redusert dødelighet, trengs det et offentlig virkemiddel.

### **Dødelighet er ikke en perfekt indikator for velferd og helse, men det er sannsynligvis den mest egnede parameteren for regulering**

I rapporten har vi også drøftet relevansen av fiskedødelighet som en indikator for dårlig fiskevelferd og -helse. Det er dårlig fiskevelferd og -helse som er det overordnede problemet man ønsker å redusere, men det kan være komplisert å etablere en objektiv og lett målbar indikator som også er egnet som reguleringsvirkemiddel. Fiskedødelighet er en alternativ indikator som indirekte kan si noe om fiskevelferd og -helse.

Fiskedødelighet er i én forstand en dårlig indikator på helse og velferd, ettersom det er den ytterste konsekvens av at forholdene for fisken har vært for dårlige. Den fanger opp de mest ekstreme utslagene av dårlig helse og velferd. Mindre ekstreme utslag blir ikke nødvendigvis fanget opp.

Vi argumenterer likevel for at dødelighet er en viktig helse- og velferdsindikator å ta med i et reguleringsystem. Dødelighet er et objektivt mål på dårlig fiskehelse og -velferd. Det er det ultimate bevis på at noe har gått galt og det er tydelig at man må finne årsaken og foreta endringer. Dødelighet som indikator er forholdsvis enkelt å måle, og ser man bort fra årsakene til dødelighet er det mulig å bruke dødelighet i sammenligning med andre oppdrettere da det er et endepunkt. Dødelighet er også en indikator som kan forstås av alle interessenter og er dermed egnet i en reguleringsplan som skal kommuniseres bredt. Også i produksjon av andre husdyr er dødelighet fortsatt en relevant indikator på dyrevelferd og -helse.

Det er god grunn til å tro at høy dødelighet er korrelert med dårlig velferd og helse statistisk sett, selv om det både finnes eksempler på høy dødelighet uten at det oppstår etter en periode med dårlig velferd/helse og også på dårlig velferd og helse uten dødelighet.

Selv om indikatoren ikke fanger opp alt, er det grunn til å tro at tiltak som reduserer dødeligheten i sum også vil føre til bedret velferd og helse. Et avgjørende poeng er at dødelighet kun er en svak indikator for fiskens velferd dersom fiskens velferd i stor grad preges av forhold som ikke korrelerer med økt dødelighet. Så lenge det er en tydelig korrelasjon mellom velferdsegenskaper og dødelighet, så er det tilstrekkelig for at dødelighet er en god indikator for fiskevelferd. Det er strengt tatt ikke en gang nødvendig med en kausal sammenheng mellom disse, så lenge korrelasjonen er til stede. Dette er veldig viktig og gir gode grunner til å velge dødelighet som indikator. Etter vår vurdering er dødelighet ikke en perfekt indikator for velferd og helse, men det er sannsynligvis den mest egnede vi har til å utforme et reguleringsvirkemiddel rundt i dag.

### **Statistisk analyse av drivere for dødelighet.**

Det er kjent at fiskedødelighet har et geografisk preg, og at behov for avlusing, forekomst av sykdommer og annet er med på å øke dødeligheten. Det er imidlertid gjort mindre arbeid for å tallfeste effektene samtidig. Vi har vært opptatt av at dødeligheten styres av flere faktorer som må studeres i sammenheng.

Vi har derfor benyttet et rikt og så langt lite analysert datamateriale som gir detaljert innsikt i fiskens tilstand i merdene, fra utsett i sjøen til slakt – en produksjonssyklus – over en ti år lang periode. Vi observerer bruk av mekanisk og medikamentell behandling av fisken, vi har registrert størrelsen på smolt ved utsett, og vi har registrert mistanke om og forekomst av fiskesykdommene pankreassykdom (PD) og infeksjøs lakseanemi (ILA). Vi kan også ta høyde for sentrale kjennetegn ved produksjonsanleggene, i form av geografisk lokalisering og avstand til de nærmeste produksjonsanleggene. Sist, men ikke minst har vi informasjon om produksjonsselskapets størrelse.

Denne «kontrollerte» samvariasjonen kan fortelle oss noe om hvilke forhold som synes å særlig forklare dødelighetsratene i produksjonssyklusene. Datamaterialet tillater ikke å konkludere sterkt med tanke på kausalitet, ettersom vi ikke har strenge eksperimentelle kontroller, men til en viss grad kan man hevde at oppdrett i norske merder er såpass standardisert at betydelige variasjoner i håndtering av fisken kan ses på som en semikontrollert behandling («treatment»).

Den økonometriske modellen peker tydelig på flere forhold som er forbundet med dødelighet. Omfanget av mekanisk avlusing, sykdommene PD og ILA og størrelsen på utsettet (antall fisk) øker sannsynligheten for dødelighet. Vi ser også at de større aktørene ser ut til å ha noe lavere dødelighet enn de mindre. Å ha god avstand til andre produksjonsanlegg ser også ut til å redusere dødeligheten, og vi ser også at produksjonssyklusene som er forbundet med søknader om såkalt «unntaksvekst» har lavere dødelighet.

### **Tiltak oppdretter kan gjennomføre for å redusere dødeligheten**

Vi har identifisert flere aktuelle tiltak oppdretter kan utføre for å få ned dødeligheten.

Det er mye som tyder på at det er gevinster å hente innen dødelighet ved å i større grad **følge beste praksis på god fiskevelferd og -helse**. Det fordrer satsing fra selskapet i form av bevissthet hos røktere og fiskehelsepersonell, og kan fordre noen læringskostnader (kursing, etterutdanning mm.). Til en viss grad kan det også innebære investeringer i nødvendige interne kontroll- og rapporteringssystemer. Dette er ikke et enkelttiltak, men handler om en helhetlig tilnærming til redusert fiskedødelighet i alle ledd av driftsfasen. Hvis det å følge beste praksis kan gi en stor gevinst i form av redusert fiskedødelighet, er det fullt mulig å se for seg at dette tiltaket er privatøkonomisk lønnsomt, særlig for aktører som sliter mer med høy dødelighet og som kan ha mer å tjene på å gjøre dette.



De aller fleste kildene vi benytter i denne analysen peker i retning av at behandlinger av fisken er drivende for fiskedødeligheten. Så lenge behandling av fisken er en såpass sentral kilde til fiskedødelighet, er det grunn til å tro at det er mye å hente på å lykkes med **mer skånsom behandling av fisken**.

Ideelt sett bør man ha et minst mulig behov for å behandle fisken og å begrense dens eksponering for smitte. Det fordrer at man driver forebyggende. Dette kan oppnås gjennom **økt bruk av forebyggende teknologier**, som f.eks. luseskjørt på strategisk valgte tidspunkt. Det er viktig at bruk av slik teknologi kombineres med riktig drift. For luseskjørt handler dette blant annet om å påse nok tilførsel av oksygen.

Vi har også identifisert andre tiltak som kan være aktuelle å vurdere for den enkelte. Både alternative avlusingsmetoder (f.eks. utvikling av nye medikamentelle behandlinger, økt bruk av luselaser) og nye produksjonsmetoder (semi-lukkede anlegg, nedsenkbare merder) er tiltak som er relevante å se nærmere på.

Vi har ikke grunnlag for å slå fast hva den enkelte vil utføre, men det er grunn til å tro at oppdrettere har alternativer som de kan gripe etter i møte med endrede reguleringer. Noen av disse tiltakene vil være mer kostnadskrevende enn andre, og næringen bør gripe etter de mest kostnadseffektive tiltakene først.

### **Virkemidler som kan redusere fiskedødeligheten**

Vi har **drøftet to offentlige virkemidler** som kan benyttes til å redusere dødeligheten; «trafikklys» på hver produksjonssyklus og avgift på fiskedødelighet. Vi er ikke kjent med at trafikklysregulering av fiskedødelighet er utredet tidligere, og har derfor viet særlig oppmerksomhet til dette virkemiddelet i analysen.

Trafikklysvirkemiddelet fungerer enkelt sagt slik at fiskedødeligheten vurderes opp mot noen forhåndsdefinerte terskeler ved avsluttet produksjonssyklus. Dersom dødeligheten er lav nok, får oppdretter tilbud om vekst på 6 prosent. Er dødeligheten for høy, må produksjonen trekkes ned. Et viktig poeng er at virkemiddelet knyttes til den enkelte oppdretter. Å videreutvikle det eksisterende trafikklyssystemet med en ny indikator, vil være svært lite målrettet og etter vår vurdering et uegnet virkemiddel.

Ved å innarbeide innsikter fra den statistiske analysen og kartleggingen av aktuelle tiltak, finner vi at et trafikklysvirkemiddel vil gi oppdrettere med høy dødelighet insentiver til å redusere dødeligheten. Muligheten for vekst og trusselen om nedtrekk gir i kombinasjon et kraftig signal til oppdrettene. Den samlede effekten av tiltaket er usikkert, men innenfor de terskelverdiene vi har vurdert vil det realiseres betydelig vekst i produksjonen når vi ser opp mot den gjennomsnittlige dødeligheten i næringen i perioden 2016-2021.

### **Avsluttende kommentar**

I dette arbeidet har vi hatt som mål å kartlegge effektene av noen konkrete regulatoriske virkemidler for redusert fiskedødelighet. Det finnes imidlertid også andre aktuelle regulatoriske grep som kan være relevante som vi ikke har gått i dybden på i analysen.

Blant tiltakene som har blitt drøftet av informantene våre, er ulike **områdebaserte tiltak** noe som løftes ofte. Dette kan dreie seg om alt fra koordinering av utsett til endring av lokalitetsplasseringer. Også den økonometriske modellen peker i retning av at en endret lokalitetsstruktur kan gi redusert fiskedødelighet. Det er derfor interessant å vurdere virkemidler for å lykkes med bedret biosikkerhet i produksjonsområdene. En sentral utfordring her er at det er vesentlige koordineringsutfordringer for å lykkes med dette. Det gjelder spesielt for endringer i lokalitetsstrukturen, hvor det både vil være utfordrende å koordinere mellom næringsaktører, men også hvor ulike offentlige myndigheter kan ha ulike interesser og oppfatninger om hva som er en mest mulig hensiktsmessig lokalitetsstruktur.

Mer grunnleggende kan det være grunn til å **vurdere effekten av de gjeldende lusereguleringene** i et mer helhetlig perspektiv. Det er tydelig at det kraftige fokuset på lusenivåer er en driver for de høye dødelighetstallene. Denne målkonflikten framstår ikke som et resultat av en nøye overveid beslutningsprosess, og vi tror det bør vurderes om reguleringene er godt nok innrettet til å ivareta flere hensyn. Et sentralt spørsmål er om det går an å tilpasse lusereguleringene på en måte som gir lavere fiskedødelighet uten å føre til for stor økning i belastningen på de ville laksebestandene. Blant annet kan man vurdere å benytte seg av et større innslag av variable lusegrenser som reduserer behovet for behandlinger. Kan de variere mer gjennom året? Kan de variere mer geografisk?

Et annet spørsmål er om man bør vurdere **endringer i tillatelsessystemet**. Det er ikke sikkert at dagens konsesjonsregime med maksimalt tillatt biomasse er hensiktsmessig når man har perspektiv på fiskehelse og -velferd. MTB-regimet gir i praksis oppdretter en form for forsikring ved fiskedødelighet. Når fisk dør på en lokalitet, kan oppdretter samtidig øke utsettet av ny fisk på andre lokaliteter og la annen fisk man har stående vokse seg større. Dette begrenser oppdretters tap ved høy dødelighet. Et aktuelt alternativ kan eksempelvis være å gå over fra MTB til regulering av antall fisk som settes ut per konsesjon. Da blir tapet av en fisk større for oppdretter, fordi det ikke kan motsvares med økte utsett i den andre enden. Det gir i neste rekke forsterkede insentiver til å redusere dødeligheten.

## Referanseliste

- Ankamah-Yeboah I., Jacobsen J. B., Olsen S. B., Nielsen M., Nielsen R. (2019). The Impact of Animal Welfare and Environmental Information on the Choice of Organic Fish: An Empirical Investigation of German Trout Consumers. *Marine Resource Economics*, volume 34, nr 3.
- Brooker A.J., Papadopoulou A., Gutierrez C., Rey S., Davie A., Migaud H (2018). Sustainable production and use of cleaner fish for the biological control of sea lice: recent advances and current challenges. *Veterinary Record* 183, 383-394, doi.org/10.1136/vr.104966
- Broom, D. M. (1986). Indicators of poor welfare. *British veterinary journal*, 142(6), 524-526.
- Brun, E., Poppe, T., Skrudland, A., & Jarp, J. (2003). Cardiomyopathy syndrome in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*: occurrence and direct financial losses for Norwegian aquaculture. *Diseases of Aquatic Organisms*, 56(3), 241-247.
- Ellis T., Berrill I., Lines J., Turnbull J.F., Knowles T.G (2012). Mortality and fish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry* 38, 189-199, DOI 10.1007/s10695-011-9547-3
- Erkinharju T., Dalmo R.A., Hansen M., Seternes T (2021). Cleaner fish in aquaculture: review on diseases and vaccination. *Reviews in Aquaculture* 13, 189-237, doi: 10.1111/raq.12470
- Espmark Å.M., Humborstad O.B., Midling K.Ø. (2012). Pumping av torsk og laks, faktorer som påvirker velferd og kvalitet. Nofimarapport nr 6/2012.
- Espmark Å. M., Kolarevic J, Hansen ØA, Nilsson J. (2015). Pumping og håndtering av smolt. Nofimarapport nr. 6/2015.
- Espmark Å.M., Noble, C., Kolarevic, J., Berge, G.M., Aas, G.H., Iversen, M.H., Wergeland, H., Johansen, L-H., Burgerhout, E., Gjerde, B., Lein, I. (2019). Velferd hos rensefisk – operative velferdsindikatorer. Nofima-rapport 16/2020 (Revidert utgave av rapport 12/2019).
- Fiskehelse rapporten 2020. Rapport 41a/2021, Veterinærinstituttet.
- Fiskehelse rapporten 2021. Rapport 2a/2022, Veterinærinstituttet.
- Fjelldal P.G., Hansen T.J., Karlsten Ø (2020). Effects of laboratory salmon louse infection on osmoregulation, growth and survival in Atlantic salmon. *Conservation Physiology* 8, DOI: 10.1093/conphys/coaa023
- Frisk, M., Høyland, M., Zhang, L., Vindas, M. A., Øverli, Ø., & Johansen, I. B. (2020). Intensive smolt production is associated with deviating cardiac morphology in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 529, 735615.
- Grimsrud K. M., Nielsen H. M., Navrud S. og Olesen I. (2013). Households' willingness-to-pay for improved fish welfare in breeding programs for farmed Atlantic salmon. *Aquaculture* 372-375 (2013) 19-27.
- Groff J.M (2001). Cutaneous Biology and Diseases of Fish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 4, 321-411, doi.org/10.1016/S1094-9194(17)30037-3
- Grünfeld L. A., Lie C.M., Basso M. N., Grønvik O., Iversen A., Espmark Å. M. O., Jørgensen M. R., Evaluering av utviklingstillatelser for havbruksnæringen og vurdering av alternative ordninger for fremtiden (2021). *Menon Economics* 150/2021

Grønvik O. M., Grünfeld L. A., Havbruk: Nye virkemidler for vern av miljø, bedre fiskevelferd og økt verdiskaping (2021). Menon Economics 79/2021.

Grønvik O. M., Kostnaden av lukket oppdrettsteknologi (2022). Menon-notat 22.04.2022.

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

Havbruksstrategien - Et hav av muligheter. Strategi fra regjeringen. Nærings- og fiskeridepartementet, 2021.

Jensen B.B., Qviller L., Toft, N (2019). Spatio-temporal variations in mortality during the seawater production phase of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. Fish Diseases 43, 445–457, DOI: 10.1111/jfd.13142

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). Nofima-rapport 10/2017.

Karlsen, C., Ytteborg E., Timmerhaus G., Høst V., Handeland S., Jørgensen S.M., Krasnov A. (2018). Atlantic salmon skin barrier functions gradually enhance after seawater transfer. Scientific Reports 18:9510 | DOI:10.1038/s41598-018-27818-y

Krasnov A., Afanasyev S., Nylund S., Rebl A (2020). Multigene Expression Assay for Assessment of the Immune Status of Atlantic Salmon. Genes 11, , 1236; doi:10.3390/genes11111236

Lazado C.C., Stiller K.T., Shahzad K., Reiten B.K.M., Marchenko Y., Gerwins J., Radonjic F.S., Eckel B., Berge A., and Espmark Å. (2022). Health and Welfare of Atlantic Salmon in FishGLOBE V5 – a Novel Closed Containment System at Sea. Front. Anim. Sci. 3:871433.doi: 10.3389/fanim.2022.871433

Lie A., Tjora M., Lindhjem H., Navrud S., Aanesen M. og Kipperberg G. (2021). Kostnader og nytte ved miljøtiltak i norsk lakseoppdrett. Samfunnsøkonomen nr. 6 2021.

Lund M., Grip J., Pettersen J. (2022). *Avklaring av dødelighetsårsaker og effekten på fiskevelferd i forbindelse med termiske metoder*. Norsk fiskeoppdrett nr. 4-2022. s 68-76. Artikkel skrevet med utgangspunkt i FHF-prosjekt nr. 901649.

Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 – Velferd hos rensefisk. Mattilsynet, 2020.

Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 – Velferd hos rensefisk. *Må få kontroll på rensefisken*. Pressemelding fra Mattilsynet 24.02.2020, hentet fra NTB. <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/ma-fa-kontroll-pa-rensefisken?publisherId=10773547&releasId=17880142>

Nilsen A, Nielsen KV, Biering E, Bergheim A. (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. Aquaculture 466, 41-50

Nilsson J, Gismervik K, Nielsen K.V, Iversen M.H, Noble C, Kolarevic J, Frotjold H, Nilsen K, Wilkinson E, Klakegg B, Hauge, H.S, Sæther P.A, Kristiansen T.S, Stien L.H (2022). Laksvel - Standardisert operasjonell velferdsovervåking for laks i matfiskanlegg. Rapport fra havforskningen, nr. 2022-14

Noble C., Nilsson J., Stien LH., Iversen MH., Kolarevic J., Gismervik K. (2018) (Eds). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere velferd 312 pp.

Oliveira V.H.S., Dean K.R., Qviller L., Kirkeby C., Jensen B.B (2021). Factors associated with baseline mortality in Norwegian Atlantic salmon farming. *Scientific reports* 11:14702, doi.org/10.1038/s41598-021-93874-6

Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D.W., Bui, S., & Stien, L.H. (2017). Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Management Science*. doi:10.1002/ps.4560

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, 1398-1417, doi: 10.1111/raq.12299.

Overton K., Barrett L. T., Oppedal F., Kristiansen T. S., Dempster T. (2020). Sea lice removal by cleaner fish in salmon aquaculture: a review of the evidence base. *Aquaculture environment interactions*. <https://doi.org/10.3354/aei00345>

Halvorsen K. T., Skiftesvik A. B., Durif C., Faust E., Wennhage H., André C., Rønfdelt J. L., Møller P. R., Carl H., Jørgensen T., Quintela M., Sandelund N., Stien L. H., Nedreaas K., Jansson E., Stockhausen H. H., Korsnes K., Reynolds P., Imsland A., Fyllingen I., Bysheim H., Henly L., Mortensen S. (2021). Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture. *Nordisk ministerråd - TemaNord* 2021:545.

Regjeringen. (2020). *Regjeringen skrur på trafikklyset i havbruksnæringen*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-skrur-pa-trafikklyset-i-havbruksnaringen/id2688939/>

Rosendal G. K., Olesen I. (2022). Overcoming barriers to breeding for increased lice resistance in farmed Atlantic salmon: A case study from Norway, *Aquaculture*, Volume 548, Part 1, 2022, doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737574.

Santurtun E., Broom D.M, Phillips C.J.C (2018). A review of factors affecting the welfare of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Animal Welfare* 27, 193-204. doi.org/10.7120/09627286.27.3.193

Stien, Lars H., Nilsson, Jonatan, Hevrøy, Ernst M., Oppedal, Frode, Kristiansen, Tore S., Lien, Andreas M., & Folkedal, Ole. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering*, 51, 21-25. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.06.002

Stien L.H., Bracke M.B.M., Folkedal O., Nilsson J., Oppedal F., Torgersen T., Kittilsen S., Midtlyng P.J., Vindas M.A., Øverli Ø., Kristiansen T.S (2013). Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture* 5, 33-57, doi: 10.1111/j.1753-5131.2012.01083.x

Stien L.H., Dempster T., Bui S., Glaropoulos A., Fosseidengen J.-E., Wright D.W., & Oppedal F. (2016). 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, 458, 29 – 37. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.02.014

Stien L.H., Størkersen K.V. , Gåsnes S.K. (2020). Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk. Havforskningsinstituttet, Rapport fra havforkningen, Rapport 2020-6

Walde C.S., Jensen B.B., Pettersen J.M., Stormoen M (2020). Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*salmo salar*) in Norway. *Fish Disease* 44, 899–912, DOI: 10.1111/jfd.13348.

Ytrestøl T., Hjelle E., Kolarevic J., Takle H., Rebl A., Afanasyev S., Krasnov A., Brunsvik P., Terjesen B.F. (2022). Photoperiod in recirculation aquaculture systems and timing of seawater transfer affect seawater growth performance of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of World Aquaculture Society* 1-23, DOI: 10.1111/jwas.12880

## Vedlegg 1: Intervjuoversikt

Vi har gjennomført 11 intervjuer av aktører i og i tilknytning til bransjen. Intervjuene ble i hovedsak gjennomført i juni 2022, men enkelte ble utført i august-september 2022. Den fullstendige intervjuoversikten er gjengitt i tabellen under. Vi deltok i tillegg på *Rensefiskkonferansen* på Stord i juni 2022.

Tabell 0-1: Oversikt over intervjuobjekter

Organisasjon	Intervjuobjekt(er)
Akvafuture	Elisabeth Treines
Anonym oppdretter fra Helgeland	
	Fiskehelseekspert Brit Hjeltnes
Havforskningsinstituttet	Tore Kristiansen
Mattilsynet	Lise Rokkones, Else Marie Djupevåg, Inger Fyllingen
SinkabergHansen	Bjørn Gillund
Sjømat Norge	Henrik Stenwig, Karoline Amthor
Sjømatbedriftene	Kjetil Hestad
Stingray	John Arne Breivik
Veterinærinstituttet	Ingunn Sommerset, Brit Tørud
Åkerblå	Jørund Larsen

## Vedlegg 2: Produksjonssykluser med vekst og nedtrekk gitt ulike terskelverdier

Det kan være interessant å se effekten av virkemiddelet med ulike terskler. Vi ser nærmere på effektene av tre alternativer med ulike terskelverdier for grønt, gult og rødt lys. Disse terskelverdiene er valgt basert på innspill fra vår oppdragsgiver Dyrevernalliansen.

Tabell 0-1: Terskelverdier for trafikklusmodell

	Alternativ 1 – lave terskelverdier	Alternativ 2 – middels terskelverdier	Alternativ 3 – høye terskelverdier
<b>Grønt lys</b>	Under 16%	Under 12%	Under 8%
<b>Gult lys</b>	16-23%	12-19%	8-15%
<b>Rødt lys</b>	Over 23%	Over 19%	Over 15%

Gitt at virkemiddelet skal ha samme terskelverdier uavhengig av beliggenhet, vil virkemiddelets effekt variere geografisk. Som vi har sett i kapittel 2 er variasjonen i dødelighet mellom produksjonsområder stor. Mediandødeligheten (50-persentilen) spenner for eksempel fra 7 prosent i område 7-9, til hele 19 prosent i område 4. Hvis virkemiddelet har en terskel med grønt lys på 12 prosent, ville det i perioden 16-21 ha gitt grønt lys på halvparten av produksjonssykluserne i område 1-2, som har en mediandødelighet på 12 prosent. For henholdsvis område 3 og 4 ville det kun vært mellom 30-40 prosent og 20-30 prosent som ville oppnådd grønt lys, mens i område 7 og 8 ville mer enn 80 prosent av produksjonssykluserne kvalifisert til grønt lys.

Tabell 0-2 - Tabell 0-4 viser andelen av produksjonssykluser i perioden 2016-2021, fordelt på produksjonsområder, som vil falt innenfor de ulike fargene avhengig av hvilke terskelverdier som benyttes.

Tabell 0-2: Andel av produksjonssykluser 2016-2021 innenfor ulike terskelverdier, lave terskelverdier. Kilde: Fiskeridirektoratet, bearbeidet av Menon og Nofima

Terskler	Alternativ 1 – lave terskelverdier		
	grønt	gult	rødt
<b>Produksjonsområde</b>	<b>16 %</b>	<b>16-23%</b>	<b>23 %</b>
<b>1-2</b>	68 %	19 %	13 %
<b>3</b>	49 %	24 %	27 %
<b>4</b>	41 %	24 %	35 %
<b>5</b>	73 %	13 %	14 %
<b>6</b>	76 %	15 %	9 %
<b>7</b>	95 %	4 %	1 %
<b>8</b>	88 %	6 %	6 %
<b>9</b>	79 %	8 %	13 %
<b>10</b>	82 %	10 %	8 %
<b>11</b>	78 %	10 %	12 %
<b>12-13</b>	76 %	13 %	11 %
<b>totalt</b>	<b>70 %</b>	<b>15 %</b>	<b>16 %</b>



Tabell 0-3: Andel av produksjonssykluser 2016-2021 innenfor ulike terskelverdier, middels terskelverdier. Kilde: Fiskeridirektoratet, bearbeidet av Menon og Nofima

Alternativ 2 – middels terskelverdier			
Terskler	grønt	gult	rødt
Produksjonsområde	12 %	12-19%	19 %
1-2	51 %	29 %	20 %
3	35 %	25 %	39 %
4	25 %	28 %	47 %
5	57 %	27 %	16 %
6	55 %	31 %	13 %
7	84 %	14 %	2 %
8	81 %	10 %	8 %
9	73 %	12 %	15 %
10	73 %	13 %	14 %
11	65 %	20 %	15 %
12-13	65 %	16 %	18 %
<b>totalt</b>	<b>57 %</b>	<b>22 %</b>	<b>22 %</b>

Tabell 0-4: Andel av produksjonssykluser 2016-2021 innenfor ulike terskelverdier, høye terskelverdier. Kilde: Fiskeridirektoratet, bearbeidet av Menon og Nofima

Alternativ 3 – høye terskelverdier			
Terskler	grønt	gult	rødt
Produksjonsområde	8 %	8-15%	15 %
1-2	23 %	44 %	33 %
3	20 %	26 %	54 %
4	13 %	24 %	62 %
5	29 %	41 %	30 %
6	29 %	39 %	32 %
7	64 %	29 %	7 %
8	63 %	24 %	13 %
9	53 %	26 %	22 %
10	39 %	42 %	19 %
11	42 %	30 %	28 %
12-13	38 %	36 %	27 %
<b>totalt</b>	<b>35 %</b>	<b>31 %</b>	<b>33 %</b>

## English Summary

This is an English summary of the report *Policy instruments for reduced fish mortality (Virkemidler for redusert fiskedødelighet i oppdrettsnæringen* – Menon Economics publication no. 158/2022). The authors of the report are Oddbjørn Grønvik (Menon), Leo Grünfeld (Menon), Åsa Espmark (Nofima), René Alvestad (Nofima) and Lotte Leming Rognsås (Menon).

## Report summary

In this report, we assess new regulations for reduced fish mortality in the aquaculture industry. High fish mortality is a societal challenge. The high rate of fish mortality is a sign of poor fish welfare and health and represents a loss for society.

A sick or dead fish leads to reduced revenue. As such, one could ask whether fish farmers really need stronger incentives to reduce mortality. However, the high fish mortality is something the population in general wants to reduce. The reduced revenue alone will not reflect society's loss if the society has a willingness to pay for reduced mortality that exceeds the fish farmer's reduced revenue. This justifies public intervention through special regulations.

### **Mortality is not a perfect indicator for welfare and health, but it is probably the most suitable parameter for regulation**

In this report, we argue that fish mortality is a relevant indicator for poor fish welfare and fish health. Strictly speaking, poor fish welfare and fish health is the overarching problem we seek to address, but it can be difficult to establish an objective and easily measurable indicator that is also suitable as a regulatory instrument. The fish may experience a lot of suffering and poor health before it dies, and it is not always the case that that poor welfare and health lead to increased mortality. Fish can also die without having experienced poor welfare beforehand. At the same time, existing research shows a strong correlation between mortality and a wide range of measures of fish welfare and morbidity. Mortality is also an objective and relatively easily measurable indicator of poor fish health and welfare. It is the ultimate proof that something has gone wrong. Although mortality as an indicator does not capture all nuances of welfare, there is reason to expect that measures that reduce mortality also lead to improved welfare and health.

### **We have conducted a statistical analysis and quantified the significance of drivers of mortality**

It is well known that there are many factors that influence fish mortality at the same time, and it can be difficult to isolate the effect of each individual factor. In this study, we emphasize the fact that mortality is determined by several factors that must be studied in conjunction with each other. We have used a rich and so far less analyzed data material that provides detailed insights into the condition of the fish in the cages, from release into the sea to slaughter – a production cycle – over a ten-year period. We observe the use of mechanical and medicinal treatment of the fish, the size of smolts when released, and we have registered suspected and actual occurrences of the fish diseases pancreas disease (PD) and infectious salmon anemia (ISA). We also take into account key characteristics of the production sites, in the form of geographical location and distance to the closest sites. Last, but not least, we have information on the company size.

The econometric model clearly points to several factors associated with mortality. The extent of mechanical lice removal, the diseases PD and ISA and the size of the smolt release (number of fish) increase the probability of mortality. We also see that the larger producers have a somewhat lower fish mortality than the smaller ones. Keeping a good distance from other production sites also seems to reduce mortality. Production cycles that have been awarded so-called "exception growth"<sup>15</sup> also have lower mortality.

## The aquaculture industry has several available tools to reduce fish mortality

We take the analysis a step further and assess effective measures that fish farmers can implement to reduce mortality in greater detail. We consider the following three measures as particularly suitable:

- There is a lot to suggest that there are gains to be made in the form of reduced mortality by following **best practice on good fish welfare and fish health**. This requires efforts by the company. Aquaculture technicians and fish health personnel need to devote more time and awareness to satisfy these requirements. This will lead to increased costs in the form of training, some investments, as well as routines for internal control and reporting.
- Ideally, there should be as little need as possible to treat the fish against lice and to limit its exposure to lice infection. This requires precautionary efforts to be carried out. This can be achieved through **increased use of precautionary measures and technologies**, such as e.g., lice shielding skirts at strategically chosen times.
- As long as lice treatment of the fish is a significant source of fish mortality, we see that there is much to be gained through **more gentle treatment of the fish**.

We have also identified other measures that may be relevant to consider for the individual fish farmer. Both alternative de-lousing methods (e.g., development of new medicinal treatments, increased use of lice lasers) and new production methods (semi-closed cages, submersible cages) are measures that are relevant to reduce the need for de-lousing and thus fish mortality.

## Policy instruments which can reduce fish mortality

We have **discussed two public policy instruments** that give fish farmers clear incentives to reduce mortality: A "traffic light" system for each production cycle and a fee related to fish mortality. As far as we know, traffic light regulation based on fish mortality has not been assessed before, and we have therefore discussed this instrument more thoroughly in this analysis.

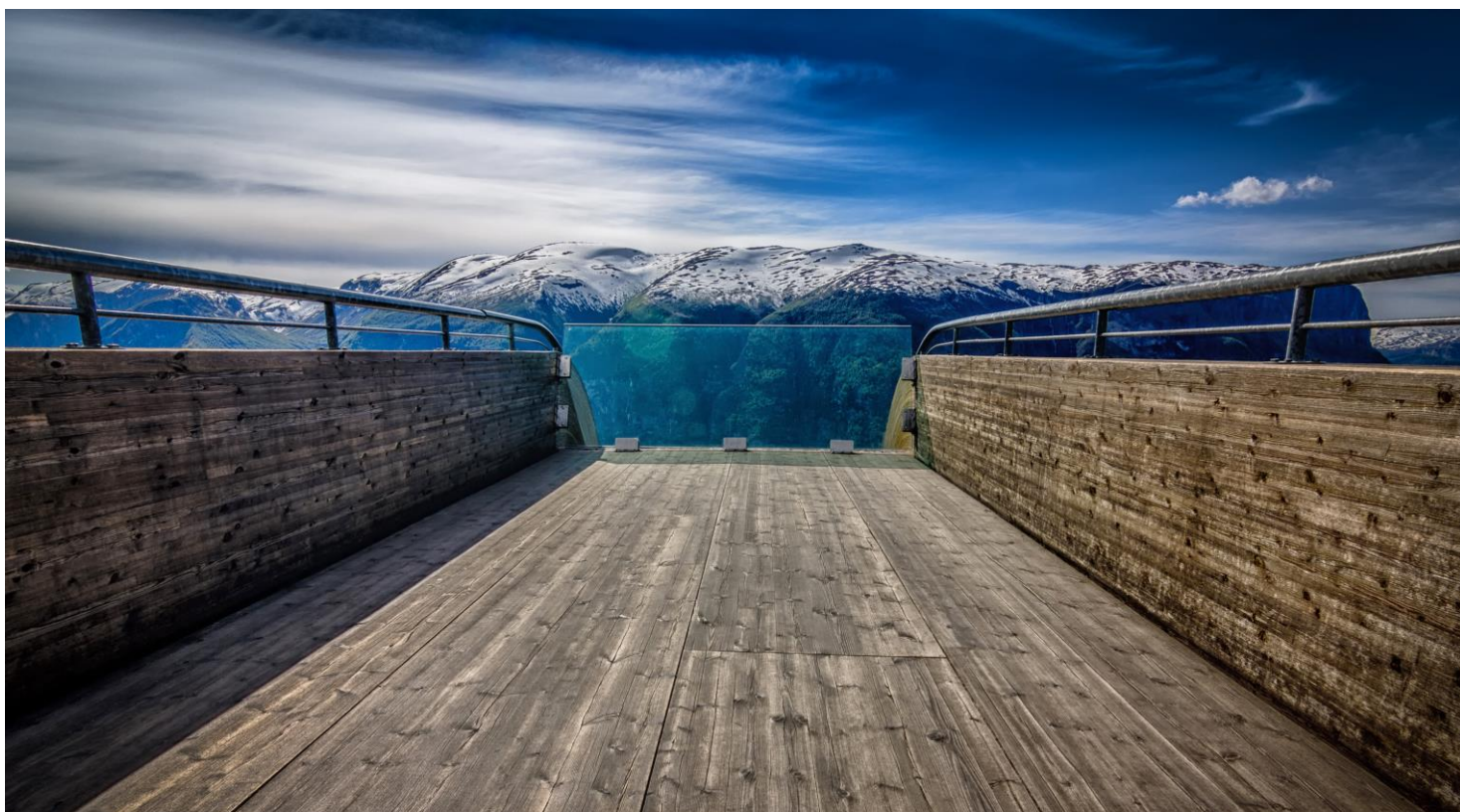
The traffic light instrument we have considered entails that fish mortality is assessed against predefined thresholds for mortality at the end of the production cycle. If the mortality rate is low enough, the fish farmer is offered a growth rate of 6 percent for the next cycle. If the mortality rate is too high, production must be reduced by 6 percent. The increase or decrease is put into effect after the production cycle and can be added to/subtracted from the existing production licenses. An important point here is that the instrument is linked to the *individual* fish farmer. Developing the existing traffic light system, which is based on the behavior of multiple

---

<sup>15</sup> "Exception growth" is a term used for growth awarded to salmon farming licenses outside of the common regulatory scheme for production growth in the Norwegian aquaculture industry. Simply put, regular growth is decided based on the total environmental footprint from all production facilities within a larger area along the Norwegian coast. All production licenses within a given area are assessed collectively. The "exception growth" can be awarded to production sites which have a sufficiently low environmental footprint, irrespective of the common environmental assessment of the area.

agents in larger geographic production areas, with a new indicator would yield a poorly targeted instrument which, in our opinion, would be unsuitable.

Based on insights from our statistical analysis of mortality and the mapping of tools that the aquaculture industry has available, we find that a traffic light system will make it possible for fish farmers to achieve higher profitability by achieving reduced mortality. The opportunities for growth combined with the threat of reduced production gives a powerful signal to fish farmers. Within the threshold values we have considered for this instrument, it will be possible to realize significant growth in production while at the same time achieving a reduction in mortality compared to the average mortality in the industry in the period 2016-2021. The measure will lead the industry to an operation that, taken as a whole, provides a greater socio-economic return than the current regulations. We therefore consider the measure to be socially profitable.



Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter.

Vi er et medarbeidereiet konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked.

Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside [www.menon.no](http://www.menon.no).

+47 909 90 102 | [post@menon.no](mailto:post@menon.no) | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | [menon.no](http://menon.no)