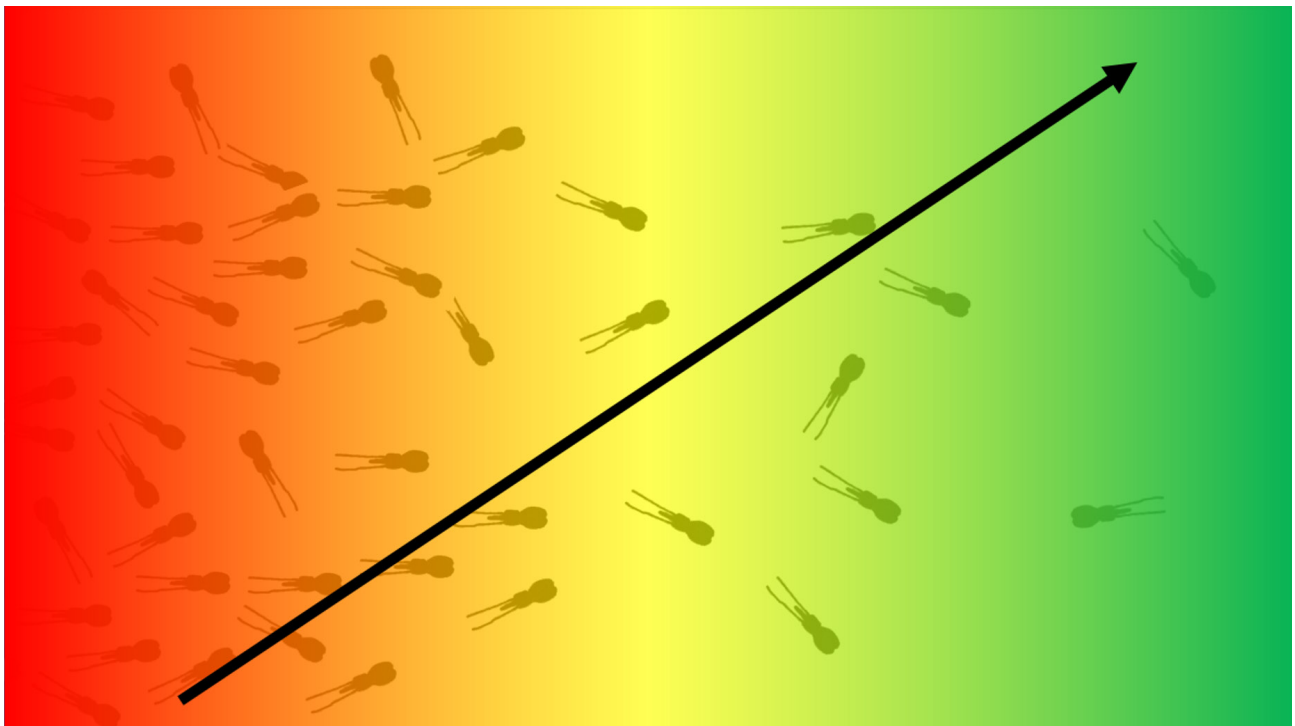




Sluttrapport

“FRA RØD TIL GRØNN KYST”

Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling
av havbruksaktiviteten i Vestland



Sluttrapport «FRA RØD TIL GRØNN KYST» Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland

Forskningsprosjekt utført av Veterinærinstituttet, Havforskningsinstituttet og Universitetet i Stavanger.

Finansiert av
Vestland fylkeskommune

Forfattere

Ketil Skår, VI. Hege Løkslett, VI. Bård Misund, UiS/VI. Anne Dagrund Sandvik, HI. Leif Christian Stige, VI. Geir Lasse Taranger, HI. Ragnar Tveterås, UiS

Prosjektleder

Ketil Skår, Veterinærinstituttet

Forslag til sitering

Skår, Ketil., Løkslett, Hege., Misund, Bård., Sandvik, Anne Dagrund., Stige, Leif Christian., Taranger, Geir Lasse., Tveterås, Ragnar. Sluttrapport «FRA RØD TIL GRØNN KYST» Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland. VI rapport 2024-09. Veterinærinstituttet 2024.
© Veterinærinstituttet, kopiering tillatt når kilde gjengis

Kvalitetssikret av

Edgar Brun, Veterinærinstituttet

Publisert

2024 på www.vetinst.no
ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave)
© Veterinærinstituttet 2024

Samarbeidspartnere



Takk

Takk til alle fra næring, forvaltning og forskning som har brukt tid og ressurser på møtedeltagelse og ulike bidrag i dette arbeidet!

Kolofon

Design omslag: Reine Linjer
Foto forside: Ketil Skår
www.vetinst.no

Innhold

1	Sammendrag	3
1.1	Bakgrunn	3
1.2	Våre funn	3
1.2.1	Spørreundersøkelsen	3
1.2.2	Simuleringer	3
1.2.3	Scenariebetraktninger.....	4
1.3	Mulige insentivordninger	5
1.4	Er det behov for et eget tiltaksprosjekt i Vestland?.....	6
2	Innledning	8
3	Arbeidsmetode	9
4	Resultater	10
4.1	Møter med oppdrettere og forvaltningen	10
4.1.1	Teamsmøter med representant for nedsenka anlegg og representant for semilukka anlegg. (For oversikt over møter se vedlegg 6.)	10
4.2	Spørreundersøkelse til næring og forvaltning	11
4.3	Simuleringer	13
4.3.1	Simulering av koordinert lusekontroll i Nordfjord.....	13
4.3.2	Effekten av <i>Strategisk implementering av null-utslippsteknologi i testområde Nordhordland</i>	14
4.4	Økonomiske vurderinger	15
4.4.1	Behov for store investeringer og andre kostbare tiltak.....	15
4.4.2	Insentiver for investeringer 0-lus-teknologi	15
4.4.3	Virkemidler for å stimulere til investeringer i 0-lus-teknologi	17
4.4.4	Konvertering av MTB fra åpen teknologi til 0-lus-teknologi.....	17
4.4.5	Ny biologisk og økonomisk likevekt.....	19
5	Diskusjon	21
5.1	Innledning - mål for prosjektet.....	21
5.2	Diskusjon rundt våre funn.....	21
5.2.1	Felles forståelse for at en må gjøre noe, for næringens egen del:	21
5.2.2	Hvor lang tid vil det ta å komme i grønt?	21
5.2.3	Vurderinger av bærekraft sett opp mot NOU 2023: -23	22
5.2.4	De mest effektive tiltakene for få kysten grønn uten å redusere biomassen:.....	24
5.3	Andre forhold av betydning for resultatet	25
5.3.1	Vurderinger vedrørende dødelighet av oppdrettsfisk.....	25
5.3.2	Andre sykdommer enn lus	28
5.3.3	Hva er alternativet til 0-lus-produksjon?	28
5.3.4	Utfordringer vedrørende måloppnåelse, både for smittenivå, dødelighet, og tillatelse til å prøve dette i praksis.	28
5.3.5	- Postsmoltproduksjon - hvordan sikre at fisken kan flyttes?	29
5.3.6	Strategisk lukking av lokaliteter: Hvordan skal oppdretterne som har lokaliteter med størst betydning for lusesmitten kunne motiveres for tiltak, og akseptere?.....	30
5.3.7	Hvordan sikre enighet om veien videre?	30
6	Konklusjon	31
7	Våre anbefalinger	33
8	Referanser	34
9	Vedlegg	35

1 Sammendrag

1.1 Bakgrunn

Produksjonsområde 3 og produksjonsområde 4 (PO3 og PO4) i Vestland har fått rødt trafikklys i 2018/2019 (PO4) og 2020/2021 (PO3 og PO4). Havbruksnæringen i regionen har også over tid hatt høyest dødelighet, mest sykdom og mest lus. Dette har også tidvis gitt svakere økonomiske resultater sammenlignet med landet som helhet.

Lus er fellesnevneren i denne problemstillingen, og den største driveren for dødelighet - ikke direkte for oppdrettsfisker, men fordi håndteringen i forbindelse med behandlingen er belastende, og situasjonen forsterkes av andre sykdommer. Lus er derfor ikke det eneste problemet, men finner man løsningen for lus, vil det bli lettere å håndtere de andre problemene også. Dette er en situasjon som den enkelte oppdretter ikke kan løse alene. De er alle avhengige av hva naboen gjør. Det røde lyset har ført til nedtrekk av produksjonskapasiteten i PO3 og PO4. Nedtrekk gir tapt verdiskaping og sysselsetting, og i tillegg gir det redusert evne til omstilling.

Dette prosjektet har sett på hva som skal til for å oppnå grønn status i sjøbasert lakseoppdrett i Vestland fylke. Tilnærmingen i prosjektet har vært å holde flere dialogmøter med forvaltningen og havbruksaktørene i regionen, gjennomføre spørreundersøkelse med både næringsaktører og forvaltning, foreta statistiske og biofysiske simuleringer av ulike tiltak med tanke på å redusere lakselus-utslipp og antall avlusninger, samt foreta bioøkonomiske simuleringer på lønnsomhet ved innfasing av null-lus teknologi i form av semilukkede og lukkede merder. Videre har prosjektet utført en enkel scenarie-analyse for hva som skal til for å komme i grønn status i Vestland.

På basis av dette har vi skissert noen mulige løsningsforslag og anbefalinger for tiltak.

1.2 Våre funn

1.2.1 Spørreundersøkelsen

Spørreundersøkelsen viser at oppdretterne som har svart er motivert for tiltak ut fra sin egen situasjon med høy dødelighet og hyppige behandlingsbehov, og at forvaltningen ser det samme behovet. Undersøkelsen viser også at det er stor vilje til å prøve ulike løsninger for å komme i mål.

1.2.2 Simuleringer

Simuleringer viser at kortere produksjonstid i sjø og ulike former for 0-lus-konsept gir størst reduksjon av luseutslipp og/eller for å redusere behovet for avlusninger. Med kortere produksjonstid i åpne merder i sjø og gunstig timing av produksjonssyklusen, kan utslaktingen starte før den mest kritiske perioden for lusepåvirkning på villfisk. En oppnår sannsynligvis best effekt ved koordinert satsing hvor tiltakene prioriteres for lokalitetene som bidrar mest til smittespredningen i området. Koordinering av produksjonen i brakkleggingssoner kan gi lavere lusetall første året, men større utfordringer med høyt lusenivå og hyppige avlusninger andre år i sjø. En slik strategi bør derfor kombineres med andre målrettede tiltak andre år i sjø for å kompensere for denne ulempen.

Simuleringer indikerer videre at å innføre 0-lus-teknologi på et tilstrekkelig antall strategisk valgte lokaliteter (muligens 20-30% av lokalitetene) sammen med andre tiltak kan være nok for å komme i akseptabel (grønn) miljøtilstand når det gjelder lakselus i Vestland fylke. Dette kan også gi den høyeste verdiskapingen og lønnsomheten for næringen.

En betydelig reduksjon i dødeligheten oppnås trolig lettest med en mest mulig håndteringsfri produksjon, som innebærer at lusenivå og behandlingsbehov reduseres gjennom hele året, ikke bare i utvandringsperioden for villaks. Modellsimuleringene viste at et lavere lusenivå gjennom hele året kan oppnås gjennom bruk av nullutslippsteknologi, mens bruk av storsmolt og koordinert brakklegging kan gi mer sesongavhengige effekter. Betydningen av et lavt lusenivå gjennom hele året vil også kunne forsterkes avhengig av pågående vurderinger av betydningen lus har på sjørørret, og revideringer av vannforskriften og fiskevelferdsregelverket.

Økt bruk av 0-lus-teknologi bidrar til færre tilgjengelige verter for lakselus, lavere lusepopulasjon, mindre behov for lusebehandling i hele regionen og mest sannsynlig høyere tilvekst og overlevelse for fisken. Det er disse mekanismene som kan gi grunnlag for høyere produksjon, med tilhørende bedrifts- og samfunnsøkonomiske gevinster. Realisering av et slikt "vinn-vinn" utfall for samfunn og næring krever imidlertid innovasjoner i offentlige reguleringer og virkemiddelbruk, samt investeringer på flere milliarder kroner.

Gjennom dialogmøter med næring og forvaltning, og basert på resultatene fra de ulike simuleringene, er det videre klart at innføring av ulike 0-lus-konsept som semi-lukkede og lukkede merder innebærer betydelig biologisk, teknisk, økonomisk og regulatorisk risiko. Dette skyldes at lukkede/semi-lukkede konsepter er til dels umodne teknologier, og krever læring og ytterligere innovasjon gjennom produksjonserfaringer. Risikoen for oppdretter kan reduseres ved å innføre en insentivordning som motiverer for overgang til skjermet produksjon der en unngår lakselusmiddel og samtidig sikrer deling av erfaringer og kunnskap om nye teknologiske løsninger. Forvaltningens risiko kan møtes ved etablering av avbruddskriterier i utprøvningsfasen.

1.2.3 Scenariebetraktninger

Prosjektet har sett på noen forenklete scenarier for hvor lang tid det kan ta for å komme i grønn tilstand i Vestland. I Trafikklyssystemet legges det opp til 6% nedtrekk i produksjonskapasitet hvis et område settes i rødt. Det er ingen tilsvarende regel for å styre næringen fra gult til grønt. Nedtrekket er ment å være et insitament for å unngå å komme i rød status, og over tid vil reduksjon av produksjonskapasiteten, og dermed mengden stående biomasse, medføre reduserte luseutslipp. Vestland hadde imidlertid allerede så mye fisk med lus i sjøen da trafikklysordningen ble innført, at påvirkningen på vill laks allerede var på rødt nivå. Scenarie-analysen indikerer at det vil ta svært langt tid, i størrelsesorden 20 år, for å komme i grønn status i Vestland hvis en kun skal basere seg på nedtrekk som virkemiddel. Dette er en svært forenklet analyse, men illustrerer allikevel utfordringen i regionen.

Et alternativ til nedtrekk er å skape større avstand mellom fisk og lus i tid og rom. Alle tiltak som bidrar i denne retningen bør vurderes. Av de tiltakene vi har vurdert synes det, som beskrevet ovenfor, at lukka, semilukka, eller nedsenket produksjon (0-lus-produksjon), samt produksjon av storsmolt med kortere tid i åpne merder i sjø, gir størst effekt for å redusere lusesmitten.

Scenarie-analysen indikerer videre at innføring av 0-lus-teknologi på strategiske lokaliteter vil ha stor effekt. Modeller indikerer at utslippene må ned med mer enn 60% for å oppnå grønn status i PO3. Videre indikerer en annen øvelse at 0-lus-teknologi på ca 1/3 av lokalitetene i PO3 kan gi omlag 70% reduksjon i produserte luselarver, hvis en går målrettet på strategisk utvalgte lokaliteter. Selv om dette er to forenklede, teoretiske øvelser, illustrerer de at det kan være mulig å komme i grønt uten å redusere biomassen.

I praksis kan det ta tid å få på plass de nødvendige investeringene både i leverandørindustri og næring for innfasing av null-lus-teknologi i tilstrekkelig stor skala til å gi målbar effekt, og det kan være vanskelig å få de strategisk viktigste lokalitetene med på en slik ordning. Det vurderes som mer realistisk å få til en kombinasjon av de ulike tiltakene i løpet av de neste årene. En slik kombinasjonsløsning, med et bredt spekter av tiltak som i tillegg til luseskjørt, snorkelmerd, økt bruk av storsmolt, mer samarbeid om utsett, slakting og brakklegging, samt en gradvis innfasing av null-lus- og lav-lus-teknologier, forventes å kunne bringe Vestland fylke i grønt. Hvor raskt dette kan skje avhenger av hvor sterkt samfunnet insentiverer oppdretterne til å velge slike produksjonsløsninger, spesielt for de dyreste 0-lus-tiltakene.

Bærekraft har i lang tid vært angitt som en forutsetning for vekst og utvikling av næringen. Dette er et begrep som gir stort rom for fortolkning, og må derfor støttes med definerte mål. For å skape varig positiv effekt i PO3 og PO4, som også kan sikre en bærekraftig utvikling av næringen generelt, mener vi at det bør etableres bærekraftige langsiktige mål som samfunn og næring kan styre utviklingen mot. Vi viser her også til NOU 2023:23, der en peker på at næringen må styres til å alltid ligge godt innenfor et akseptabelt (grønt) nivå. Disse nivåene må angis med konkrete tall for å kunne gi ønsket effekt.

1.3 Mulige insentivordninger

De bioøkonomiske analysene indikerer at det ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt for de fleste å investere i null-lus-teknologi ut fra dagens kostnads- og prisbilde. Videre er det betydelig biologisk, teknisk og regulatorisk risiko med storstilt innfasing av slik teknologi. Dette kan tyde på at en trenger sterkere insentiver for å få en tilstrekkelig rask innfasing av slike løsninger i Vestland enn det som følger av dagens regulering.

Havbruksutvalget (NOU2023:23) har foreslått en "miljøfleksordning" for å stimulere overgang til økt bruk av lavutslippsteknologi for sjøoppdrett, herunder innfasing av null-lus- og lav-lus-teknologi. En miljøfleksordning går ut på at en kan få økt produksjonskapasiteten på en ordinær tillatelse for lakseoppdrett i sjø ved å benytte null- eller lavutslippsteknologi. Dette er tenkt som en mer generell ordning enn "miljøteknologiordningen" som har vært foreslått tidligere.

I det nåværende prosjektet har en gjennom bioøkonomisk modellering også vurdert hvor gunstig en slik "miljøfleksordning" bør være for at det skal være lønnsomt å konvertere fra åpne merder til null-utslippsmerder når det gjelder lus. En slik vurdering vil naturlig basere seg på en rekke usikre antagelser, men analysen tyder på at en slik fleks-faktor bør være i størrelsesordenen minst 2X (dvs. 2-doble produksjonskapasiteten målt ved Maksimalt Tillat Biomasse - MTB) i starten for at det skal være lønnsomt å investere i kostbar og usikker 0-lus-teknologi.

En slik relativt høy fleks-faktor kan være aktuell for de som søker og får godkjent fleks-ordning i løpet av en pilotfase på f.eks. 2 år. Dette for å stimulere til rask investering i slik teknologi, og da særlig i de områdene der luseproblemet og tilknyttet høy dødelighet og dårlig fiskevelferd er størst.

Dersom en innfører en slik insentivordning på strategisk utvalgte lokaliteter viser våre modeller at en har størst økonomisk gevinst ved å konvertere 20-30% til 0-lus-teknologi, og at dette kan føre til forbedring av driftsresultatet for hele regionen. I tillegg vil det legge til rette for en reduksjon i dødeligheten knyttet til avlusinger.

1.4 Er det behov for et eget tiltaksprosjekt i Vestland?

Hensikten med dette prosjektet har vært å analysere hva som skal til for å få Vestland fylke i grønt lys i Trafikklyssystemet. Næringen må komme i grønt før den eventuelt kan vokse. Det er behov for å gjennomføre tiltak for å bedre situasjonen for næringens egen del, uavhengig av villfisken. Det er en grunn til at enkelttoppdrettere ikke har løst denne situasjonen selv, de er fanget i “allmenningens tragedie” der ingen kan løse situasjonen alene, men alle er avhengige av hva naboen gjør.

Dette prosjektet viser at det er mulig å få Vestland i grønt, men dette krever målrettet innsats over tid, og sannsynligvis behov for en betydelig innfasing av null-lus-teknologi og andre nye løsninger.

Vi forventer at kommende Havbruksmelding vil inneholde føringer om at næringen skal være bærekraftig, dvs. grønn, slik det har vært tidligere, og slik det er foreslått i NOU 2023: -23. For at kommende regelverk skal fungere best mulig for hele kysten kan det være hensiktsmessig å løfte de røde og gule områdene til grønt så snart som mulig.

Det anbefales derfor et eget tiltaksprosjekt i Vestland for å stimulere til raskere oppnåelse av grønn tilstand ved at en får til en kraftig nedgang i utslipp av lus. Lav lusebelastning vil også kunne bidra til bedre dyrevelferd og lavere dødelighet i regionen. Samtidig skal en ikke underslå at det ligger betydelig risiko ved storskala innfasing av nye løsninger. Det anbefales derfor at en slik utprøving følges tett opp av både forskning og forvaltning, og at det stilles krav til deling av data og erfaringer samt følgeforskning. Det er bl.a. behov for flere simuleringer enn case-studiene presentert i denne rapporten, og en bør ta høyde for at en utprøving må justeres underveis for at en skal kunne nå målet.

Et slikt prosjekt kan betraktes som en pilotordning, der en tester ut innfasing av null-lus-teknologi i tilstrekkelig stor skala, eksempelvis som en tidlig utprøving av “miljøfleksordningen” som foreslått i NOU 2023:23. Målet med tiltaksprosjektet vil være å finne og dokumentere løsninger som bidrar til både lav lusesmitte, lav dødelighet og bedre fiskevelferd. Med tett og god oppfølging og strukturert datainnsamling og følgeforskning, vil dette være med å sikre at en finner tekniske og driftsmessige løsninger som har overføringsverdi til hele kysten.

Det er store investeringer og omfattende grep som foreslås. For å skape tillit til et slikt pilotprosjekt anbefaler vi at neste steg er at næring, forskning og forvaltning utarbeider en konkret plan for hva en ønsker å gjøre med eksisterende produksjon i en gitt region, at en lager en felles plan for utsett og bruk av lokalitetene. Tilsvarende kan gjøres for mange

mindre regioner/områder innen PO 3 og PO 4. Deretter kan en gjennomføre simuleringer for å på best mulig måte få vurdert hva en kan oppnå med et slikt tiltak, og hva det vil kreve, både av faktiske tiltak, investeringer, regelverksendringer mm. Da er det lettere for alle parter å se hva dette innebærer før en beslutter å gå for et eventuelt tiltak, og hva en kan oppnå, og på den måten skape større trygghet for tiltaket. En slik tilnærming kan i praksis fungere som et alternativ til (eller en gjennomføring av) pilotprosjektet. Målet for begge tilnærmingene er å få i gang en prosess som styrer mot grønt.

Ved å stimulere til en slik uttesting med tilhørende kunnskapsbygging håper vi at resultatene på sikt også motiverer flere oppdrettere til å konvertere sin produksjon, slik at utfordringene med lus, håndtering av fisk og dermed dødeligheten reduseres ytterligere i regionen.

2 Innledning

Vestland fylkeskommune har finansiert et prosjekt ved Veterinærinstituttet (VI), Havforskningsinstituttet (HI) og Universitetet i Stavanger (UIS) der målsetningen har vært i samspill med næring og forvaltning å analysere hva som skal til for å oppnå grønn status i Trafikklyssystemet for havbruksnæringen i Vestland fylke. Prosjektet bygger på resultat fra andre pågående og avsluttede prosjekt ved VI, HI og UIS, og har vært gjennomført i samarbeid med Mattilsynet, Fiskeridirektoratet og Vestland fylkeskommune, samt Region Nordhordland IKS.

Situasjonen for oppdrettsnæringen i PO3 og PO4 har de senere år vært preget av gult og rødt lys i Trafikklyssystemet, høyest dødelighet, mest sykdom, og mest lus. Tidligere arbeider fra HI og VI (f.eks. rapporten HI 2020-18) har vist at avstanden til grønt lys har vært stor. Erfaringene til de oppdretterne som har klart å holde lusenivået relativt lavt har vært at likevel har området gått i rødt; PO4 i 2020 og 2022, og PO3 i 2022. Noen har imidlertid klart å holde så lave lusenivå gjennom produksjon at de har fått unntak, men hovedbildet er enten stagnasjon eller nedtrekk.

For nærmere informasjon om Trafikklyssystemet gå til: <https://trafikklyssystemet.no/>

Situasjonen virker derfor i stor grad fastlåst, det er begrenset hva forvaltningen kan gjøre innenfor gjeldende regelverk, hindringene i regelverket kan ligge under flere departement, og det er begrenset hva den enkelte oppdretter kan oppnå med tiltak i eget anlegg alene, eller som en gruppe i en mindre region. Situasjonen kan derfor beskrives som allmenningens tragedie; det er ingen som kan løse dette problemet alene, det må en felles løsning til.

Intensjonen med prosjektet har vært å se om det er vilje og mulighet til å gjøre noe med denne situasjonen, å skape et kunnskapsgrunnlag som kan si noe om hva som er mulig å få til, hva det vil kreve, og hva som skal til for at det kan bli lønnsomt også for oppdretterne å gjennomføre nødvendige endringer.

Vi har i dette prosjektet fokusert på situasjonen til oppdrettsnæringen og oppdrettsfisken, og bedt om at diskusjoner vedrørende situasjonen oppdrett vs. villfisk kanaliseres til Trafikklyssystemet og de kanaler og kontaktpunkter som er etablert der. Vårt utgangspunkt er at det er nødvendig med endringer som gir mindre lus og dødelighet for næringens egen del - uavhengig av villfisken. Det vil i neste omgang gi en positiv effekt også for villfisken.

3 Arbeidsmetode

Prosjektgruppa har gjennomført møter med oppdrettere og forvaltning i flere runder, Teamsmøter med representanter for nedsenka anlegg og for semilukka anlegg, spørreundersøkelse til oppdrettere, spørreundersøkelser til forvaltningen, ulike simuleringer basert på henvendelser fra oppdrettere, scenariovurderinger og samt bio-økonomiske vurderinger. For møteoversikt se vedlegg C.

Vurderingene og konklusjonene i denne rapporten bygger i tillegg på tidligere arbeid fra HI, VI og UiS (ulike simuleringer, Fiskehelse rapporten, Risikoreporten, og arbeider i prosjekter i regi av FHF).

I prosjektperioden har vi videre hatt jevnlig kontakt med Prosjektleder/rådgiver Bent Gunnar Næss i Region Nordhordland IKS (<https://regionnordhordland.no>), som har jobbet med en felles arealplan i sjø for den regionen. I forbindelse med sitt arbeide ble det “avdekket motstridende interesser som ikke vil bli løst i en arealplan åleine”. I og med at begge prosjektene ble finansiert av Vestland Fylkeskommune med tilgrensende problemstillinger var det naturlig med et samarbeid/kontakt mellom prosjektene. En kort innføring av deres arbeid er gitt i vedlegg 1.

4 Resultater

4.1 Møter med oppdrettere og forvaltningen

I møtene med oppdrettere og forvaltning har vi sett at viljen til tiltak er stor i næringen, en er stort sett enig i at det er nødvendig å få redusert behovet for behandlinger mot lus i regionen, og det er enighet om at det dør for mye fisk. Det er videre en frustrasjon blant oppdretterne vedrørende lyssetting i Trafikklyssystemet, dødelighet, nedtrekk og negativ omtale av næringen. Det oppleves at en gjør masse innsats og prøver alternative tiltak, uten at det ser ut til å endre totalsituasjonen i regionen.

Vi opplever at interessen for prosjektet er stor, viljen til å diskutere tiltak er stor, og en ønsker et best mulig beslutningsgrunnlag for tiltak som eventuelt gjennomføres. Gjennom møtene har vi mottatt flere konkrete problemstillinger som er belyst og vurdert i simuleringene (vedlegg 3.)

Vi har også erfart at det er en tydelig uenighet mellom partene vedrørende situasjonsforståelse for effekt av lus på villfisk, og situasjonsbildet for villfisken. Dette er komplekse problemstillinger som vårt prosjekt ikke har gått inn i.

Flere av selskapene har prøvd ulike lukka merd-konsept, særlig i tidlig fase av utviklingen av slike. Tilbakemeldingene fra aktørene har vært blandet når det gjelder erfaringer med slik teknologi.

I tillegg til tekniske og biologiske utfordringer har flere oppdrettere pekt på utfordringer vedrørende regelverk med tanke på forutsigbarhet - bl.a. behovet for å vite at man får flytte storsmolt fra lukka merder til nye lokaliteter.

4.1.1 Teamsmøter med representant for nedsenka anlegg og representant for semilukka anlegg. (For oversikt over møter se vedlegg 6.)

I samtalene gjennomført med selskap som har prøvd nedsenket produksjon (Ketil Rykhus, Sinkaberg Hansen og Trude Olafsen, Akva Group) og produksjon i semilukka enheter (Arve Nilsen i Veterinærinstituttet som har jobbet med en rekke prosjekter med Akvafuture i Brønnøysund), framgår det at slik produksjon ikke er rett fram - en må være tett på og gjøre et grundig arbeid for å lykkes.

Kunnskapsgrunnlaget for slik produksjon på nasjonalt nivå er ennå sparsomt, og det er gjennomført relativt få studier på få enheter og få lokaliteter over få år, og opparbeidet kunnskap er lite kjent/delt. Erfaringene fra de vi har hatt møte med viser at det kan være en krevende produksjonsform. Men det er også erfaringer med at en lykkes, og resultatene i de beste utsettene ligger på ca. 97% overlevelse og 97% superior kvalitet for begge produksjonssystemene. Sannsynligheten for at en opplever utfordringer i oppstarten er imidlertid til stede.

Det pågår ulike initiativ og arbeider med å øke kunnskapsnivået, både i regi av enkeltelskaper og forskningsprosjekt. Semilukka produksjon medfører ingen garanti mot annen smitte, men styrken ligger i at dersom en unngår lus og andre situasjoner som krever aktive tiltak, kan en få til en mer håndteringsfri produksjon, og dermed unngå dødelighet som følge av håndtering

som behandlinger mot lus innebærer. En nylig oppsummering av status for ulike 0-lus-konsept er gitt i Tveterås m.fl. (2023).

Lusenivået i nedsenkede merder påvirkes av om fisken får påslag før den senkes. Det ble oppgitt at en opplevde noe lus (ca. 0,1 kjønnsmodne hunnlus) på nedsenka merder. Om lusenivået var permanent eller om det forsvant over tid er usikkert, likeså om lusa reproducerer hele tiden om den sitter på fisken over lengre tid.

For semilukka anlegg ble det oppgitt at en har sett at eventuell luseinfeksjon vil forsvinne over tid, trolig fordi de tidlige stadiene går ut med strømmen av vann før lusa blir smittsom. Det ble også påpekt at vannet som hentes i dypet ofte er kaldere enn overflatevannet. Når en slipper ut dette kaldere vannet i høyere vannlag enn det er hentet fra, synker det i vannsøylen. En ser derfor noe blanding av vann fra utløp og innløp og dette har betydning for vannkvalitet og evt. smitte. Det antas at dette er problemstillinger som vil bli grundig belyst framover.

Omlegging til produksjon i nedsenka merder krever grundige forberedelser, bl.a. med kartlegging av strømforhold nedover i vannmassene. Det ble presisert for både semilukka anlegg og nedsenka merder at det må gjøres grundige undersøkelser i forkant for å vurdere om lokaliteten er egnet.

4.2 Spørreundersøkelse til næring og forvaltning

Som en del av prosjektet, ble det gjennomført spørreundersøkelser rettet mot produsentene i PO3 og PO4 samt forvaltningen (Mattilsynet lokalt og sentralt, Fiskeridirektoratet, Vestland Fylkeskommune og Statsforvalteren i Vestland). Det ble sendt ut én spørreundersøkelse til næringen og én spørreundersøkelse til forvaltningen (se vedlegg 2), med noe ulik utforming og innhold, og besvarelsene ble gjennomført elektronisk.

Formålet med spørreundersøkelsene var å fange opp erfaringer og innspill, både utfordringer, løsninger og muligheter for endring med tanke på luseproblematikken i PO3 og PO4. Besvarelsene fra næringen ble gjennomført på selskapsnivå, hvor totalt 14 selskap deltok. Blant disse var det tre selskap med produksjon kun i PO3, sju selskap med produksjon kun i PO4 samt fire selskap med produksjon i både PO3 og PO4. Totalt dekket disse selskapene ca. 50 % av matfisklokalitetene i PO3 og ca. 47% av matfisklokalitetene i PO4. Tilsvarende var det åtte personer fra forvaltningen som besvarte deres spørreundersøkelse. Det er viktig å merke seg at det ikke var mulig å dra statistiske/generelle konklusjoner basert på besvarelsene til disse undersøkelsene. Til dette var datagrunnlaget for lite. Presentasjonen av besvarelsene er derfor kun ment for å belyse ulike synspunkter og innspill på problemstillingene, uten ytterligere generaliseringer.

Både næring og forvaltning ble bedt om å ta stilling til ulike utsagt, og gradere hvor enig eller uenig de var i disse. Tilbakemeldingene i undersøkelsen viste en felles enighet, både blant næring og forvaltning, om at det er for høy dødelighet på oppdrettsfisk i PO3 og PO4, og at utgiftene og tap som følge av lus er for store. Respondentene ble bedt om å gradere hvor enig de var i at det er for høy dødelighet på villfisk i PO3 og PO4. Her svarte ni selskap fra næringen at de enten var uenige (6) eller litt uenige (3). På dette utsagnet svarte fem respondenter fra forvaltningen at de var enige og tre respondenter svarte "vet ikke".

På spørsmål om hvor enig/uenig respondentene var i at det er for mye lus i anleggene i PO3 og PO4, svarte ett selskap fra næringen at de var enig, tre selskap var litt enige, fire selskap var litt uenige og fem selskap var uenige. Dette skilte seg fra besvarelsene til forvaltningen, hvor alle de åtte respondentene svarte at de var enige (7) eller litt enig (1). Noe av årsaken til dette kan være at oppdretter på merdnivå ikke observerer mye lus (0,2 og 0,5 hunnlus pr. fisk oppfattes som lite), mens forvaltningen har vurdert situasjonen på produksjonsområdenivå i dette området, og da er den totale lusebelastningen for stor, noe som gjenspeiles i behandlingsbehov, dødelighet og produksjons-kostnader.

Næringen ble videre bedt om å oppgi gjennomsnittlig total dødelighet per produksjonssyklus for deres anlegg i PO3 og PO4. Åtte selskap oppga at dødeligheten lå under 20% og seks selskap oppga at dødeligheten lå under 10%. Ingen selskap oppga at de hadde dødelighet på under 5%. Næringen ble også spurt om i hvilken grad de opplevde lus som en utfordring i dagens produksjon i PO3 og PO4. Her svarte elleve selskap at lus enten er en moderat utfordring (7) eller en stor utfordring (4). Besvarelsene gjort av næringen indikerte at de fleste av næringsaktørene som besvarte undersøkelsen forventet en økning i størrelsen på smolt i fremtiden samt kortere produksjonstid i sjø.

På spørsmål om hvilke preventive tiltak og behandlingsteknikker som kan være aktuelt å benytte i fremtiden, pekte næringen på storsmolt/postsmolt i landbaserte anlegg (10) og lukka/semilukka sjøanlegg med storsmolt/postsmolt (10). De ble også spurt om hvilke samordningstiltak som kan være aktuelle i fremtiden. Her scoret koordinert brakklegging (10), koordinert bruk av kortere tid i åpen merd (9), koordinert bruk av kontinuerlig avlusning (rensefisk eller laser) for å holde lavt lusenivå (8), koordinering av preventive tiltak (eks. luseskjørt) (7) og koordinert avlusning (6) høyest. Det ble videre stilt spørsmål til næringen hva som eventuelt hindrer endring. Her var det regelverk og økonomi som utmerket seg i besvarelsene.

Både næringen og forvaltningen uttrykte et ønske om å gjennomføre nye grep mot lus. Videre så man både fra næring og forvaltning et ønske om større grad av koordinering av produksjonen. Forvaltningen ble spurt om hvor enige de var i at lusesituasjonen i PO3 og PO4 krever endringer i regelverket. Her svarte fem respondenter at de var enige og tre respondenter var litt enige. En større del av spørreundersøkelsen til forvaltningen var utformet med mulighet for å gi svar i fritekst. Det ble spurt om hovedårsaker til at man ikke styres mot grønt. Her kom det inn en rekke tilbakemeldinger, hvor det blant annet ble trukket frem et behov for endringer i soneinndelingene, redusert tetthet av lokaliteter og fisk, bedre koordinert brakklegging og etablering av branngater, generelt bedre koordinering og samarbeid, bruk av lukka/semilukka teknologi samt økt fokus på biosikkerhet.

Videre ble det av flere trukket frem behov for regelverksendringer, men også et behov for å bruke det regelverket som foreligger i dag annerledes i fremtiden. Dette var også en tematikk i besvarelsene for hva som eventuelt hindrer endring, hvor behovet for regelverksendring, bedre samarbeid mellom alle involverte myndigheter og næring og behov for forvaltning på tillatelsesnivå og ikke lokalitetsnivå, ble trukket frem. Det ble nevnt av flere at det er behov for hyppige, risikobaserte tilsyn med telling av lus. Det ble trukket frem at det er behov for tydelig politisk styring med fagkompetanse og politisk vilje, hvor det er behov for at politikerne tar et standpunkt for hva som er ønsket utvikling. I tillegg ble det av flere påpekt at det er behov for økt kapasitet i forvaltningen, og at ressursbruken ikke avspeiler at havbruksnæringen er Norges største husdyrproduksjon. Det ble i tillegg fra respondenter i

forvaltningen presisert at det er et behov for holdningsendringer og en erkjennelse av at produksjonen slik den er i dag, ikke er bærekraftig, samt at det er viktig å ikke glemme velferdsaspektet. For å se spørsmål og tilbakemeldinger fra spørreundersøkelsene i sin helhet, vises det til vedlegg 2.

4.3 Simuleringer

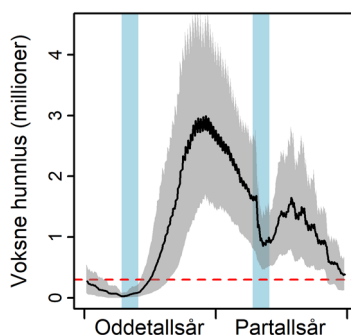
Simuleringene angitt her er kun gjort i mindre, begrensede områder. Vi antar at de allikevel er representative for andre områder i PO3 og PO4. Det er ønskelig å gjennomføre flere slike studier i flere områder for å redusere usikkerheten med tanke på resultatenes relevans for de ulike områdene, og derved legge et bedre grunnlag for treffsikre tiltak i flere områder. Vi mener allikevel at vi ikke trekker konklusjonene for langt når vi hevder at disse resultatene har relevans også for andre områder i PO3 og PO4.

4.3.1 Simulering av koordinert lusekontroll i Nordfjord

Simuleringene undersøkte hvordan oppdrettere i et område best kan koordinere kontrolltiltak mot lakselus for å begrense smittepresset på oppdrettsfisk så vel som på villfisk. Simuleringene ble gjort med en statistisk lakselusmodell tilpasset data fra 90 oppdrettsanlegg fra hele norskekysten (se vedlegg 3). Disse simuleringene er også et bidrag til det FHF-finansierte prosjektet *Lusekontroll* (<https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901650>).

Lakselusmodellen ble her brukt til å simulere luseutviklingen i et nettverk av anlegg som påvirker hverandre gjensidig. Som case-studie ble det undersøkt hva som skal til for å redusere lusenivået i Nordfjord tilstrekkelig til å oppnå lav påvirkning på villaks etter trafikklyssystemet, d.v.s. under 10 prosent luserelatert dødelighet. Utfra den historiske sammenhengen mellom rapportert totalmengde lus i oppdrettsanlegg om våren og beregnet dødelighet av utvandrende vill laksesmolt, ble det vurdert at lusenivået om våren må halveres til under 0,3 millioner voksne hunnlus totalt.

Innføring av en foreslått ny sonestruktur med koordinert brakklegging og utsett, vil trolig føre til noe mindre lus og lusebehandlinger totalt sett, men også større variasjon mellom år. Om våren i partallsår vil situasjonen bli verre enn før, og ytterligere tiltak kreves hvis en skal holde lave lusenivå i partallsårene (Figur 4.1).



Figur 4.1. Lusesituasjonen i simuleringer av foreslått ny sonestruktur i Nordfjord. Figuren viser totalmengden voksne hunnlus i oppdrettsanlegg i området i oddetallsår og partallsår (gjennomsnitt og 90%-intervall av 100 simuleringer). De blå feltene er uke 16-21, da lusegrensen er lavere for å redusere lusesmitte på vill laksesmolt.

For å komme i grønt, må trolig lusemengden i disse ukene reduseres til under 0,3 millioner kjønnsmodne hunnlus (rød linje).

Det eneste av de undersøkte kontrolltiltakene som brakte lusenivået ned til under 0,3 millioner hunnlus om våren også i partallsår, var utsett av større fisk (på 1 kg eller mer) som dermed trengte kortere tid i åpne anlegg. Forutsetninger var at produksjonen kunne planlegges med lite fisk i sjøen om våren og at den totale produksjonen ikke ble økt.

Et alternativ er produksjon i lukkede eller semi-lukkede anlegg. For å redusere lusenivået til under 0,3 millioner hunnlus om våren med null-lusutslippsteknologi i tilfeldig utvalgte anlegg, måtte slik teknologi brukes i mer enn halvparten av anleggene. Med strategisk utvelgelse av anlegg med lav smitteproduksjon og -spredning, er imidlertid andelen trolig lavere.

Koordinert våravlusning med en høyeffektiv lusebehandling kombinert med lavere terskel for å avluse om våren og sommeren, ga også vesentlige reduksjoner i lusenivået. Strategien medførte imidlertid også økt behandlingsfrekvens og det ble ikke undersøkt hvordan koordinert bruk av en høyeffektiv (medikamentell) behandling påvirker resistensutvikling.

Å sette til luseskjørt eller andre barrierer som stoppet halvparten av luselarvene fra omkringliggende anlegg var langt fra tilstrekkelig til å redusere lusenivået til under 0,3 millioner hunnlus om våren, men ga vesentlige reduksjoner i behovet for lusebehandlinger.

4.3.2 Effekten av Strategisk implementering av null-utslippsteknologi i testområde Nordhordland

Det har tidligere blitt beregnet at svært lave lusetall per fisk må oppnås for at dødeligheten på vill post-smolt av Atlantisk laks skal ligge på under 10% i PO3 (Sandvik mfl. 2021). Det har også tidligere blitt vist at enkelte anlegg opptre som «supersmittere», at branngater mellom brakkleggingssoner vil gi god effekt (Samsing mfl. 2019), og at strategisk lukking av de anleggene som sprer mest lus til andre vil gi størst effekt (Huserbråten mfl. 2020a).

I prosjektet «Fra Rød til Grønn kyst» har det blitt utviklet en metapopulasjonsmodell (vedlegg 4) der lusepopulasjonene på anleggene får utvikle seg i et dynamisk system som funksjon av vanntemperatur, og der luselarvene sprer seg mellom oppdrettsanleggene i en hydrodynamisk partikkelsprednings-modell (Kragesteen mfl. 2023; Huserbråten og Johnsen 2022; Dalsøren mfl. 2020). Rensefisk ble satt ut i modellen etter samme årstidsvariasjon som vi finner fra historiske data, og avlusinger ble utført innen 14 dager etter at antall voksne hunnlus pr fisk (LPF) hadde passert den lovlige lusegrensen (0,2 om våren, 0,5 resten av året). På bakgrunn av kommentarer i dialogmøtet 14. desember 2023 vil tidspunktet for avlusingen bli endret til det tidspunkt antall LPF i anlegget overskrider lusegrensen i framtidige analyser. Vi forventer imidlertid at dette vil ha liten påvirkning på hovedkonklusjonene våre i denne studien.

Testområde Nordhordland ble valgt for å svare på spørsmålet fra 8 kommuner i Nordhordland (sørlige del av PO4) om hva som vil være det mest effektive tiltaket de kan sette inn for at PO4 skal komme i grønt.

Modellen ble først kjørt for alle lokalitetene i PO4. Deretter ble lokaliteten som smittet mest til andre lokaliteter «lukket» og nye simuleringer utført inntil 40 av de totalt ca. 60 lokalitetene i Nordhordland var lukket. Selv om bare lokaliteter i Nordhordland ble vurdert for lukking er effekten sett samlet for hele PO4, da forvaltningsgrep tatt i Nordhordland er forventet å gi ringvirkninger for de fleste nedstrøms lokaliteter innenfor rimelig avstand.

Konklusjonen basert på disse foreløpige simuleringene er at strategisk lukking er mest effektivt for de første 5-6 lokalitetene, etterfulgt av en mer moderat effekt frem til ca. 20 lokaliteter er lukket, og at det er liten eller ingen effekt av å lukke mer enn 20 lokaliteter av de 60 lokalitetene i Nordhordland når en ser på effekten i hele PO4. Modellkjøringen viste at lukking av 10 lokaliteter i Nordhordland ga 37% færre avlusninger (Tabell 1 i appendiks). Dette tyder videre på at lukking av kun de 5-6 lokalitetene i Nordhordland som sprer mest til andre lokaliteter vil bety mye for hele PO4. Ytterligere lukking vil være mer hensiktsmessig i andre deler av PO4 (eksempelvis i Sognefjorden), og da vil en forvente å få en enda større effekt på smittenettverket og behov for avlusninger i hele PO4.

4.4 Økonomiske vurderinger

4.4.1 Behov for store investeringer og andre kostbare tiltak

For å redusere lusestrykket til nivåer som gir grønt lys i trafikklyssystemet og samtidig oppnå en akseptabel velferd for oppdrettslaksen har samfunnet og næringen behov for at havbruksselskapene gjennomfører kostbare tiltak på mange områder. Det er nødvendig med investeringer i nye «0-lus-» og «lav-lus-» teknologier, samt gjennomføring av andre kostbare tiltak, f.eks. endring av sesongmønstre i sjø-produksjonen i åpne anlegg.

Flere forhold gjør imidlertid at havbruksselskapene mangler insentiver til å investere tilstrekkelig:

1. MTB-tillatelser for produksjon i sjø blir priset av myndigheter og næring av den bedriftsøkonomiske avkastningen de gir for anvendelse i eksisterende åpne havbruksanlegg, mens negative eksterne kostnader fra slike anlegg i form av lakselus og fiskesykdommer ikke blir priset inn.
2. Det er en høy risiko knyttet til den biologiske, tekniske og økonomiske ytelsen til umodne 0-lus-teknologier, f.eks. semi-lukkede anlegg.
3. Ved postsmoltproduksjon i semi-lukkede anlegg er det risiko for at oppdretter ikke får flytte fisken til matfisk-anlegg for videre tilvekst til slakteklar fisk grunnet biosikkerhetsregelverk og sykdomshendelser.
4. Det er «gratis-passasjer»-problemer blant oppdretterne, fordi tiltak hos noen havbruksselskaper som reduserer lusepopulasjonen i et område kan gi insentiver til andre selskaper å la være å gjennomføre tiltak.
5. Det er usikkerhet om kostbare tiltak som skal redusere lusepopulasjonen i et område gir en effekt i forhold til trafikklys, grunnet for eksempel naturgitte faktorer som temperaturendringer, og variasjoner i tilførsel av lakselus fra andre områder.

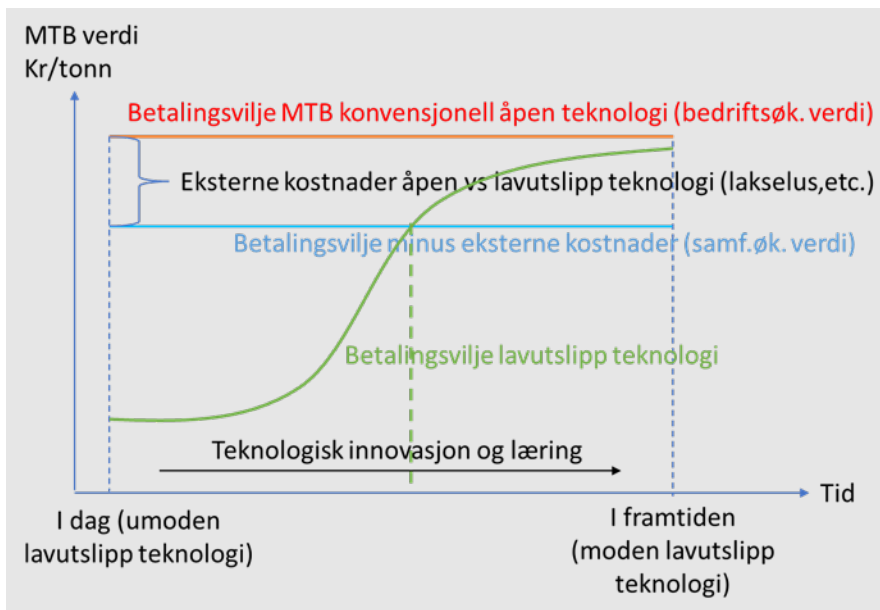
4.4.2 Insentiver for investeringer 0-lus-teknologi

Forhold som kan føre til for små investeringer i lukket teknologi i forhold til det som er optimalt for samfunnet, er at havbruksselskap i sine investeringskalkyler ikke tar tilstrekkelig hensyn til at produksjon i lukket anlegg også vil gi lavere lusepåslag for andre havbruksselskaper og dermed øke deres lønnsomhet, og at de ikke tar tilstrekkelig hensyn til lusestrykk på vill laks. Dermed blir den bedriftsøkonomiske kalkylen forskjellig fra den samfunnsøkonomiske kalkylen. Myndighetenes grenser for lusepåslag kan gi noen insentiver, men hvis havbruksselskapet tror at det kan holde seg innenfor lusegrensene på lokalitetsnivå med åpne anlegg og lusebehandlinger med lavere kostnader, så er trolig ikke insentivene til å investere i lukket teknologi sterke nok.

Vi har i Figur 4.2 illustrert situasjonen med en moden åpen teknologi som oppdretter kjenner godt og en umoden lavutslippsteknologi. Havbruksselskapet har en betalingsvilje per tonn MTB for den konvensjonelle teknologien som er gitt ved den røde linjen. Denne betalingsviljen bestemmes av nåverdien av framtidige overskudd som ett tonn MTB forventes å gi. Men selskapet har ikke internalisert de eksterne kostnadene andre påføres per tonn MTB gjennom ulike typer smittepress og utslipp, hvis myndighetenes reguleringer gjør at de ikke internaliserer disse.

Dersom selskapet hadde internalisert disse eksternalitetene ville betalingsviljen for MTB ligget på den blå linjen. Den nye lavutslippsteknologien er umoden, hvor høye investeringskostnader, usikker biologisk -økonomisk ytelse og høyt avkastningskrav (risikopremie) gjør at et tonn MTB har en lavere verdi, som vist med den grønne linjen som viser betalingsviljen for lavutslipp teknologien.

Over tid vil bedre kunnskap og innovasjon - gjennom forskning, driftserfaringer og videre utvikling av teknologien - føre til at det blir mer lønnsomt å investere i lavutslippsteknologien. Dermed stiger betalingsviljen for lavutslippsteknologien, som indikert med den grønne linja. Men dette er avhengig av at man får tilstrekkelig erfaring gjennom fullskala produksjon med flere ulike konsepter, og lærer hvilke teknologier som fungerer best. Videre at man får systematisk forskningsbasert kunnskap om hele det komplekse samspillet mellom biologi, teknologi og økonomi, og hvilke valg og løsninger som kan gi god fiskevelferd og lønnsomhet.



Figur 4.2. Betalingsvilje for konvensjonell åpen teknologi og ny lavutslippsteknologi

Når lønnsomheten ved bruk av lavutslippsteknologi er lavere enn for konvensjonell teknologi, så vil en oppdretter tape økonomisk på å overføre MTB som brukes for konvensjonelle åpne anlegg til lavutslippsanlegg. Dermed får ikke næring og samfunn den læring og innovasjon som er nødvendig for å utvikle dette alternativet. Dette er en markedssvikt, og da er det myndighetenes rolle å finne virkemidler som kan korrigere for denne markedssvikten.

4.4.3 Virkemidler for å stimulere til investeringer i 0-lus-teknologi

I NOU 2023:23 er det gjort rede for flere virkemidler - både "pisk" og "gulrot" - for å stimulere til innovasjon og investeringer i teknologier med lavere miljøavtrykk. Avgifter og kvoter er virkemidler som kan gi insentiver til å redusere miljøavtrykk, herunder lusetrykk. Innføring eller endring i bruk av slike virkemidler nasjonalt har trolig en lengre tidshorisont. Her fokuserer vi på tiltak som det kan være mulig å innføre med en kortere tidshorisont, også hvis det innføres som en regional pilot-ordning.

Et virkemiddel er å ha en lavere pris på MTB for lavutslippsteknologier enn for åpne teknologier. Vi har påpekt to samfunnsøkonomiske begrunnelser for å ha en «subsidie» av lukket/semi-lukket teknologi sammenlignet med konvensjonell åpen merdteknologi, den (1) biologiske og økonomiske ytelsesrisikoen for en umoden teknologi og (2) at eksternaliteter ikke inkluderes i det bedriftsøkonomiske regnestykket. «Subsidie» betyr her ikke at myndighetene betaler ut en støtte, men kan være at prisen for ett tonn MTB er lavere enn for åpne anlegg.

Her er det flere muligheter:

1. For ny MTB som legges ut kan prisen være lavere hvis den legges i lukkede sjøanlegg.
2. Ved konvertering av ett tonn eksisterende MTB fra åpent anlegg til bruk i lukket anlegg så får oppdretter mer enn ett tonn MTB til bruk i lukket anlegg.
3. MTB som har blitt trukket ned på grunn av rødt lys i Trafikklyssystemet kan anvendes i lukkede sjøanlegg av de selskapene som har blitt utsatt for nedtrekk, altså teknologier som for alle praktiske formål ikke påvirker lusepopulasjonen og dermed trafikklyset. Det er samfunnsøkonomisk sløsing å ha et tvungent nedtrekk dersom private selskaper er villige til å anvende nedtrukket MTB i lukkede anlegg. Dette handler også om å gi individuelle selskaper muligheter til å redusere sine økonomiske tap i et system som straffer kollektivt, og hvor det enkelte selskap kan ha hatt ansvarlig og god drift.
4. For øvrig mener Havbruksutvalget i sin NOU (2023:23) at nedtrekk ikke lenger bør være en del av Trafikklyssystemet.[10] Da blir konvertering til produksjonsformer med 0-lus-utslipp eller lave utslipp et alternativ for områder som kommer i rødt.
5. I Vestland fylke er det allerede gjort betydelige nedtrekk av MTB. Ved å inkludere disse MTB-volumene sammen med eventuelle andre fremtidige nedtrekk, så øker muligheten for å utnytte kapasiteten i 0-lus-teknologier med tilstrekkelig MTB, og dermed blir insentivene til å investere i 0-lus-teknologier sterkere.

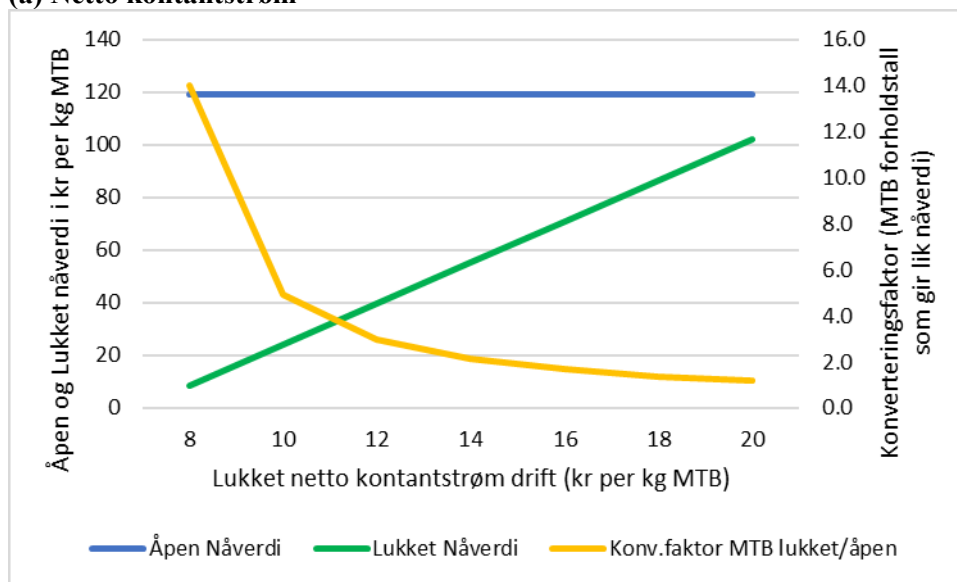
4.4.4 Konvertering av MTB fra åpen teknologi til 0-lus-teknologi

Ordninger for konverteringer av «åpen» MTB til «lukket» MTB hvor forholdstallet er større enn 1 kan være en måte å gi bedriftene tilstrekkelig insentiver til å investere i lukket (eller 0-lus) teknologi. Det er svært krevende å estimere den konverteringsfaktoren for MTB fra «åpen» til «lukket» (i forhold til lus) teknologi som gjør at oppdretter vil konvertere. Dette skyldes den store usikkerheten knyttet til biologisk, teknisk og økonomisk ytelse til f.eks. semi-lukkede anlegg.

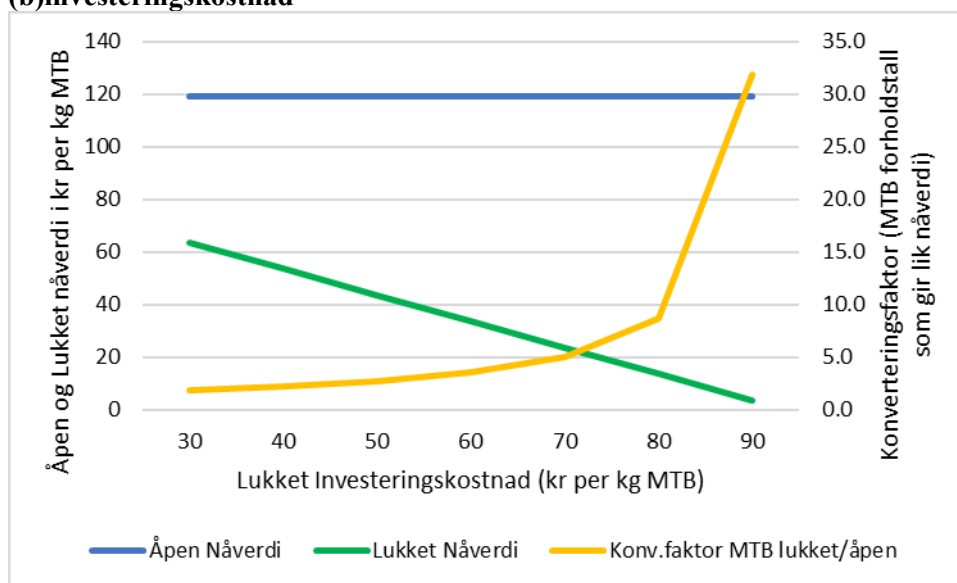
Det er oppdretternes vurdering av nåverdien av investeringer i 0-lus-teknologi versus nåverdien av å beholde MTB i åpen teknologi, som vil bestemme den konverteringsfaktoren som gir dem tilstrekkelige insentiver til å investere i 0-lus-teknologi. Vi har gjort sensitivitetsanalyser av nåverdi ved å investere i 0-lus-teknologi gitt tre nøkkelfaktorer - netto kontantstrøm, investeringskostnad og avkastningskrav.

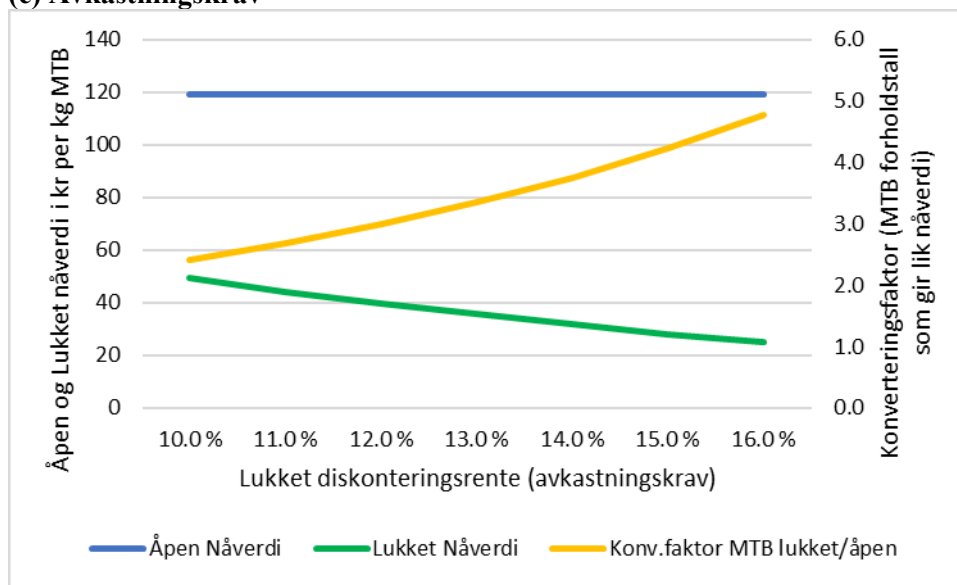
Figur 4.3 viser at den konverteringsfaktoren som gjør selskapene indifferent (likegyldig) mellom de to teknologitypene ligger fra 1:2 og oppover i våre simuleringsmodeller. Det er altså nødvendig å ha en konverteringsfaktor hvor ett tonn åpen MTB konverteres til minst to tonn MTB i 0-lus-teknologi for å gi tilstrekkelige insentiver til å investere. Innovasjon og læring vil redusere konverteringsfaktoren over tid.

(a) Netto kontantstrøm



(b) investeringskostnad



(c) Avkastningskrav

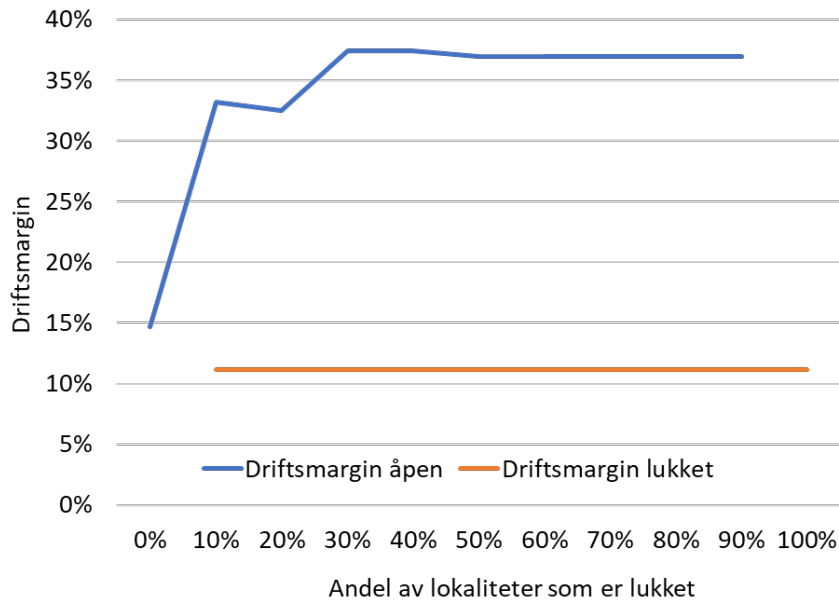
Figur 4.3. Sensitivitetsanalyser som viser hvordan konverteringsfaktor mellom åpen og lukket MTB er avhengig av (a) Netto kontantstrøm, (b) investeringskostnad og (c) avkastningskrav

4.4.5 Ny biologisk og økonomisk likevekt

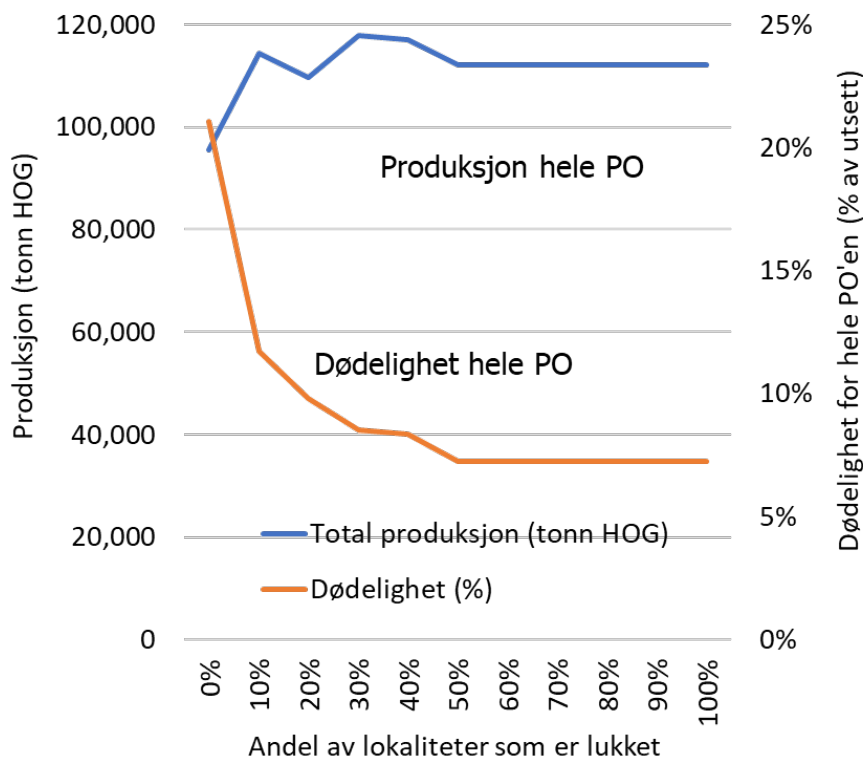
En vellykket politikk med virkemidler som gir tilstrekkelige insentiver til investeringer i 0-lus-teknologi og andre kostbare tiltak vil kunne gi en ny biologisk og økonomiske likevekt med grønt lys i trafikklusystemet, bedre fiskevelferd og høyere verdiskaping og sysselsetting.

Vi har foretatt en samfunnsøkonomisk analyse hvor vi viser hvordan innføring av 0-lus-teknologi påvirker lusepopulasjon og biologiske og økonomiske resultater i havbruksnæringen.

Simuleringsanalyser gjort av Havforskningsinstituttet viser at strategisk lukking av enkeltlokaliteter med relativt høyt smittepress kan gi et betydelig redusert smittepress av lus i et produksjonsområde med høyt lusepress. Delvis lukking av lokaliteter kan derfor både redusere smittepresset av lus og samtidig øke lønnsomheten til de resterende åpne merdanleggene (Figur 4.4), f.eks. som følge av redusert behov for avlusninger som kan gi dødelighet (Figur 4.5). Gitt forutsetningene i modellen, viser analysen at lukking av en mindre andel av produksjonen kan gi de ønskede effekter. Med de forutsetningene vi har gjort i simuleringsmodellen så fører økt lukking av produksjonen til redusert dødelighet hos oppdrettslaksen, som igjen øker driftsmarginen i åpne anlegg, opp til en lukket andel av lokaliteter på 20-30%. Dersom det skjer en ytterligere lukking av produksjonen så blir det ikke en ytterligere biologisk gevinst i form av redusert dødelighet. Totaleffekten av en økning i produksjonsandelen til 0-lus anlegg ut over 20-30% blir da at den gjennomsnittlige driftsmarginen i næringen synker, fordi 0-lus anlegg har høyere produksjonskostnader enn åpne anlegg. Det er rimelig å anta at ved en betydelig økning i MTB i et produksjonsområde så vil den andelen av 0-lus lokaliteter som gir høyest samlet lønnsomhet og verdiskaping måtte øke ut over de nivåene som er vist her.



Figur 4.4. Driftsmargin for åpne og lukkede merder med økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket.



Figur 4.5. Produksjon og fiskedødelighet med økende andel av lokalitetene som lukkes.

5 Diskusjon

5.1 Innledning - mål for prosjektet

Målet for prosjektet var å framskaffe et kunnskapsgrunnlag for beslutning om eventuelle tiltak for å bedre situasjonen med tanke på lus og dødelighet i PO 3 og PO4. Vårt forslag til mål for et slikt tiltak har vært å sikte mot grønn kyst (grønn vurdering i Trafikklyssystemet) og ned mot 5% dødelighet.

Målet om grønn kyst henspeiler på Trafikklyssystemet, og angir næringens effekt på villaksen ved påslag av lus på utvandrende villsmolt. Grønt åpner for videre vekst, men også for bedre velferd, omdømme, mer aksept og reell bærekraft. Dette er i tråd med anbefalingene som kom i NOU 2023-23, der en peker på at produksjonen må være innen akseptable rammer. For at PO3 og PO4 skal komme i grønt, må lusenivået reduseres vesentlig.

Når vi har valgt å sette ned mot 5% dødelighet som et mål i prosjektet, er det fordi det er på dette nivået de beste utsettene ligger i dag. Målet er også satt for å presse fram nytenking. En kan komme i grønn kyst ved å behandle fisken så ofte at den ikke har lus, men da vil en oppleve en enda høyere dødelighet og dårligere fiskevelferd. Videre vekst i åpne merder vil bare forverre lusesituasjonen, og dermed potensielt dødeligheten, dersom det ikke gjøres nye grep. Ifølge Fiskehelse rapporten og Risikoreporten de senere år, er dødeligheten i næringen nasjonalt sett i snitt på drøyt 15%, og i PO 3 og PO 4 er den på hhv 25 og 27% i 2023 ifølge Fiskehelse rapporten. De beste regionene opererer i dag med et snitt på ca 10%. Utviklingen vedrørende dødelighet i perioden 2020-2023 går feil vei i denne regionen. Episodene i næringen og mediasituasjonen høsten 2023 og inn i 2024, i tillegg til utsagn fra Mattilsynet og også næringen selv bekrefter at dette er uakseptable nivå.

5.2 Diskusjon rundt våre funn

5.2.1 Felles forståelse for at en må gjøre noe, for næringens egen del:

Møtene med oppdrettere og forvaltning og spørreundersøkelsen viser at det er et ønske hos alle parter å få til en forbedring for næringens egen del, ut fra situasjonen med behandlingsbehov mot lus og dødelighet. Dagens regime er nedtrekk, som vi vet vil føre til betydelig reduksjon i biomassen. Alternativet er å finne tiltak som gir nok reduksjon til å komme i grønt uten så dramatiske effekter.

5.2.2 Hvor lang tid vil det ta å komme i grønt?

Om en forutsetter at beregningene gjort vedrørende lusenivået i PO3 i HI rapport 2020-18 i store trekk også gjelder for PO4, kan en ved å foreta en teoretisk øvelse med kun nedtrekk i henhold til dagens forvaltningssystem, vise at det tar rundt 20 år å komme i grønt hvis dette kun skal skje med biomassereduksjon. Konsekvensen av nedtrekkene vil da også bli en betydelig redusert biomasse i PO3 og PO4 for å kunne komme i grønt. Resultatet for 2023 indikerer at lusesituasjonen er noe bedre i PO4 enn i PO3, og en kan derfor forvente at det tar kortere tid i PO4 enn vi har angitt her.

Vi har vurdert tre ulike scenarier for å komme i grønn status i Vestland (PO3 og PO4) ved enten å se på kun nedtrekk som virkemiddel, innfasing av null-lus-teknologi på en andel av

lokalitetene, samt et tredje scenario der en ser på en antatt realistisk innfasing av en kombinasjon av ulike tiltak mot lus.

Det presiseres at tidsvurderingene gjort i prosjektet er enkle teoretiske øvelser kun ment for å illustrere at det tar lang tid å komme i grønt med dagens forvaltningsregime, men at en med en målrettet satsing kan oppnå slike resultater vesentlig raskere.

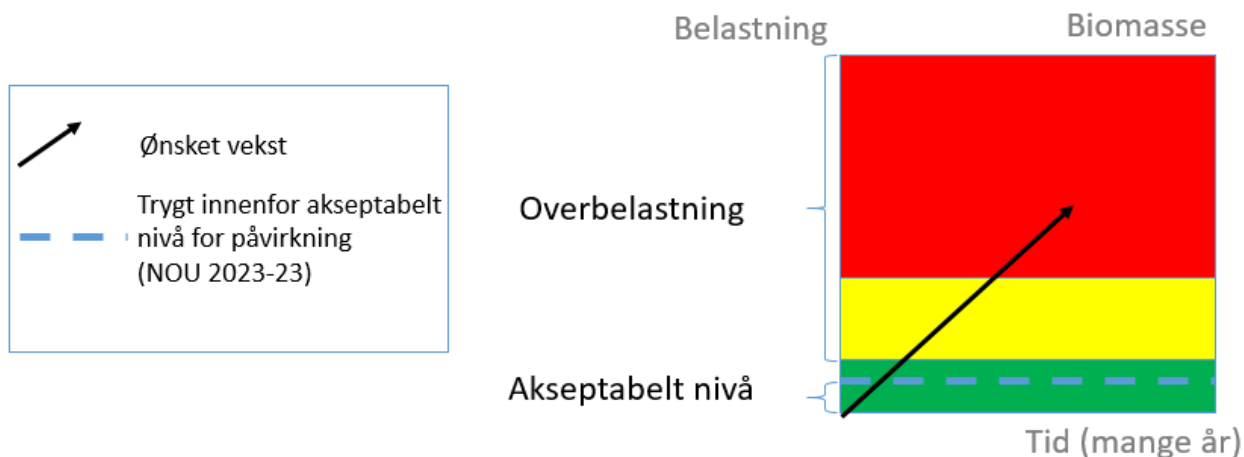
Progresjonsestimat for utvikling av lus for PO 3 og 4.									
År	Alternativ 1, teoretisk			Alternativ 2, teoretisk			Alternativ 3, forenklet, praktisk mulig		
	Effekt av kun nedtrekk			Effekt av 20% velger lukket år 0, 2 og 4			Effekt av mix av tiltak		
	Forventet Lusemengde av år -1	Biomasseutvikling %dagens nivå er 100	Trafikklyssystem Kategorisering	Forventet Lusemengde av år -1	Biomasseutvikling %dagens nivå er 100	Trafikklyssystem Kategorisering	Forventet Lusemengde av år -1	Biomasseutvikling %dagens nivå er 100	Trafikklyssystem Kategorisering
Før oppstar	100	100		100	100		100	100	
Oppstart	100	100		80	120		70	120	
2	94	94		54	134		61	117	
4	88	88		28	148		43	123	
6	82	82		28	154		35	119	
8	76	76		28	160		30	130	
10	70	70		28	166		30	136	
12	64	64		28	172		30	142	
14	58	58		28	?		30	148	
16	52	52		28	?		30	154	
18	46	46		28	?		30	160	
20	40	40		28	?		30	166	
22	34	34		28	?		30	172	
24	40	40		28	?		30	?	
B) Nedtrekk fortsetter ved gult lys for å komme i grønt			Forutsetter at videre vekst skjer i 0 lus			Forutsetter at videre vekst skjer i 0 lus systemer.			
Vekst uten vilkår, når en kommer i grønt vil gi gult igjen			Hva blir neste begrensende faktor?			Hva blir neste begrensende faktor?			

NB! Vi forutsetter at en følger dagens trafikklyssystem, men fortsetter nedtrekk også i gult lys, helt til en er i grønt

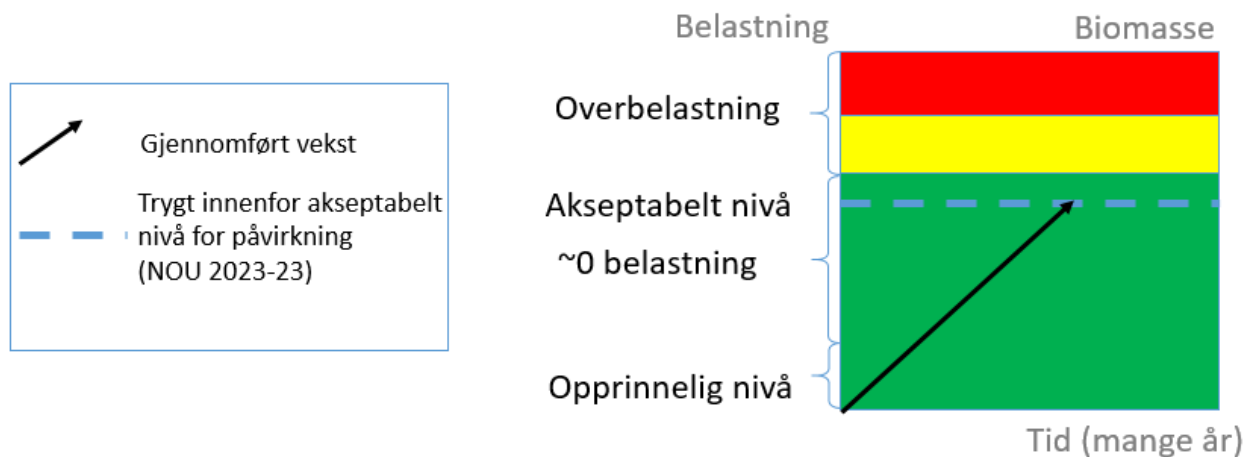
Figur 5.1. Figuren illustrerer tidslinjer for tre ulike scenarier basert på 1) kun biomassenedtrekk, 2) rask innfasing av null-lus-teknologi, og 3) en kombinasjon av innfasing av ulike tiltak mot lus vurdert som en mer realistisk tidslinje. Det forutsettes her at biomassenedtrekk skjer til en kommer i grønt, altså også ved gult lys. I alternativ 1 forutsettes det videre at en tillater ny vekst i åpne merder når en kommer i grønt, med gult som resultat. I alternativ 2 og 3 forutsettes det at videre vekst etter en har nådd grønt skjer uten at mengden lus øker, med fortsatt grønt som resultat. Spørsmålstejnene indikerer at en ved et eller annet nivå vil få en begrenning for videre vekst som følge av overskridelse av en andre faktorer, f.eks. næringsalter, areal eller annet.

5.2.3 Vurderinger av bærekraft sett opp mot NOU 2023: -23

Ifølge NOU 2023: -23 bør en styre mot en framtid der produksjonen må være bærekraftig (akseptabelt nivå, dvs. grønt), uansett hvilken parameter en måler på. I og med at det er en biologisk produksjon der belastningen på omgivelsene kan variere i tid og med vind og vær, bør man legge seg på et nivå som er trygt innenfor det som defineres som grensen for akseptabel påvirkning. En videre vekst ut over dette nivå, bør derfor ha tilnærmet ingen påvirkning på miljøet målt for den parameteren en ser på i de ulike tilfellene. (Figur 5.2). Overvåkingstallene for miljøbelastning kan brukes til å forutse om en nærmer seg grensene for bærekraft, og dermed identifisere behov for løsninger som tillater vekst uten at belastningen øker.



Figur 5.2. en prinsippskisse for miljøbelastning i tråd med målet angitt i NOU 2023-23. Svart linje illustrerer ønsket/planlagt vekst, lilla stiptet linje illustrerer det nivået en anser som trygt innenfor grensen for akseptabel påvirkning, og som settes som praktisk mål for påvirkning. Grønt, gult og rødt angir nivåer for miljøbelastning i et tenkt trafikklyssystem.



Figur 5.3. samme prinsippskisse for miljøbelastning som ovenfor med samme skala, men etter at planlagt vekst er gjennomført med løsninger som ikke gir økt belastning. Svart linje illustrerer gjennomført vekst som stopper før den overskrider bærekraftsnivået, lilla stiptet linje illustrerer det nivået en anser som trygt innenfor grensen for akseptabel påvirkning, og som settes som praktisk mål for påvirkning. Grønt, gult og rødt angir nivåer for miljøbelastning i et tenkt trafikklyssystem.

En tilsvarende vurdering kan gjøres for lus. I Trafikklyssystemet er inntil 10% dødelighet for utvandrende smolt av villaks (på grunn av lusesmitte fra oppdrettsnæringen) angitt som akseptabelt nivå for miljøbelastning. Villaksens utvandring varierer både i tid og rom. Påvirkningen av lus på vill smolt som vandrer ut gjennom fjordene våre avhenger av saliniteten i sjøen, som igjen avhenger av snøsmeltingen i fjellene, temperatur, vind, nedbør mm. Om en velger å sikte mot et nivå på f.eks. 5% dødelighet på utvandrende laksesmolt (fordi dette ansees som trygt innenfor grensen på 10% dødelighet) betyr det at all vekst i næringen, ut over den produksjonen som gir 5% dødelighet på utvandrende villsmolt, i snitt må skje på en måte som ikke fører til mer lus i sjøen. Det vil si at all produksjon over dette nivået i praksis må skje uten at luseproduksjonen øker

I praksis forstår vi dette som at en ved en eventuell implementering av forslaget i NOU 2023-23 (ved krav om at næringen, på alle nivå, både som enkeltanlegg og samlet, skal drive bærekraftig), enten må innføre 0-lus-produksjon eller redusere biomassen i de produksjonsområdene som i dag har gult eller rødt lys etter Trafikklyssystemet, dersom en ikke greier å komme ned i grønt med andre virkemidler.

Vi har i denne rapporten ikke fokusert på andre mål for bærekraft enn lus og dødelighet. Det betyr ikke at andre mål er mindre viktige, men vi har fokusert på de områdene som en nå har åpenbare utfordringer med. De løsningene som velges må også ta hensyn til næringsalter, andre utslipp, sykdommer mm. De løsningene vi har foreslått utelukker ikke at en tar slike hensyn. Ved videre vekst av næringen vil én eller flere av de andre parameterne til slutt sette grenser for hvor mye fisk vi kan produsere langs kysten når vi forutsetter reell bærekraft.

5.2.4 De mest effektive tiltakene for få kysten grønn uten å redusere biomassen:

Simuleringene viser at det, foruten biomassereduksjon, primært er 0-lus-produksjon, storsmolt/kortere produksjonstid i åpne merder i sjø og strategisk fordeling av tiltakene som gir en tilstrekkelig effekt på reduksjon i lusenivået. For PO3 tyder modeller på at en kan komme i grønn status ved strategisk å lukke ca. 1/3 av lokalitetene, dvs. innføre null-lus - teknologi på disse lokalitetene. En kan også oppnå reduksjoner i lusesmitte ved innfasing av andre tiltak, som snorkelmerder og annen lav-utslippsteknologi, som ikke ble direkte undersøkt i våre simuleringer. Felles utsett, slakting og brakklegging og andre tilpasninger av produksjonssyklus kan også potensielt gi reduksjoner i lusesmitte. Større “branngater” mellom områdene med oppdrett i åpne merder er også et tiltak som bør undersøkes nærmere.

Både forvaltning og næring har i spørreundersøkelsen pekt på at regionalisering med koordinering av utsett i ulike regioner er et tiltak de kan tenke seg. Simuleringer viser imidlertid at slik koordinering kan også forsterke luseproblemet i perioder når mange anlegg har stor fisk i sjøen.

Simuleringene viser at koordinert brakklegging og produksjon i større soner gir lavere lusetall første år, mens det andre året i sjø kan få høyere lusenivå enn uten sonering. Større brakkleggingssoner er dermed mest lovende om de kan kombineres med tiltak som reduserer lusenivået i det andre produksjonsåret. Et slikt tiltak kan være å sette ut større fisk (“storsmolt”), enten ved å holde ungfisk lenger i landanlegg eller i anlegg med nullutslipp i sjø. Fisken krever da kortere tid i åpne merder og kan slaktes ut tidligere. Med gunstig “timing” av produksjonssyklusen, kan en stor andel av fisken da slaktes ut før den mest kritiske perioden for villfisk.

De gode resultatene som simuleringene for storsmolt viser, bygger på at en bruker tiden mellom utsettene til brakklegging, altså at en ikke utnytter MTBen maksimalt. Alternativt kan en se for seg at en f.eks. setter storsmolten ut i nedsenka merder, og på den måten unngår lusepåslag fram til slakt. I så fall vil en sannsynligvis oppnå lavere lusetall gjennom hele sesongen, og i tillegg ha mulighet for å utnytte MTBen bedre.

Konvertering til 0-lus-produksjon og storsmolt/kortere produksjonstid i sjø er tiltakene som gir størst effekt mot lus. Med 0-lus-produksjon mener vi ulike produksjonsformer som hindrer påslag av lus, og der det er mulig å produsere fisk uten å måtte behandle mot lus, eller at dette bare skjer unntaksvis. Lukka merd, semilukka merd og nedsenka merd er løsninger som kommer innenfor denne kategorien. Produksjon i slike anlegg krever et nitid fokus for å

lykkes, og det kreves kunnskap for å unngå de store feilene. Produksjonen er ingen garanti mot andre sykdommer, gjellehelsen reduseres gradvis etter hvert som fisken blir eldre og fisken blir derfor mer sårbar for stress og hendelser. Om en lykkes kan imidlertid overlevelsen være på opp mot 97%, og med opp mot 97% superior i de beste produksjonene ifølge de vi har intervjuet. Utfordringen blir å sikre en jevn produksjon der en unngår dødelighetsepisoder, og der en kan gjennomføre en håndteringsfri produksjon.

0-lus-produksjon gir mest effekt på lusenivået dersom en strategisk velger ut lokalitetene. Med det mener vi at innsatsen bør først tas på lokalitetene som betyr mest for smittespredningen av lus. Dette er anlegg som har en del/mest lus og som i tillegg ligger uheldig til i forhold til havstrømmene, slik at de har stor smitteeffekt mot nedstrøms lokaliteter. Med tiltak i disse anleggene bør en kunne få PO3 og PO4 i grønt ved å innføre 0-lus-produksjon på ca. 20-30% av anleggene.

Vi har valgt å peke på de mest effektive tiltakene, og foreslår insentivordninger for disse, fordi disse grepene også innebærer størst investeringsbehov og størst biologisk risiko. I tillegg gir 0-lus-konsept redusert smittenivå gjennom hele året, noe som kan redusere dødelighetsnivået betydelig. Denne prioriteringen betyr ikke at ikke andre tiltak også bør gjennomføres - oppdretterne bør gjennomføre tiltak som de mener er mest hensiktsmessige for sin del basert på økonomisk evne, lokalitet, risikovillighet mm.

5.3 Andre forhold av betydning for resultatet

5.3.1 Vurderinger vedrørende dødelighet av oppdrettsfisk

Vi velger å gjøre noen vurderinger vedrørende dødelighet i og med at PO 3 og PO 4 har en høy dødelighet, lus forårsaker dødelighet gjennom behandlings- og håndteringsbehov, og løsningene som velges i kampen mot lusa må vurderes også opp mot dødelighet.

5.3.1.1 Behovet for å konkretisere et mål for dødelighet

«Bærekraft», «uakseptabelt» og «akseptable nivå» er uttrykk som gir store rom for fortolkning. Dersom en definerer grenser eller mål med tall, vil det være lettere for forvaltning, næring og leverandørindustri å forstå hvilke nivå som er akseptable, og hvilke løsninger som gjør det mulig å nå målene. Tallfesting på et oppnåelig nivå kan også bidra til å bedre næringens omdømme. Men hva skal vurderes som oppnåelig?

I PO 3 og PO 4 er dødeligheten for regionene ligget på ca 20 % og høyere i flere år, og tendensen i senere år er svakt stigende. Det er enighet om at dødeligheten er for høy, og at kostnadene for tiltak mot lus er for høye. Om en nå velger å gjøre ekstraordinære tiltak mot lus forventer vi at situasjonen bedres også for dødelighet, og det er det naturlig også å vurdere om tiltakene som planlegges fører til dødelighet i seg selv. Overgang til mer 0-lus-produksjon kan/vil medføre dødelighet inntil kunnskapsgrunnlaget for slik produksjon er bedre. Om dødeligheten blir så stor som en ser med dagens situasjon vet vi ikke, men uten tiltak og forbedring i lusesituasjonen vil dødeligheten antakelig forbli høy. Flere selskap sikter i dag mot mest mulig håndteringsfri produksjon. Lykkes en med det vil dødeligheten forhåpentligvis reduseres betydelig.

I denne prosessen er det naturlig å se på hvor langt ned en kan komme - hva er reelt oppnåelig? Tilsvarende er det naturlig å se på hva som skal til for å komme til et gitt nivå for dødelighet. Er det mulig å komme ned i 5%? Hva vil det kreve?

5.3.1.2 *Bør det stilles særlige krav vedrørende fiskevelferd/dødelighet ved 0-lus-produksjon?*

Kunnskapsgrunnet for produksjon i ulike former for 0-lus-konsept er relativt begrenset. En risikerer derfor at en i en overgangsperiode vil oppleve mange barnesykdommer/problemer. Dette kan resultere i episoder med høyere dødelighet. På den andre side har noen også hatt svært god erfaring med lav dødelighet i flere av 0-lus-konseptene som har vært i drift over flere år, som ulike løsninger for lukka merd. Det er den brede forståelsen av muligheter og begrensninger for slik produksjon som mangler, samt grunnleggende kunnskap om hva slik produksjon krever for at det skal fungere stabilt godt over tid.

Det vil være risiko ved innføring av nye løsninger, samtidig som det vil være krevende å få fullgod dokumentasjon på slik risiko før en tester ut slik teknologi i stor skala. Dette gir et særlig behov for både grundige gjennomganger før slik teknologi testes i full skala, det kan være behov for testing av ny teknologi i noe mindre skala først, - og det vil være naturlig med tett oppfølging i den tidlige kommersielle fasen for å følge opp erfaringer med fiskevelferd og dødelighet. For å øke tryggheten i utprøvningsfasen av 0-lus-produksjon kan det være aktuelt å definere avbruddskriterier.

Flere som har prøvd seg på andre produksjonsformer enn standard åpne merder har opplevd problemer, både med produksjon og utstyr. Det fagfelleverderte kunnskapsgrunnet for produksjon i 0-lus-konsept er foreløpig tynt. En av årsakene til dette er at de miljøteknologitillatelsene som ble gitt hadde for lite volum, for få enheter, for få lokaliteter, for kort tid, og kunnskapen ble i liten grad generert på en måte som kunne sammenliknes, og den ble i liten grad delt. Resultatet er at 0-lus-produksjon fortsatt er et høyrisikoprojekt, både biologisk, teknisk og økonomisk. Allikevel er det mye som tyder på at vi må beherske slik produksjon dersom veksten langs kysten skal kunne fortsette, gitt at den skal være bærekraftig. En rask oppbygging av en nasjonal kunnskapsbase vil redusere risikoen.

På den positive siden kan innfasing av null-lus-teknologi kraftig redusere eller fjerne behovet for stressende lusebehandlinger og dermed potensielt bidra til bedre velferd og lavere dødelighet. De som har lyktes får til en like god eller bedre produksjon enn de fleste som produserer i åpne merder. Analyser i dette prosjektet av strategisk innfasing av null-lus-teknologi på en mindre andel av lokalitetene i PO4, tyder på at avlusningsbehovet i hele produksjonsområdet vil kunne gå betydelig ned, og dermed potensielt bidra til bedre velferd og lavere dødelighet i hele området, også i de konvensjonelle åpne merdene

5.3.1.3 *Dødelighet som følge av driftsregimet og håndtering ved tiltak mot lus*

Fiskehelse rapporten og Risikoreporten har i flere år vist at lus er den primære driveren av dødelighet, noe som gjenspeiles i dødelighetstallene for de respektive produksjonsområdene. Dødelighetsnivået følger i stor grad lusemengden i regionen, primært som følge av håndtering på grunn av behandling mot lus, men også som følge av andre sykdommer, alger og ulike uønskede hendelser mm. Dødelighet som følge av håndtering (for eksempel i forbindelse med behandling mot lus) forsterkes som følge av andre sykdommer som svekker fisken. Tilsvarende kan en forvente at behandlingene svekker fisken og gjør den mer mottakelig og sårbar for annen sykdom. Behandlingene mot lus ser også ut til å gi økt risiko for spredning av sykdommer.

Dagens forvaltningsregime mot lus har stort fokus på å holde lusesmitten (målt pr. oppdrettsfisk) lavt (mindre enn 0,2 kjønnsmodne hunnlus pr. fisk) i en kortere periode på

vår/forsommer for å redusere smittepresset i forbindelse med utvandringen av smolt av villaks. Resten av sesongen er grensen 0,5 kjønnsmodne hunnlus per fisk. Ordningen tillater 6% vekst hvert annet år inntil regionene er i gult eller rødt. Med rødt lys gis det nedtrekk i biomassen, mens det ikke er noen regel for å bedre situasjonen dersom lyset er gult.

Oppdretterne har ulike tiltak for å redusere antall lus i sjøen på våren, f.eks. utslakting/reduert biomasse, utsett av renseskisk, behandling og bruk av ikke-medikamentelle og medikamentelle metoder, og behandlingene kan koordineres for å oppnå best mulig effekt. Dersom en oppnår lave lusetall og lavt smittepress i produksjonsområdet i ukene før og under utvandringen av villsmolt, kan en oppnå grønt lys, og dermed få tillatelse til 6% vekst.

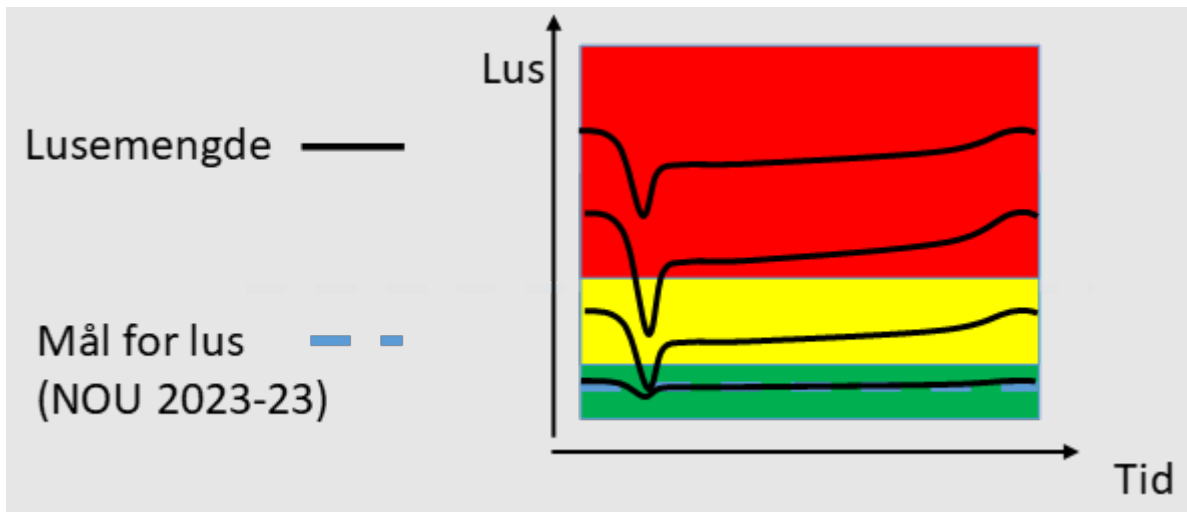
Imidlertid ser en at lusenivået ofte stiger raskt i ukene etter perioden med lave lusegrenser, noe som indikerer et høyt lusepress i vannmassene, og som fører til økt behov for avlusinger ved høye vanntemperaturer. Økt behandlingsbehov fører til økt håndtering, som igjen gir økt dødelighet.

I Figur 5.4 illustreres denne situasjonen, og den viser at lusemengden utover sommer og høst i produksjonsområder som ligger i gule og grønne områder trolig ligger høyere enn i perioden som bestemmer fargeangivelsen i Trafikklyssystemet. Figuren er ment som en illustrasjon av situasjonen, og er ikke en eksakt beskrivelse. Historiske data viser at smittetrykket utover sommer og høst er høyere enn nivået når smolt av villaks går ut om våren.

Figuren synliggjør også hvorfor sjøørreten sliter mer i dagens forvaltningsregime enn villaksen gjør, i og med at sjøørreten bruker de nære kystområdene til oppvekst utover sommer og høst, og er dermed mer eksponert for lusesmitten gjennom hele sesongen. Den utsettes dermed sannsynligvis for høyere lusenivåer enn undersøkelsene i Trafikklysordningen tilsier at den ville laksesmolten gjør, med enten påfølgende dødelighet, eller endret adferdsmønster ved at den oppsøker bekker og elveos for å bli kvitt lusa. Den endrede oppførselen gir lavere tilvekst, og de blir derfor mer utsatt for predasjon/dødelighet og får redusert reproduksjonspotensiale slik at bestandstilveksten blir lavere.

Skal en unngå dødeligheten som denne smittesituasjonen gir for oppdrettsfisken, må en sørge for å holde lusenivået/smittepresset nede på ønsket nivå gjennom hele året ved tiltak som innebærer en mer håndteringsfri produksjon. De selskapene vi har snakket med i prosjektet som har prøvd 0-lus-produksjoner, har sett at vellykket håndteringsfri produksjon gir bedre overlevelse og høyere superiorkvalitet på fisken. En forutsetter da at en behersker de nye utfordringene som slik produksjon av fisk gir, slik at en unngår dødelighet av andre årsaker. De oppgir imidlertid også at slik produksjon er krevende, og at feil lett gir dødelighet. Det å bygge kunnskap som trygger en slik produksjon er derfor avgjørende.

Et økt fokus på å holde lusenivået lavt gjennom hele produksjonssyklus er etter vår vurdering i tråd med forslaget i NOU 2023-23 om å styre næringen mot et nivå som er godt innenfor det som angis som en grense for akseptabel påvirkning av miljøet.



Figur 5.4. Illustrasjon av lusesmitte gjennom året angitt for (sett fra toppen) rødt, gult og grønt nivå, i de regionene der en gjør en ekstra innsats for å få ned lusesmitten på vår/forsommer når smolt fra villaks går ut til havet. Nederste linje illustrerer lusenivå i fremtiden (slik vi tolker forslaget i NOUen), der en søker å holde seg innenfor trygt nivå sett opp mot maksimumsgrensen for akseptabelt (grønt) nivå gjennom hele året.

5.3.2 Andre sykdommer enn lus

En omlegging til en mer lusefri produksjon vil ikke nødvendigvis redusere eller være noen garanti mot annen sykdomssmitte i anleggene, men dersom en oppnår en mest mulig håndteringsfri produksjon vil en sannsynligvis kunne redusere dødeligheten betydelig. I det pågående FHF-finansierte prosjektet Optilok blir betydningen av områdeorganisering og brakkleggingssoner for spredningen av andre sykdommer enn lakselus undersøkt.

5.3.3 Hva er alternativet til 0-lus-produksjon?

Som nevnt tidligere, medfører en overgang til 0-lus-produksjon en biologisk, teknisk og økonomisk risiko. Når vi allikevel foreslår dette som en løsning, er det fordi alternativet enten er å fortsette som før (med nedtrekk som eneste grep), eller målrettede forvaltningsgrep som styrer næringen mot en mer bærekraftig utvikling. Vi anser det å beherske 0-lus-produksjon som kritisk for å oppnå grønn miljøstatus. Det er ikke gitt at en lykkes, men slik produksjon kan være ett av de viktigste tiltakene mot lus i oppdrettstette regioner. Mange i næringen ser dette, og flere selskap tester ut løsninger. Det kan være avgjørende for videre vekst for store deler av kysten, dersom en forutsetter bærekraft og lav dødelighet. Om man ikke lykkes med slik 0-lus produksjon blir det svært krevende å komme i grønt. Å få avklart hvilke muligheter og begrensninger som gjelder for denne produksjonsformen er derfor viktig, og det haster.

5.3.4 Utfordringer vedrørende måloppnåelse, både for smittenivå, dødelighet, og tillatelse til å prøve dette i praksis.

Når våre modeller viser at 0-lus-produksjon hos 20-30% strategisk utvalgte lokaliteter er tilstrekkelig, må en ta høyde for at dette er basert på en begrenset undersøkelse for ett område. En eventuell utprøving må derfor følges opp i felt for å dokumentere reell effekt i praksis.

Vi viser at skjerming mot lus i tid og/eller rom er det mest effektive tiltaket for å redusere lusesmitten. Dersom det gjøres tilfeldig, krever det trolig tiltak for opp mot 60% av lokalitetene. Dersom en gjør det på strategisk utvalgte lokaliteter, holder det trolig med 20-

30%. Vi forutsetter da at denne fisken er reelt skjermet helt fram til slakt. Ut fra diskusjonene ser det ut til at mange oppdrettere planlegger semilukka produksjon for storsmolt, dvs. at siste del i produksjonen foregår i tradisjonelle åpne merder, og at fisken i siste fase dermed eksponeres for lus. Dette kan/vil trolig påvirke måloppnåelsen. Et tiltak kan være å sette storsmolten i nedsenka merder.

Våre modeller tilsier at 20-30% skjerming holder hvis hele lokaliteten lukkes/nedsenkes, ved å velge strategisk viktige lokaliteter. I så fall må eierne av disse lokalitetene få lov til, og de må ønske, å konvertere hele sin biomasse på lokaliteten. Dersom bare deler av lokaliteten lukkes eller nedsenkes vil luseproduksjonen i beste fall reduseres tilsvarende. Erfaringer i næringen tilsier at en opplever større fare for smitte på de semilukka eller nedsenkede enhetene hvis en har åpne merder på samme lokalitet. Effekten for resten av regionen vil i så fall også reduseres. Denne situasjonen må vurderes nærmere og følges opp i felt.

Målet er å få hele PO3 og PO4 i grønt. Dersom en velger å gjennomføre et tiltak for en mindre region, vil en ofte kunne forvente lavere effekt, fordi nesten alle områder i PO3 og PO4 får smitte fra naboregionene. Et slikt område bør derfor velges etter nøye vurderinger, der mulighet for måloppnåelse sett ut fra smitte fra andre områder inngår i vurderingen.

Ideelt sett kunne en tatt for seg hele kysten fra PO 2 til og med PO 7 i et slikt tiltak i og med at smitteutvekslingen mellom regionene er stor, spesielt smitten fra sør mot nord i vinterhalvåret.

Selv om målet er å få hele regionen i grønt kan det allikevel være lettere å starte i det små, og en kommer ofte lengst med frivillighet. Dersom aktørene i mindre områder innen PO 3 og PO 4 er motivert til å finne løsninger kan en se for seg at det startes med å lage en teoretisk, og i første omgang uforpliktende, flerårig plan for alle i regionen, Om næringen presenterer en slik plan for forvaltningen i sitt område kan en kanskje få de med på øvelsen, og så la forskningen kjøre simuleringer for å finne de (teoretisk sett) beste løsningene. Da vil alle på forhånd vite hva dette vil kreve og hva en kan oppnå, og dermed få større trygghet for å satse. Dersom en lykkes med en slik øvelse, kan en kanskje få tillatelse til å prøve ut en slik ordning? Om flere regioner gjennomfører den teoretiske øvelsen vil kanskje flere lykkes med å få aksept, og dermed en mulighet for å prøve dette i praksis i flere områder.

Noe av hensikten med denne rapporten var å se om en kunne finne løsninger for å komme i grønt på kortere tid enn nedtrekket gjør. Slike små grep som beskrives ovenfor tar tid, og dersom de gjennomføres kun i få områder minsker sannsynligheten for at regionen kommer i grønt. Dersom flere/mange regioner gjør denne øvelsen samtidig, kan imidlertid effekten bli stor uten nødvendigvis å ta så lang tid.

5.3.5 - Postsmoltproduksjon - hvordan sikre at fisken kan flyttes?

I forbindelse med produksjon av postsmolt i sjø er det et kjent problem med forutsigbarhet vedrørende flytting til matfiskanlegg fram til slakt når dette er på en ny lokalitet. Flytting av fisk er risikabelt med tanke på spredning av sykdom. Hvordan forvaltningen skal/vil forholde seg til dette er derfor usikkert. Det pågår ulike arbeider som vil belyse denne problemstillingen. I dag bidrar biosikkerhets-problematikken knyttet til flytting å øke risikoen for oppdrettere som investerer i semi-lukkede anlegg for postsmoltanlegg.

5.3.6 Strategisk lukking av lokaliteter: Hvordan skal oppdretterne som har lokaliteter med størst betydning for lusesmitten kunne motiveres for tiltak, og akseptere?

Våre resultater viser at innsats på lokaliteter med stor betydning for lusesmitten er viktig for å oppnå en god effekt i hele regionen. Dette er ikke nødvendigvis de anleggene som har mest lus per fisk, men de kan ha stor betydning for spredning av lusesmitten i regionen på grunn av havstrømmene. Det vil derfor være viktig for hele regionen at tiltak kan gjennomføres på slike lokaliteter. Hvordan kan en sikre/motivere at eierne av disse strategisk viktige lokalitetene benytter seg av en insentivordning? Slik vi forstår det har Mattilsynet en re-godkjenning av lokaliteter hvert femte år? Kan dette være en anledning? Bør en bruke en slik anledning, eller må alt baseres på frivillighet? Dette bør utredes nærmere.

5.3.7 Hvordan sikre enighet om veien videre?

Det er stort sprik i hvordan man opplever situasjonen, og hva man mener er rette tiltak, både mellom oppdrettere, forvaltning og forskning (men også innen disse gruppene), mellom PO-ene samt mellom og innen alle grupperinger som er tilknyttet næringen. Som spørreundersøkelsen viser, er det nesten like mange svar og forslag til løsninger som deltakere. Det er naturlig - ingen anlegg er like, noen anlegg har lite lus, lav dødelighet og grei økonomi, selv i de hardest rammede områdene. Det finnes allikevel fellestrekk, og når det gjelder lus er alle avhengige av hva naboene gjør. «Alle» er enige om er at det må gjøres noe for å rette opp situasjonen, men det krever et mål og en plan. Skal vi få til det, må noen beslutte at “dette er målet:” og “vi prøver denne måten å løse det på”. Hvem kan påberope seg en slik myndighet? Er det andre enn politisk nivå i departementet som kan beslutte dette?

Med et definert mål får man en retning, og da er det lettere for alle parter å bidra.

Alternativt kan en kanskje få til en mer forsiktig inngang beskrevet i 5.3.4 vedrørende små skritt, men også det blir lettere med et tydelig mål.

6 Konklusjon

Det er mulig å få PO 3 og PO 4 i grønt. Det er nødvendig for næringens egen del, for å få redusert behandlingsbehovet mot lus, og for å få redusert dødeligheten på oppdrettsfisk i regionen. Både aktører i næringen og forvaltningen som har svart på spørreundersøkelsen ser at en må gjøre endringer i PO 3 og PO 4. Det tar for lang tid å komme i grønt med dagens regime basert på nedtrekk. Prosjektet indikerer at strategisk konvertering av 20-30% av lokalitetene til 0-lus-produksjon kan være tilstrekkelig for å oppnå grønn status i Trafikklyssystemet.

En kan potensielt oppnå dette med både nedsenka merder og med lukkede og semilukkede merder. Lukket produksjon i sjø kan enten brukes helt fram til slakt eller til produksjon av storsmolt. Modellene indikerer at en får størst effekt av å gjøre tiltak på de lokalitetene som bidrar mest til lusespredningen.

Kunnskapsgrunnet for slik produksjon er foreløpig tynt. En slik omlegging er derfor et biologisk, teknisk og økonomisk risikoprojekt, men med en potensiell betydelig oppside og lønnsomhet. For å motivere oppdretterne til en slik omlegging kan en innføre en insentivordning.

De bioøkonomiske analysene tyder på at konverteringsfaktoren bør være på 2 eller mer for at det skal være attraktivt for oppdrettere. I tillegg bør forvaltningen stille spesifikke krav til dødelighetsnivå for å sikre et akseptabelt velferdsnivå.

Vi mener den raskeste veien for å oppnå forbedring kan skje i form av et pilotprosjekt (for utprøving av miljøfleksordningen foreslått i NOU 2023: -23) for regionen for å bedre lusesituasjonen. Et slikt prosjekt kan få stor effekt for lusenivået i hele regionen og kan, dersom en stor nok andel og de riktige lokalitetene deltar, bidra til redusert dødelighet og bedre fiskevelferd for hele PO 3 og PO4. For å sikre måloppnåelse (grønn kyst) foreslår vi at pilotprosjektet dokumenteres og evalueres med et forskningsprosjekt som har til hensikt å vurdere effekten av ulike tiltak og gi råd om eventuelle endringer for å komme i mål.

Vi vurderer at det å beherske 0-lus-produksjon er kritisk for måloppnåelsen. For å bygge et best mulig kunnskapsgrunnlag raskest mulig foreslår vi at insentivordningen støttes med krav om følgeforskning.

Å få hele Vestland i grønt er et meget stort og krevende prosjekt. For å skape trygghet og aksept for å gjennomføre et slikt tiltak er en mulighet å dele det opp til håndterlige størrelser. Om forskning, forvaltning og næring i region Vestland utarbeider en konkret felles plan for utsett og bruk av eksisterende lokaliteter i mindre områder/regioner kan forskningen gjennomføre simuleringer og økonomiske vurderinger av tiltaket. Da får alle en bedre forståelse av hva dette vil kreve og hva en kan forvente å oppnå, og dermed forhåpentligvis skape større trygghet hos alle parter og et bedre beslutningsgrunnlag for et eventuelt tiltak i disse regionene. Dersom næringen har vilje til en slik øvelse i flere slike avgrensede områder vil summen forhåpentligvis gi et tilstrekkelig løft for regionen.

Om en gjennom disse tiltakene kommer i grønt, må eventuell videre vekst skje ved produksjon i systemer som ikke gir mer lus - dersom en vil beholde grønn vurdering i Trafikklyssystemet.

Om en lykkes med et slikt tiltak forventer vi bedre samfunnsøkonomi, samfunnsaksept, vekstmulighet og bærekraft, gjennom bedre økonomi og omdømme for oppdrettere, bedre fiskehelse og fiskevelferd for oppdrettsfisken, større mulighet for bærekraftig utvikling av villaks- og sjøørretbestandene, og generelt bedre trivsel for alle med interesse for oppdrettslaks og villaks i regionen.

7 Våre anbefalinger

1. Etablering av et felles mål bilde i PO 3 og P O4 der det jobbes systematisk for å komme i grønt med lav dødelighet, helst ned mot 5%.
2. Etablering av et pilotprosjekt for miljøfleksordningen, initiert av myndighetene.
3. Etablering av ekstra insentiver for å motivere oppdrettere til å investere i 0-lus-teknologi primært rettet mot gule og røde områder.
4. Dokumentasjonsprogram for tiltakene som gjennomføres i PO3 og PO4 for å kunne vise hva som fungerer og identifisere hva som må justeres for å nå målet om grønn kyst.
5. Ved innføring av eventuelle insentiver for 0-lus produksjon bør en forutsette følgeforskning på 0-lus-konsept for å raskt bygge kritisk kunnskap for måloppnåelse i prosjektet.

Anbefalingene er svært ambisiøse, og dermed krevende å få realisert. Det kan derfor være bedre å starte i en mindre skala. For å øke tryggheten for slike prosjekt og sikre et best mulig kunnskapsgrunnlag før en eventuelt setter i gang foreslår vi at næring i mindre områder i regionen tar initiativ sammen med forskning og forvaltning utarbeider en konkret felles plan for utsett og bruk av eksisterende lokaliteter i sine områder, og at en gjennomfører simuleringer og økonomiske vurderinger av tiltaket som en øvelse på hva dette vil kreve og hva en kan forvente å oppnå, og så eventuelt prøve å få gjennomført dette i praksis. Med en slik teoretisk øvelse i forkant kan en forhåpentligvis skape nødvendig trygghet hos alle parter slik at en kan få gjennomført tiltak.

8 Referanser

- Dalsøren, S. B., Albretsen, J., & Asplin, L. (2020). New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 246, 107028.
- Huserbråten mfl., (2020a) Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3, vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi, Rapport fra Havforskningen, 12-2020
- Huserbråten mfl., (2020b) Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4, med fokus på forholdene i Nordfjord-Frøysjøen, Rapport fra Havforskningen, 48-2020
- M.B.O Huserbråten, I.A. Johnsen, Seasonal temperature regulates network connectivity of salmon louse, *ICES Journal of Marine Science*, 2022; fsac024. LENKE: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac024>
- Kragesteen, T. J., Johannesen, T. T., Sandvik, A., Andersen, K. H., & Johnsen, I. A. (2023). Salmon lice dispersal and population model for management strategy evaluation. *Aquaculture*, 739759.
- Samsing, F., Johnsen, I., Treml, E. A., & Dempster, T. (2019). Identifying 'firebreaks' to fragment dispersal networks of a marine parasite. *International Journal for Parasitology*, 49(3-4), 277-286.
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M. S., Ådlandsvik, B., & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science*, 78(5), 1781-1792.
- Tveterås, R., M.H. Bryde, G. Bruland, B. Misund, C. Walde, K.K. Abkas, A. Viga Søndena (2023). «Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk: Finnes det tilgjengelig areal for vekst?.» Stiim Aqua Cluster rapport. 14. November 2023. https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2023/11/Rapport_Baerekraftig-arealbruk-i-havbruksnaeringen.pdf

9 Vedlegg

1. Kort oppsummering av Prosjekt: arealplan Nordhordland
2. Spørreundersøkelse til næringen og forvaltningen
3. Simulering av koordinert lusekontroll i Nordfjord
4. Simulering av effekten av strategisk implementering av null-utslippsteknologi i testområde Nordhordland
5. Økonomiske vurderinger
6. Oversikt over møter og samtaler

Kort oppsummering av Prosjekt: Arealplan Nordhordaland

Kommunane Alver, Austrheim, Fedje, Gulen, Masfjorden, Modalen, Osterøy og Vaksdal har i fellesskap utarbeida ein interkommunal plan for sjøareala i kommunane. Interkommunal plan for sjøareal er ein plan på kommuneplannivå, jamfør kap. 9 i plan- og bygningslova (pbl).

I arbeidet med arealplan er det avdekka motstridande interesser som ikkje vil bli løyst i ein arealplan åleine. Ønske om å få til vekst i akvakulturnæringa i området samstundes som ein skal forvalte villaksen og sjøauren på ein berekraftig måte let seg ikkje kombinere slik produksjonen skjer i dag. I tillegg er det utfordring med miljøgifter og tilførsel av næringsstoff.

Planområdet ligg innanfor produksjonsområde 4 (PO4) for akvakultur, som per 2022 er i raud sone. Nordhordland var også eit av dei første områda som det vart starta opp akvakultur og har hatt ei utvikling over lang tid og det er lite nytt areal å finne til nye lokalitetar. Nokon av dei gamle lokalitetane er små og gir ikkje rom for meir «moderne» løysingar som krev meir plass.

I HI sin risikorapport norsk fiskeoppdrett for 2022 er konklusjonen for PO4:

- Høg risiko knytt til dødelegheit hos utvandrande postsmolt laks som følge av utslepp av lakselus frå fiskeoppdrett og
- Høg risiko for negative effektar på sjøaure som følge av utslepp av lakselus
- Høg risiko for ytterlegare genetisk endring av villaksen som følge av rømt oppdrettslaks
- Risikoen for miljøeffektar som følge av utslepp av koppar frå oppdrett er vurdert som høg

Det er difor ikkje noko som tydar på at PO4 vil kome ut av raud sone eller at dette kan løysast åleine i ein arealplan. For akvakulturnæringa representerer eit nedtrekk i produksjonen store verdiar. Året 2021 var det første året at Vestland fylke ikkje var det største fylket i oppdrett. For villaksen og sjøauren er det også tap av store verdiar som følgje av redusert bestand og me er forplikta til å legge til rette for at det kan utvikle seg på ein berekraftig måte. I Fiskehelsesrapporten for 2022 er der stor skepsis for å gi unntak for nedtrekk i produksjonen.

For å få til ein berekraftig produksjon må der vere verkemidlar som er meir målretta og samordna enn det som er i dag. Det vil vere mogleg å få til ein produksjon som reduserer dei problema som er skildra over. Ei slik endring vil krevje investering i andre teknologiske løysingar som er dyrare når det gjeld investering og drift enn dagens tradisjonelle løysingar. Det vil også vere mogleg å ha ein kombinasjon med ulike tekniske løysingar og produksjon som optimalisert på ein rett måte kan gi god effekt. Utfordringa er at nokon tek investeringa, mens mange får del i gevinsten – «*Allmenningens tragedie*». Det må difor vere verkemidlar som gjer at dei som gjer investeringa får «betalt» for den. Dette er totalt sett ei komplisert oppgåve, men med dei store verdiane som det er snakk om så bør dette vere interessant både for næringa og det offentlege å arbeide med dette på ein systematisk og koordinert måte. Dette har Region Nordhordland peika på i sin høyringuttale til NOU 2023: 23 «*Helhetlig forvaltning av akvakultur for bærekraftig verdiskaping*»

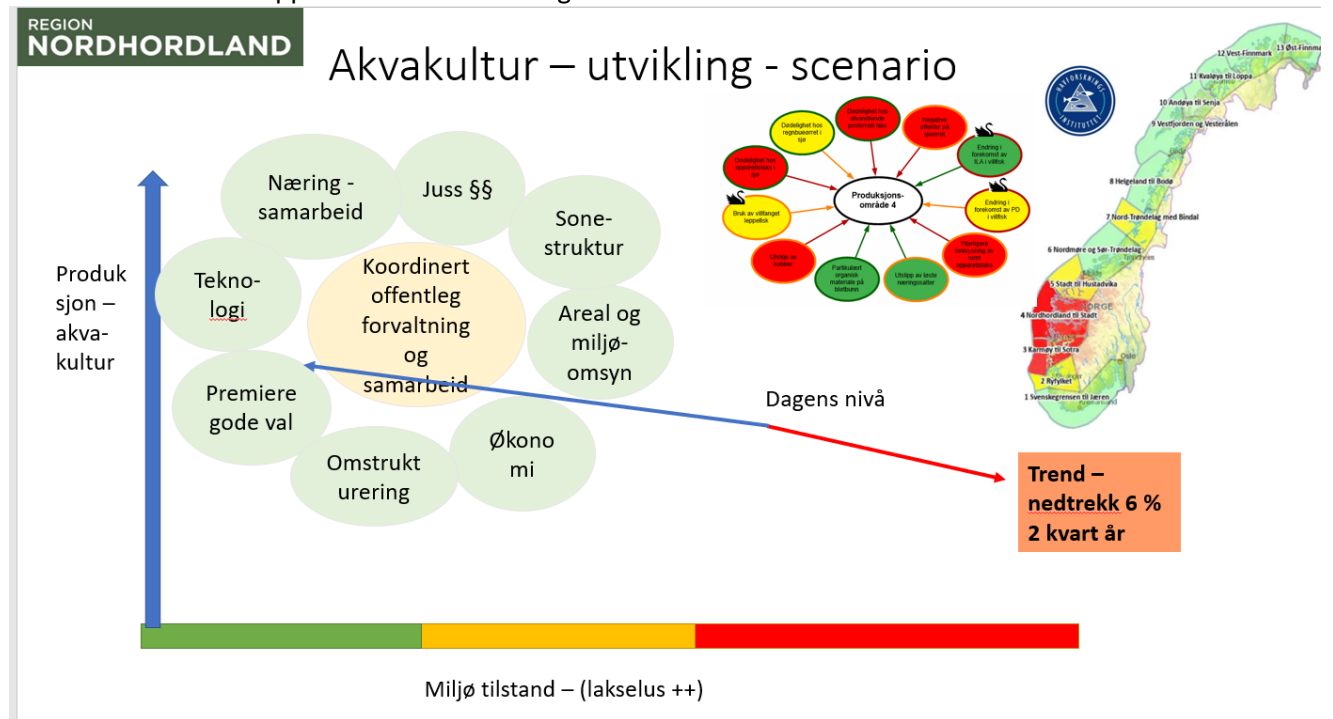
Det synes å vere semje om at det er behov for endring, men dagens forvaltningssystem / regime får ikkje til naudsynt endring fort nok.

Region Nordhordland ser det som naturleg at dette vert eit utviklingsprosjekt som det vert jobba vidare med. Dette vil krevje at dei ulike verkemidla som ulike regionale mynde har ansvar for vert sett på i ein total vurdering. Regionen har tatt eit første steg ved å sette klare miljømål i arealplanen. Regionen fekk kr 450 000 for å sjå nærare på dette av Vestland fylkeskommune. I og med at Veterinærinstituttet (VI), Havforskningsinstituttet (HI) og Universitetet i Stavanger (UIS) hadde fått midlar frå Vestland fylkeskommune til å sjå på dei same problemstillingane har ein sett desse to prosjekta i samanheng. Vi var allereie i kontakt med Bård Misund ved UIS/NORCE.

Som første steg i dette arbeidet er det utarbeida ein rapport frå NORCE med professor Bård Misund som har sett på bedriftsøkonomien og samfunnsøkonomien i oppdrettsnæringa i PO4 med nedtrekk i produksjonen. Ein tydeleg konklusjon er;

«Beregningene viser at der er stor forskjell på å fortsette som nå med rødt PO og nedtrekk, og en koordinert og samlet strategi for å snu situasjonen.»

Det vil vere bra både for miljøet og næringa og gjere koordinerte strukturelle grep. Arbeidet som er gjort vidare i denne rapporten styrker argumentasjon for å gå vidare med ei slik tilnærming. Dei utfordringane med raud sone gjeld i særskilt grad i PO3 og PO4 som for ein stor del ligg i Vestland fylke. For å løyse dette må både forvaltning og næring i denne regionen ta eit eigarskap og vere villig til å arbeide koordinert og samordna for å løyse problema. Når ein har fått til ei slik felles forståing regionalt og kome fram til realistiske tiltak, både med omsyn til gjennomføring og effekt, kan det takast opp med statleg mynde på nasjonalt nivå. Det vil vere behov for å gjere endringar i regelverk som i naudsynt grad gjer det lønnsamt å investere i berekraftige løysingar. Totalt sett kan dette oppsummerast i denne figuren.



Vedlegg 2

Resultater fra spørreundersøkelser gjennomført som en del av
prosjektet

«Fra rød til grønn kyst- Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland»

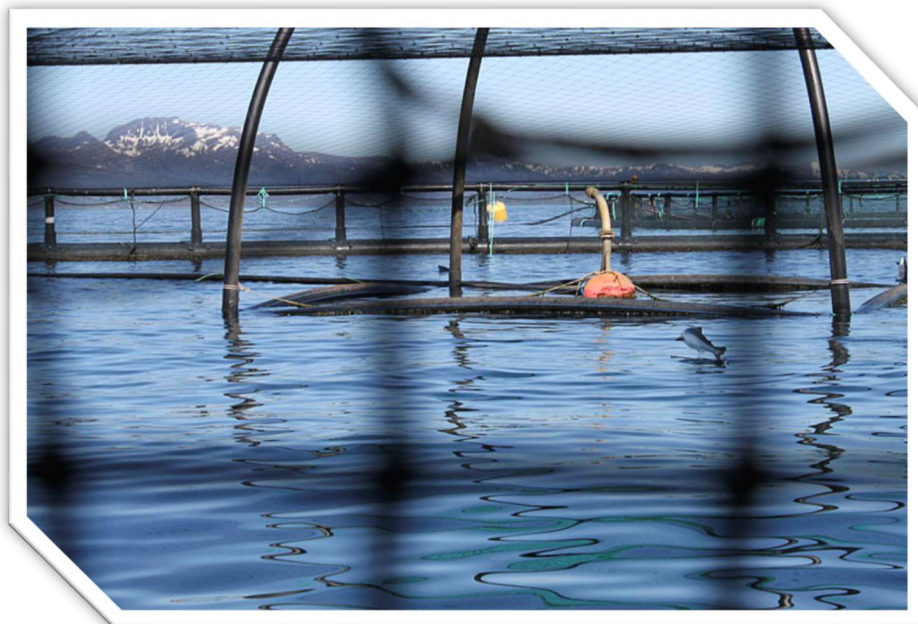


Foto: Mari Press, Veterinærinstituttet

Januar 2024

Innhold

Generell informasjon	3
Del I spørreundersøkelse næring	3
1. Bakgrunn	3
2. Om selskapene som deltar	3
3. Ulike utsagn om produksjonen i PO3 og PO4	4
4. Om dagens produksjon	5
5. Vekt på fisk ved utsett og varighet i sjø	6
6. Tiltak mot lus	8
7. Fremtidige tiltak mot lus	12
8. Fremtidige endringer og hinder	13
9. Områder med forbedringspotensial og forslag til endring	15
Del II Spørreundersøkelse forvaltning	16
10. Bakgrunn	16
11. Ulike utsagn om produksjonen i PO3 og PO4	16
12. Hovedårsaker til at man ikke styres mot grønt i PO3 og PO4 i dag	18
13. Hvilke (eventuelt ekstraordinære) tiltak burde forvaltningen gjøre i PO3 og PO4 og hva hindrer dette?	20
14. Hvilke regelverksendringer burde forvaltningen eventuelt gjøre relatert til luseproblematikken i PO3 og PO4?	21
15. Konklusjon/oppsummering	21
Del III spørreundersøkelsen til næringen	22
Del IV spørreundersøkelsen til forvaltningen.....	28

Generell informasjon

Gjennom prosjektet «Fra rød til grønn kyst - Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland» har det i løpet av 2023 blitt sendt ut to ulike spørreundersøkelser, én til næringen og én til forvaltningen.

Formålet med gjennomføringen av spørreundersøkelsene har vært å fange opp erfaringer og innspill, både utfordringer, løsninger og muligheter for endring med tanke på luseproblematikken i PO3 og PO4. Næringen kunne også komme med konkrete «caser» i undersøkelsen, som har blitt benyttet inn i videre modelleringer i prosjektet.

Det er viktig å merke seg at det ikke er mulig å dra statistiske/generelle konklusjoner basert på besvarelsene. Til dette er datagrunnlaget for lite. Presentasjonen av besvarelsene under er derfor kun ment å belyse ulike synspunkter på problemstillingene.

I del I presenteres besvarelsene fra spørreundersøkelsen til næringen. I del II presenteres besvarelsene fra spørreundersøkelsen rettet mot forvaltningen. Til slutt i dokumentet er alle spørsmål fra undersøkelsene vedlagt i sin helhet.

Del I spørreundersøkelse næring

1. Bakgrunn

Prosjektet har hatt som målsetting å fange opp erfaringer og innspill fra næringen angående tiltak rettet mot lus i PO3 og PO4 som benyttes i dag, samt tanker om fremtiden. Det har i tillegg i forkant av denne spørreundersøkelsen vært gjennomført tre regionale arbeidsmøter med næringen.

Basert på innspillene vi mottok, har målet vært belyse utfordringene som næringen opplever, samt mulighetene for endring, og benytte dette inn i modelleringer. Undersøkelsen ble sendt ut til produsenter i produksjonsområde 3 og produksjonsområde 4 i løpet av mai 2023, og ble avsluttet i oktober 2023.

Med unntak av spørsmål om organisasjonsnummer besvarelsen ble gjort på vegne av, samt sonetilhørighet, var alle andre spørsmål frivillig å besvare (ikke obligatoriske). Svarandelen kan derfor variere noe mellom ulike spørsmål. Det varierte også om det var mulig å sette flere kryss eller ikke i besvarelsene. Spørreundersøkelsen er lagt til bakerst i dette vedlegget (del III).

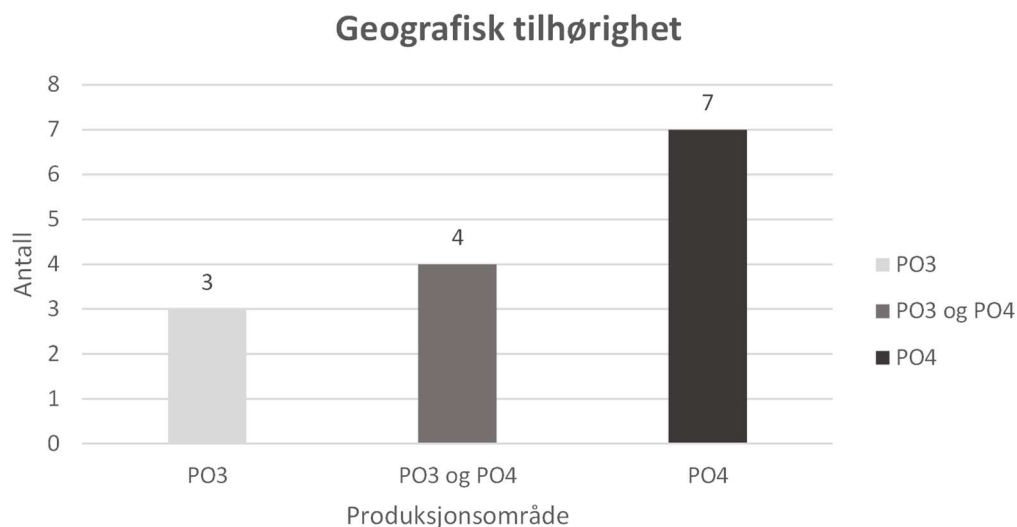
2. Om selskapene som deltar

Undersøkelsen ble totalt fullført av representanter for 14 ulike selskaper. Blant disse har tre selskaper produksjon kun i PO3, sju selskaper har produksjon kun i PO4 og fire av selskapene har produksjon i både PO3 og PO4 (se tabell1 og figur 1). Totalt dekker disse selskapene antallsmessig ca. 50 % av matfisklokalitetene i PO3 og ca. 47% av matfisklokalitetene i PO4.

Tabell 1: Oversikt over produksjonsområdetilhørighet for deltakerne i spørreundersøkelsen.

Produksjonsområde (PO)	Antall
PO3	3
PO3 og PO4	4
PO4	7
Totalsum	14

Figur 1: Grafisk fremstilling av produksjonsområdetilhørighet for deltakerne i spørreundersøkelsen.

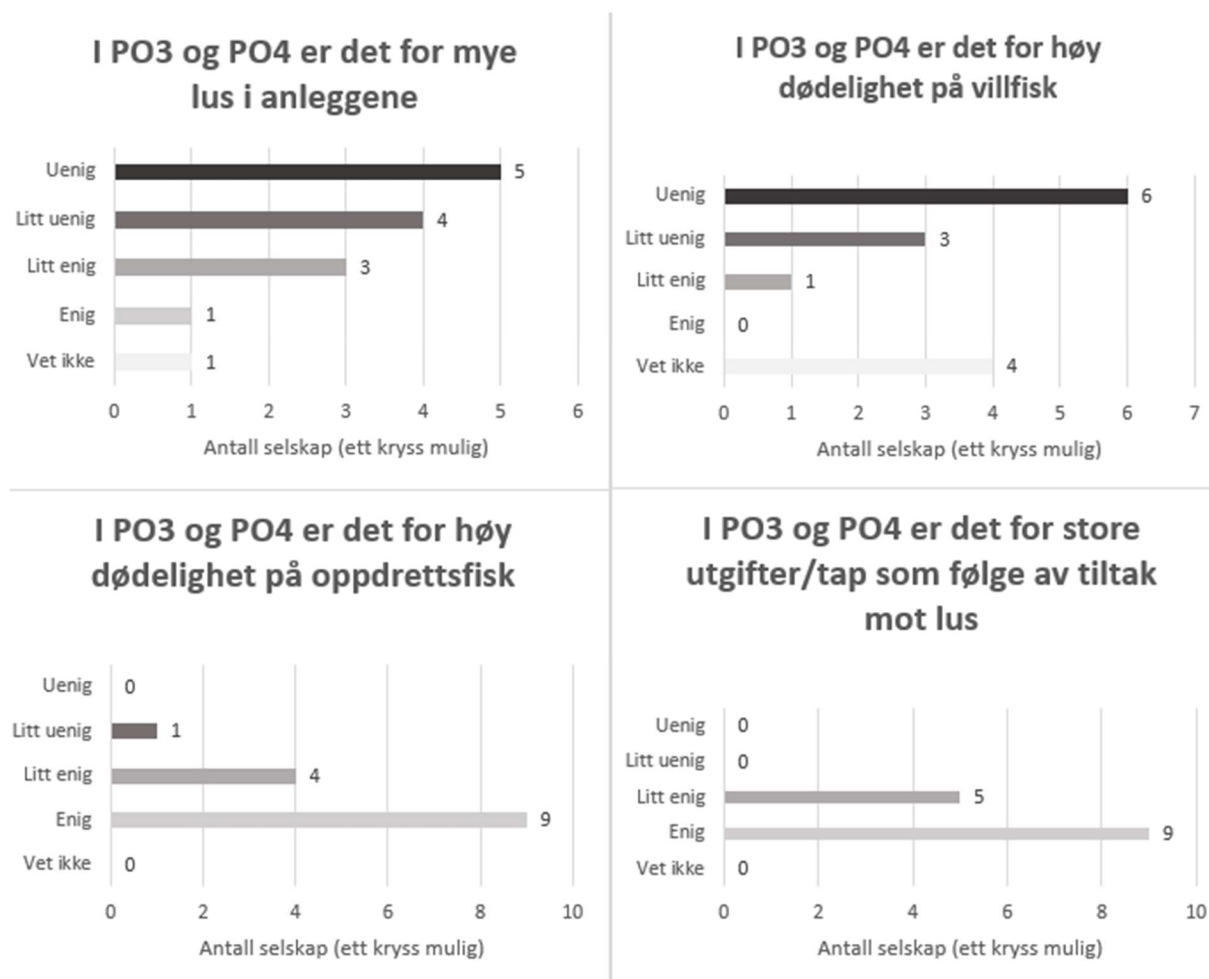


3. Ulike utsagn om produksjonen i PO3 og PO4

I denne delen ble deltakerne bedt om å gradere hvor enige eller uenige de var i ulike utsagn. For hvert utsagn var det kun mulig å sette ett kryss for hver deltaker.

Første utsagn var at det i PO3 og PO4 er for mye lus. Her svarte fem selskaper at de er uenige, fire selskaper svarte at de er litt uenige, tre selskaper var litt enige, ett selskap svarte «vet ikke» og ett selskap var enig. Andre utsagn var at det i PO3 og PO4 er for høy dødelighet på villfisk. Her svarte seks selskaper at de er uenige, tre selskaper var litt uenige og ett selskap var litt enig. Fire selskaper svarte «vet ikke». Tredje utsagn var at det i PO3 og i PO4 er for høy dødelighet på oppdrettsfisk. Her svarte ti selskaper at de er litt enige (4 stk.) eller enige (9 stk.). Ett selskap var litt uenig. Siste utsagn var at det i PO3 og PO4 er for store utgifter/tap som følge av tiltak mot lus. Her svarte samtlige at de enten var enige (9 stk.) eller litt enige (5 stk.).

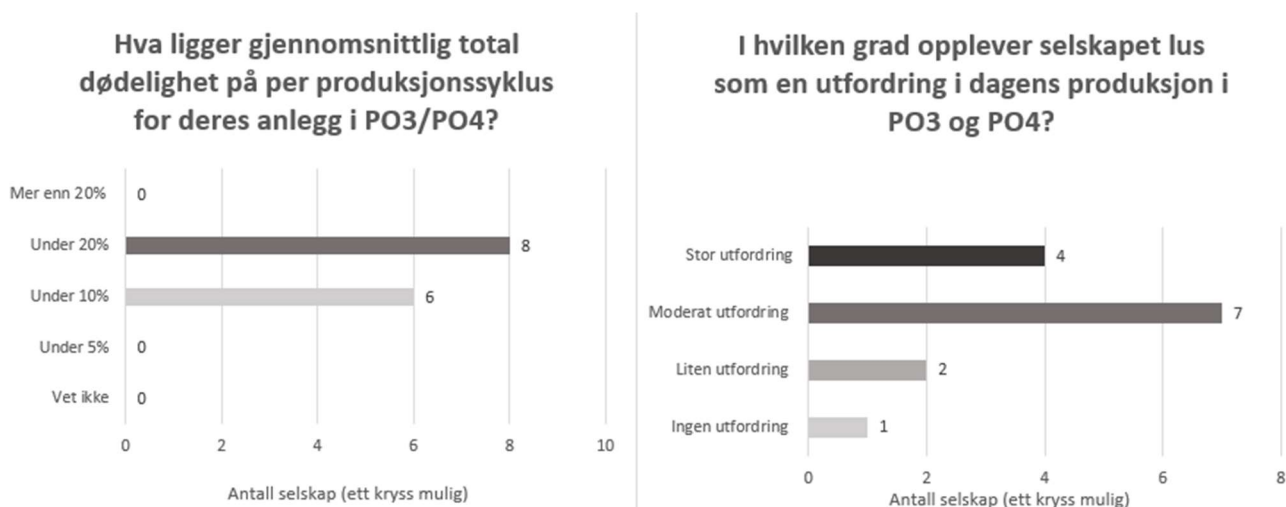
Figur 2 Grafisk fremstilling av svar relatert til ulike utsagn rettet mot lus, villfiskdødelighet, dødelighet på oppdrettsfisk og utgifter relatert til tiltak mot lus: Hvert selskap hadde mulighet til å sette ett kryss per utsagn.



4. Om dagens produksjon

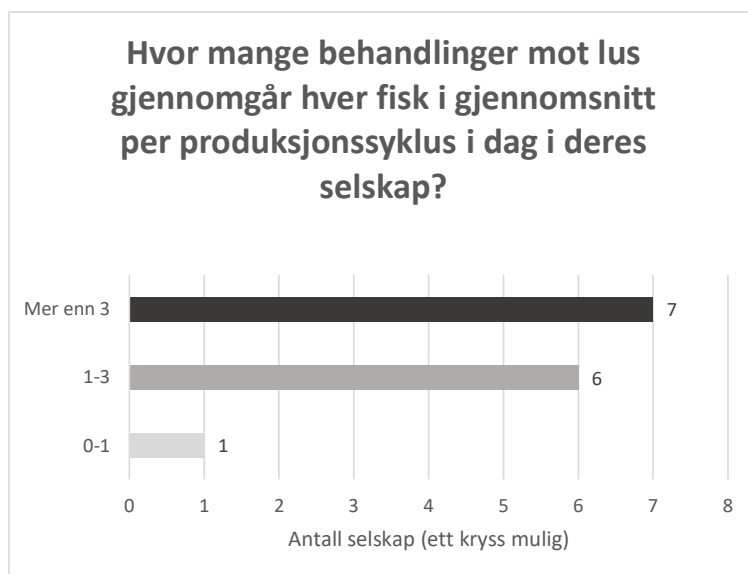
Deltakerne i undersøkelsen ble bedt om å svare på spørsmål relatert til dødelighet, i hvor stor grad lus oppleves som en utfordring og hvor mange behandlinger mot lus fisken gjennomgår. Åtte selskaper svarte at den gjennomsnittlige totale dødeligheten per produksjonssyklus for deres anlegg lå på under 20 %. Tilsvarende svarte seks selskaper at den totale dødeligheten lå på under 10%. Ingen selskaper oppga at de hadde dødelighet på under 5 %. Selskapene ble videre bedt om å oppgi i hvor stor grad de opplever lus som en utfordring for dagens produksjon. Elleve av deltagerne svarte at de opplevde lus som en moderat (7 stk.) eller stor utfordring (4 stk.), mens tre selskaper svarte at de opplevde lus som en liten utfordring eller ingen utfordring.

Figur 3 Dødelighet og i hvilken grad lus oppleves som en utfordring: Til venstre: Deltakerne ble bedt om å oppgi gjennomsnittlig total dødelighet per produksjonssyklus for anleggene de har i PO3 og PO4. Til høyre: Selskapene ble bedt om å oppgi i hvor stor grad de opplever lus som en utfordring for dagens produksjon.



Det ble videre spurt om hvor mange behandlinger mot lus hver fisk i gjennomsnitt gjennomgår per produksjonssyklus i dag i selskapene. Her svarte sju selskaper mer enn tre behandlinger, seks selskaper oppga én til tre behandlinger og ett selskap oppga ingen til én behandling.

Figur 4: Behandlinger mot lus: Deltagerne ble bedt om å oppgi antall behandlinger mot lus hver fisk i gjennomsnitt gjennomgår per produksjonssyklus i dag.



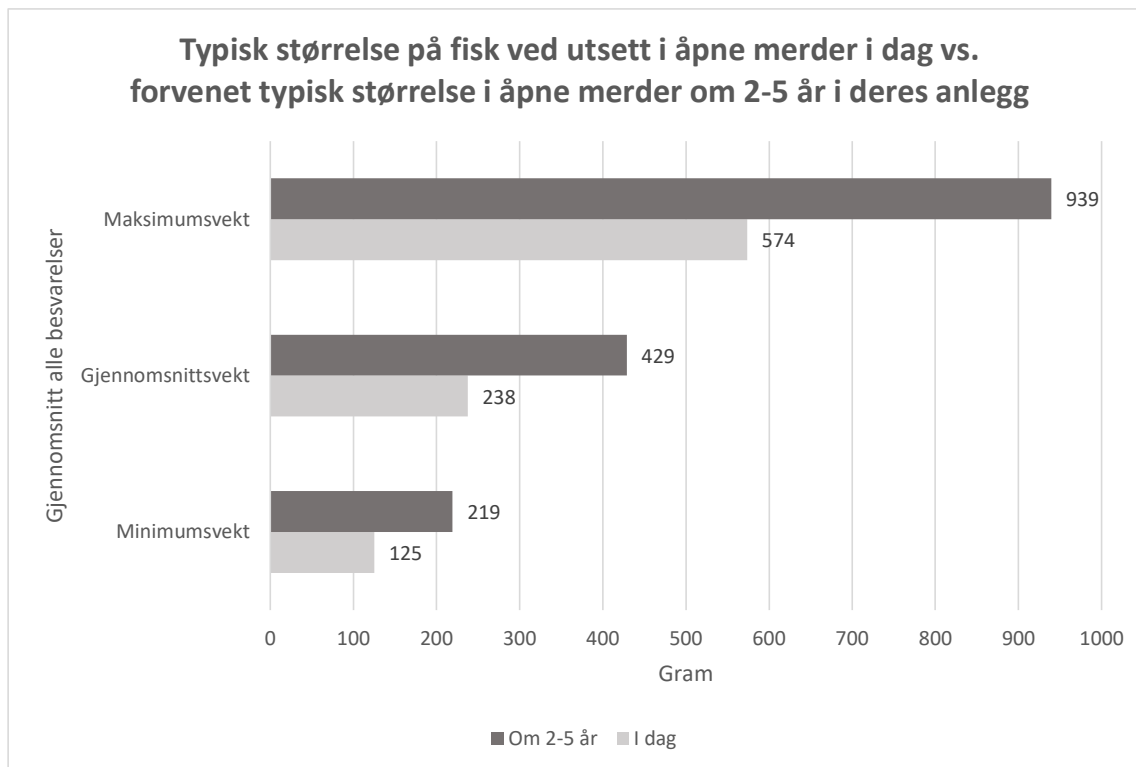
5. Vekt på fisk ved utsett og varighet i sjø

Deltagerne ble bedt om å oppgi typisk størrelse på fisk (maksimumsvekt, gjennomsnittsvekt og minimumsvekt) ved utsett i åpne merder i dag, samt hva de ser for seg om 2-5 år i sine anlegg.

I gjennomsnitt ligger maksimumsvekt i dag på 574 gram for selskapene som besvarte undersøkelsen, mens den i fremtiden er forventet å øke til i gjennomsnitt 939 gram. Tilsvarende ligger minimumsvekt i dag i gjennomsnitt på 125 gram, mens selskapene i gjennomsnitt ser for seg at denne øker til 219 gram i fremtiden.

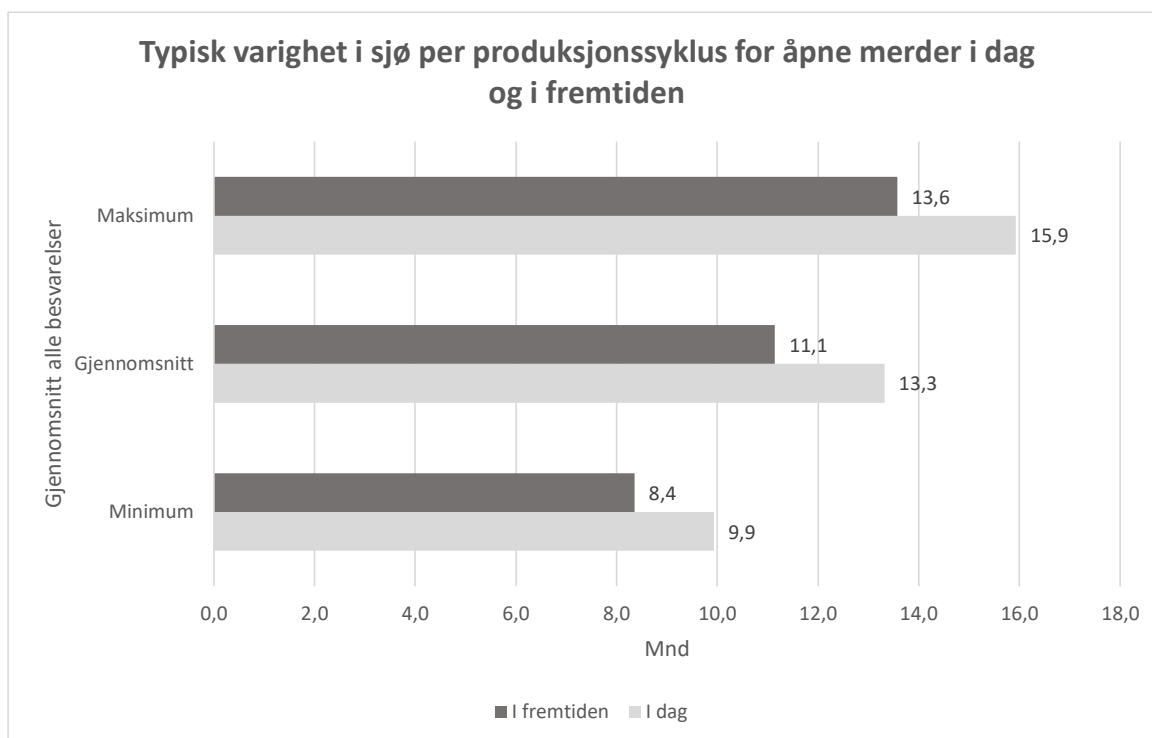
Gjennomsnittsvekt ved utsett i åpne merder i dag ligger på 238 gram, mens selskapene så for seg at denne øker til 429 gram i fremtiden. Samtlige selskaper svarte at gjennomsnittsvekten enten ville øke i fremtiden (12 stk.) eller holde seg på samme nivå (2 stk.).

Figur 5 Størrelse på fisk ved utsett: Deltagerne ble bedt om å oppgi typisk størrelse på fisk (maksimumsvekt, gjennomsnittsvikt og minimumsvekt, målt i gram) ved utsett i åpne merder i dag, samt hva de ser for seg om 2-5 år i sine anlegg. Tallene i figuren er et gjennomsnitt av alle besvarelser.



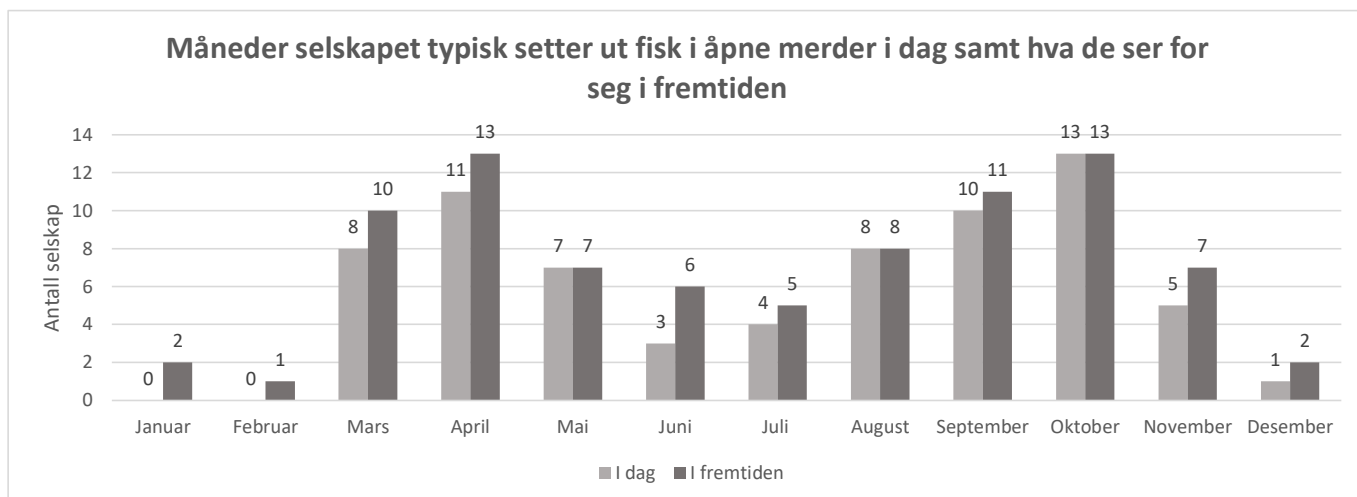
Videre ble deltakerne spurt om typisk varighet for fisk i åpne merder i sjø i dag per produksjonssyklus, samt hva de forventer i fremtiden. Her svarte 13 selskap at de så for seg redusert produksjonstid i sjø i fremtiden, og ett selskap svarte at de forventet lik varighet i sjø. Tallene i figur 6 er gjennomsnitt av alle besvarelser. Som man ser av figuren, forventes det i gjennomsnitt en reduksjon i gjennomsnittstid i sjø fra 13,3 mnd. til 11,1 mnd. I gjennomsnitt er det forventet at maksimal varighet i sjø per produksjonssyklus i fremtiden skal ligge på 13,6 mnd.

Figur 6 Varighet i sjø: Deltagerne oppga typisk varighet i sjø per produksjonssyklus for åpne merder i dag, samt hva de så for seg i fremtiden. Tallene er et gjennomsnitt av alle besvarelser. Som man ser, forventer man i gjennomsnitt seg en kortere varighet i sjø i fremtiden.



Deltagerne i undersøkelsen ble bedt om å krysse av for alle månedene de typisk setter ut fisk i åpne merder i dag, samt hva de forventer seg å gjøre i fremtiden. Det kan se ut til at man forventer tilnærmet samme mønster også i fremtiden, med noe økning i vårmånedene/tidlig sommer.

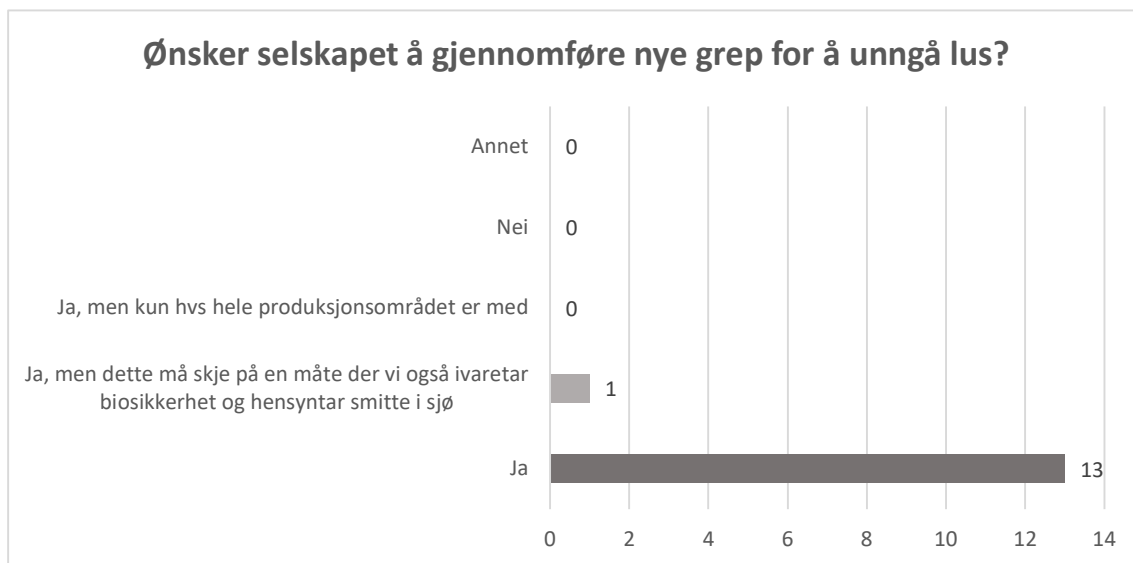
Figur 7 Utsett i åpne merder i løpet av året: I denne figuren ser man en oversikt over når selskapene typisk setter ut fisk i åpne merder i dag, samt hva de forventer å gjøre i fremtiden.



6. Tiltak mot lus

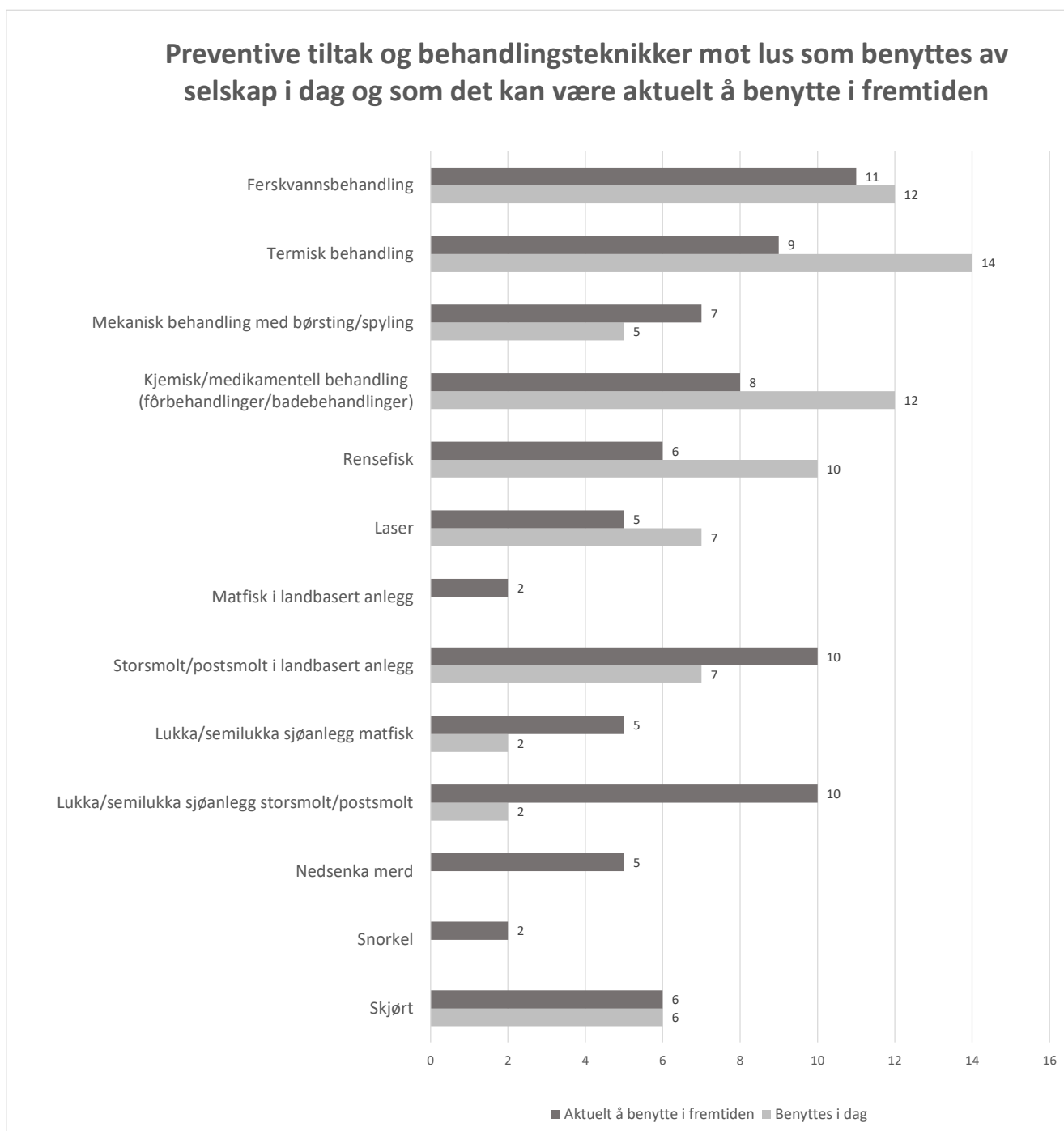
Denne delen av spørreundersøkelsen fokuserte på ønsket om endring i lusesituasjonen, hvilke preventive tiltak og behandlingsteknikker som benyttes mot lus, samt hva som medfører høyest kostnader og hvilke tiltak som vurderes til å ha størst effekt. Samtlige selskaper oppga at de ønsker å gjennomføre nye grep for å unngå lus (figur 8).

Figur 8 Ønske om nye grep mot lus: Som man ser av denne besvarelsen, er det et samlet ønske om å gjennomføre nye grep mot lus blant de som deltok i spørreundersøkelsen.



Deltagerne ble bedt om å krysse av for preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus som benyttes i dag, og som det kan være aktuelt å benytte i fremtiden (figur 9). For ferskvannsbehandling oppga 12 selskaper at de benytter dette i dag, mens 11 selskaper ser for seg å benytte dette i fremtiden. Når det gjelder termisk behandling, oppga alle deltagerne at de benytter dette i dag, mens kun ni selskaper ser for seg å benytte dette i fremtiden. Av øvrige preventive tiltak og behandlingsteknikker, er det flest som benytter kjemisk/medikamentell behandling (10 stk.) og rensefisk (10 stk.). Med tanke på preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus som kan være aktuelt å benytte i fremtiden, var det storsmolt/postsmolt i landbaserte anlegg (10 stk.) og lukka/semilukka sjøanlegg med storsmolt/postsmolt (10 stk.) som pekte seg ut. I tillegg så to selskaper for seg å benytte matfisk i landbaserte anlegg i fremtiden og fem selskaper så for seg at det kan være aktuelt å benytte lukka eller semilukka sjøanlegg for matfisk. Videre svarte fem selskaper at nedsenka merd kan være aktuelt i fremtiden.

Figur 9 Preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus: I denne figuren har deltakerne krysset av for hvilke av de opplistede tiltakene og teknikkene som benyttes i dag, samt hvilke de vurderer kan være aktuelle å benytte i fremtiden (flere kryss mulig).



Det var i tillegg mulig til å legge til eventuelt andre preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus som selskapene benytter i dag og som det eventuelt kan være aktuelt å benytte i fremtiden, som ikke var listet opp i figuren over i fritekst. Her ble følgende foreslått:

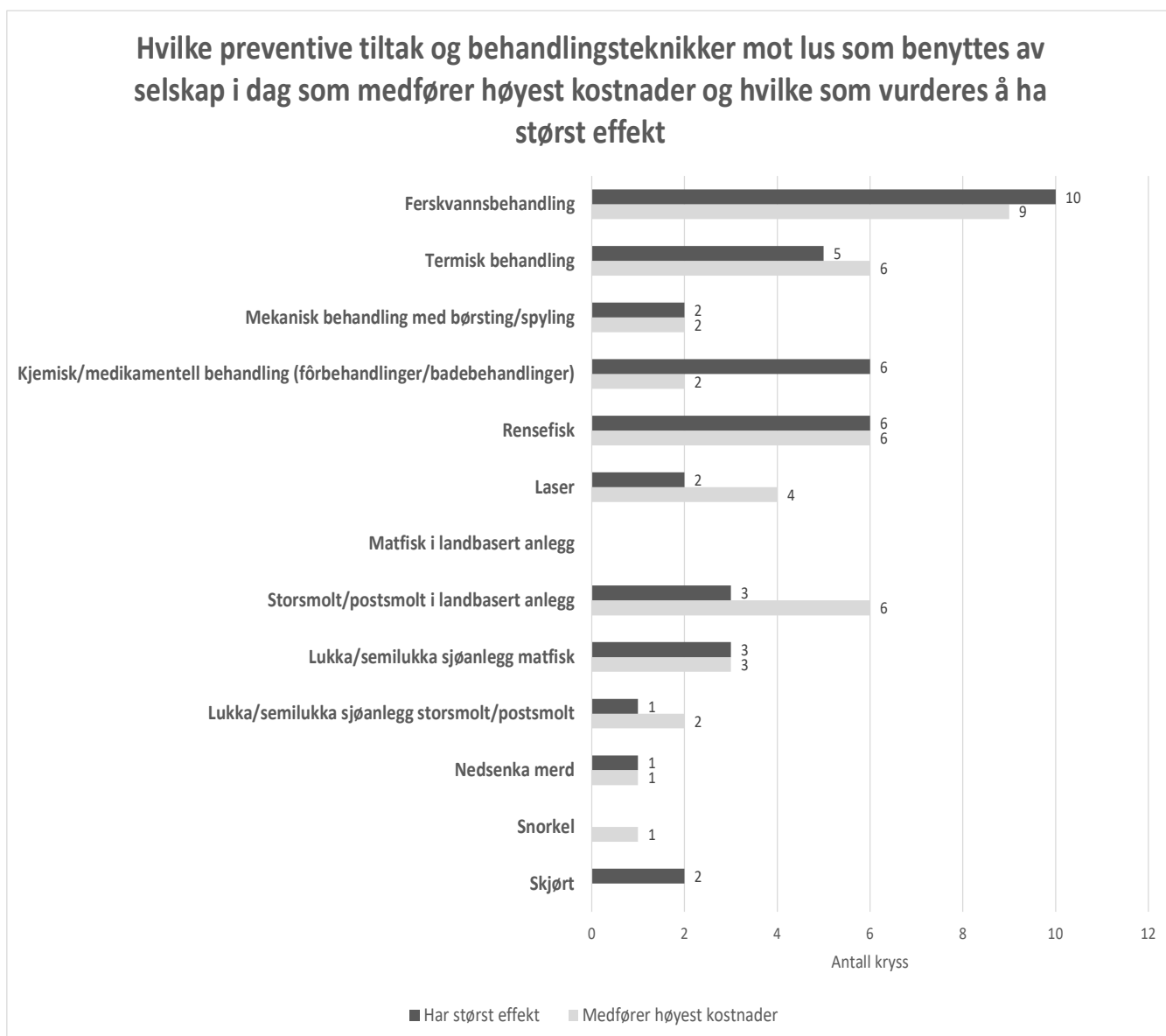
- Tiltak som benyttes i dag:
 - Bruk av Previwo probiotisk behandling i settefiskanlegg
 - Bruk av skjørt i kombinasjon med dypvannsføring og dype lys (brukt på en dynamisk måte der temperatur, O₂ og salinitet hensyntas)
 - Lavfrekvent lyd
 - Kombinasjon av ferskvann og spyling/termisk

- Utslakting
- Nedsenkede lys
- Spyling av nøter

- For fremtiden ble det foreslått
 - Vaksine mot lus
 - Nye badebehandlinger som kommer på markedet mot lus
 - Lavfrekvent lys
 - Elektrisk gjerde
 - «Blue Lice» og liknende

Det ble videre spurt om hvilke preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus som benyttes i dag som medfører høyest kostnader og hvilke som vurderes til å ha størst effekt. Flest selskaper (7 stk.) svarte at ferskvannsbehandling har størst effekt, deretter kom kjemisk/medikamentell behandling (6 stk.), rensefisk (6 stk.) og termisk behandling (5 stk.). Ferskvannsbehandling kom også ut som den behandlingen som medfører størst kostnader.

Figur 10 Kostnader og effekt relatert til preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus som benyttes i dag: Deltakerne ble bedt om å krysse av (flere kryss mulig) ved de tiltakene og teknikkene mot lus de opplever medfører størst kostnader samt hva de vurderer innehar størst effekt. Som man ser av figuren, opplever flest at ferskvannsbehandling har størst effekt

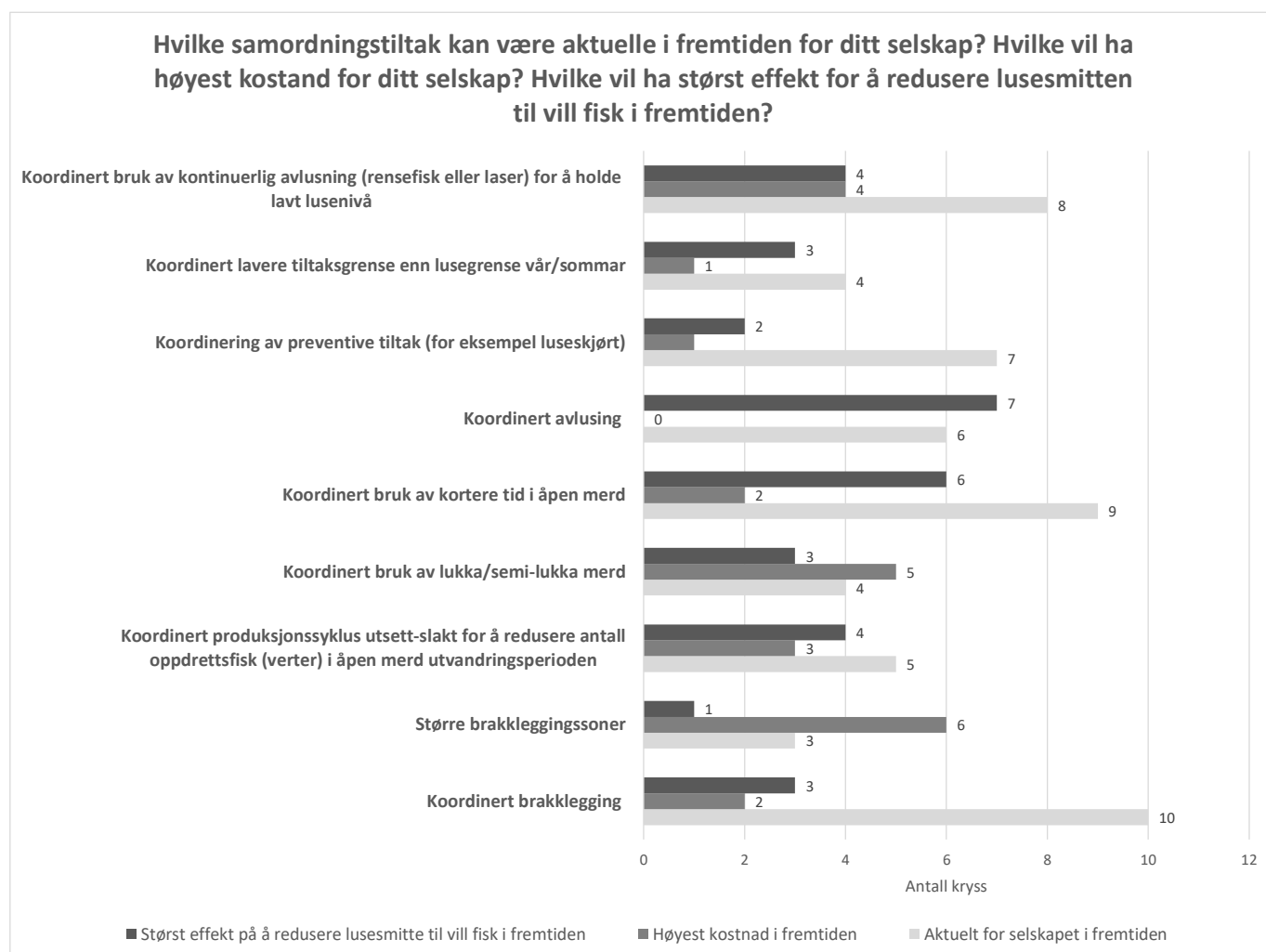


I tillegg til spørsmålene i figuren over, var det mulig å legge til eventuelt andre preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus, som selskapene benytter i dag, som medfører høyest kostnader eller som vurderes til å ha størst effekt i fritekst. Når det gjelder tiltak som benyttes i dag, som vurderes til å ha størst effekt, ble Ectosan (ikke regelmessig) og lavfrekvent lys foreslått, samt at det ble kommentert at effekten av tiltakene må vurderes samlet, samt at de er avhengige av tetthet, størrelse, vannkvalitet m.m. Ectosan (ikke regelmessig) ble også foreslått blant de preventive behandlingsteknikkene mot lus som benyttes i dag som medfører høyest kostander.

7. Fremtidige tiltak mot lus

Denne delen av undersøkelsen fokuserte på samordningstiltak som kan være aktuelle i fremtiden, samt hvem som forventes å medføre høyest kostand for selskapene og hvem som vil ha størst effekt på å redusere lusesmitten til vill fisk i fremtiden. Ut fra figur 11 kan man se at flest så for seg at koordinert avlusning (7 stk.) og koordinert bruk av kortere tid i åpen merd (6 stk.) vil ha størst effekt på å redusere lusesmitten til vill fisk i fremtiden. Videre forventet flest at større brakkleggingssoner (6 stk.) og koordinert bruk av lukka/semilukka merd (5 stk.) vil ha høyest kostnad i fremtiden. Blant samordningstiltak som kan være aktuelt for selskapet i fremtiden, svarte flest koordinert brakklegging (10 stk.), koordinert bruk av kortere tid i åpen merd (9 stk.) og koordinert bruk av kontinuerlig avlusning (rensescisk eller laser) for å holde lavt lusenivå (8 stk.)

Figur 11 Aktuelle samordningstiltak i fremtiden, kostnader og effekt på vill fisk: Deltagerne ble bedt om å sette kryss (flere kryss mulig) ved de tiltakene som har størst effekt på å redusere lusesmitten til vill fisk i fremtiden, hvem de forventer medfører høyest kostander i fremtiden og hvem som kan være aktuelle å benytte i fremtiden.



8. Fremtidige endringer og hinder

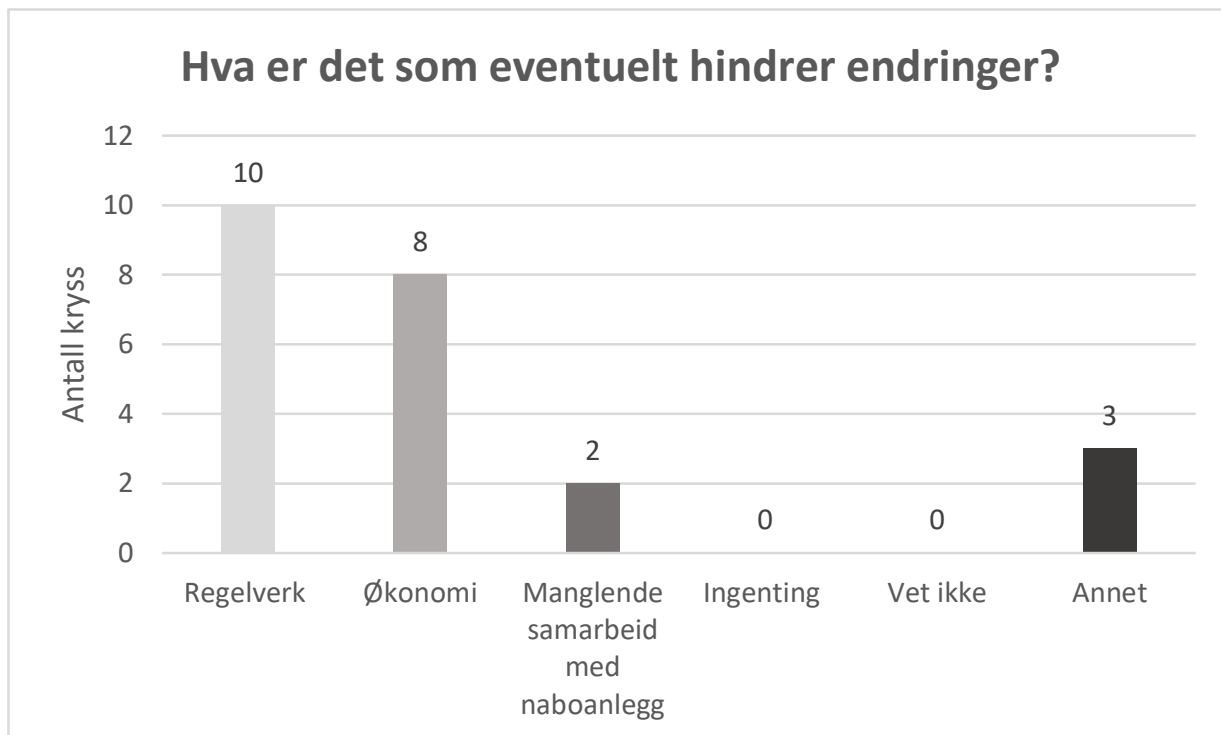
Selskapene ble bedt om å vurdere sin evne til å finansiere store investeringer, for eksempel i lukkede produksjonsteknologier. I tillegg ble de bedt om å oppgi hva som eventuelt hindrer endringer. Her oppga ni selskaper at de har god evne til å finansiere store investeringer. Fire selskaper svarte at de enten hadde liten (2 stk.) eller veldig liten (2 stk.) evne til å finansiere store investeringer.

Figur 12 Evne til finansiering av store investeringer: Ni av selskapene anser sin evne til å finansiere store investeringer i eksempelvis lukkede produksjonsteknologier som god, to av selskapene svarer at evnen er liten og to av selskapene svarer at evnen er veldig liten.



Videre ble det spurt om hva som eventuelt hindrer endringer i å skje. Under dette spørsmålet var det mulig å krysse av ved flere alternativer. Ti selskaper oppga at regelverket oppleves som en hindring og åtte selskaper oppgir at økonomi oppleves som en hindring.

Figur 13 Hva som hindrer endringer: Selskapene ble bedt om å krysse av for hva som eventuelt hindrer endring. Det var mulig å velge flere av alternativene.



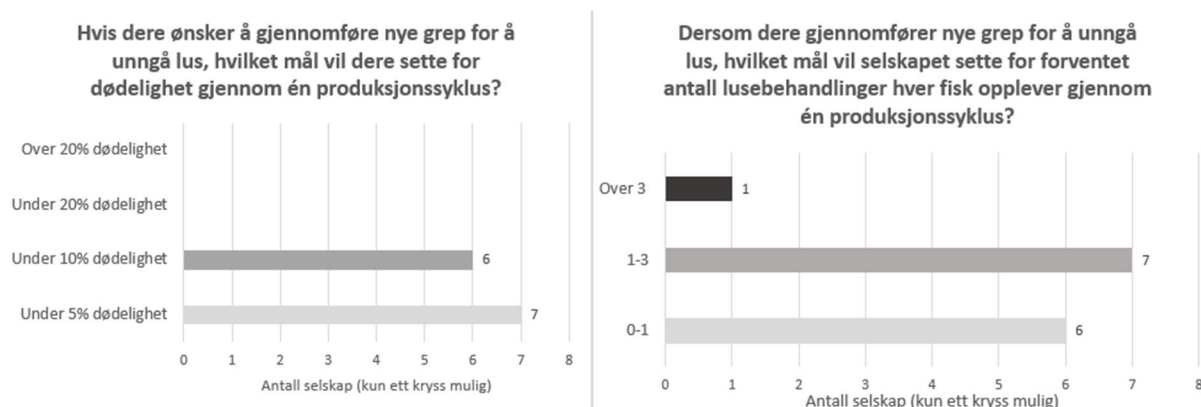
Det var mulig å utdype svaret i fritekst. Innspill/forklaring på hva som hindrer endringer er oppsummert i punktene under:

- **Teknologi:**
 - Bruken av lukka eller semilukka anlegg er ikke kommersielt gunstig i dag som følge av regelverk og teknologi.
 - Bruken må kost/nytte-vurderes, og effektene på fisken bør kartlegges og drift av slike anlegg må læres.
 - Viktig at generell biosikkerhet hensyntas, ikke bare med fokus på lus.
 - Lukkede merder kan være et supplement til åpne merder i sjø.
 - Man vet ikke med sikkerhet at lukket teknologi vil løse utfordringene man har i dag.
 - Semilukka teknologi er svært dyrt i forhold til biomassekapasitet, krever store investeringer, og kan ha brukstid på under 10 år, noe som ikke er økonomisk bærekraftig uten andre insentiver.
- **Regelverk:**
 - Trafikklyssystemet og grunnrenteskatten er det største hinderet for å gjennomføre større investering på Vestlandet
 - Manglende forutsigbarhet og forandringer i regelverket og skattepolitikken er til hinder for innovasjon og risikobaserte investeringer i ny produksjonsteknologi.
 - Regelverket for lukka/semilukka anlegg må tilpasses.
 - Lite fleksibilitet i regelverk når det gjelder brakklegging og karantene i sjø.
 -
- **Forskning/prosjekter:**
 - Resultater fra prosjektet «Salmon Tracking» er relevante, som næringsaktørene i PO3 og PO4 har deltatt i med tanke på utvandringmønsteret til vill laks og vandringmønsteret til ørret.
 - Usikkert kunnskapsgrunnlag med tanke på forebyggende tiltak mot lus samt sonestrukturer.

- Risiko
- Energibehov

Det ble videre spurt om hvilket mål selskapene ville sette seg, dersom de ønsket å gjennomføre nye grep for å unngå lus (figur 15). Her oppga seks selskaper under 10 % dødelighet og sju selskaper oppga under 5 % dødelighet. Tilsvarende ble det spurt om forventet antall lusebehandlinger hver fisk opplever gjennom én produksjonssyklus, dersom det gjennomføres nye grep for å unngå lus. Her svarte ett selskap over tre behandlinger. Sju selskaper oppga én til tre behandlinger og seks selskaper oppga ingen til én behandling.

Figur 14 Mål for dødelighet (til venstre) og antall lusebehandlinger (til høyre) dersom det gjennomføres nye grep for å unngå lus i fremtiden.



9. Områder med forbedringspotensial og forslag til endring

Det ble i undersøkelsen avslutningsvis spurt om selskapene hadde konkrete problemstillinger som de ønsket å dele, og som eventuelt kunne benyttes inn modelleringer i dette prosjektet. Her var både vellykkede prosjekter, ideer og områder med forbedringspotensial av interesse, og det var mulig å gi besvarelsen i fritekst. Tilbakemeldingene er oppsummert i stikkordsform under:

- Positiv erfaring med redusert produksjonstid i sjø for en andel av produksjonen og gradvis utslakting
 - Bruk av stor smolt/post-smolt og «vanlig» smolt
 - Negativt: regelverket er ikke tilpasset slik drift. Lusegrensen per fisk endres ikke i forhold til om det er mye eller lite fisk på lokaliteten.
 - Endre lusegrensen basert på mengden fisk man har stående i sjø/benytt et mer dynamisk regelverk. Dette ville ha redusert lusepresset mot villfisk og bedret dyrevelferden.
- Felles brakklegging
 - Februar-mars: gunstig for vill laks
- Brakkleggingssonene må være tilpasset. Det er ikke gunstig om disse blir for store, spesielt ikke inne i fjordene.
 - Sjøoverflate pr. tonn biomasse bør tas med inn i modelleringene
 - Ta med salinitet inn i modelleringene
- Inndelingen av mindre produksjonsområder, slik at man i større grad kan tilpasse virkemidlene som benyttes.
- Mulighet til å øke MTB uavhengig av trafikklysfarge. Trafikklysvurderingene bør gjøres på lisensnivå, da dette vil bedre insentivene for å skape endring.
- Man må kunne behandle fisken så mange ganger som det er behov for, da dette bedrer velferden til fisken
- Begrense spredning av lus: Bruken av ventemerder hos slakteri bør opphøre. Fremme slakting der hvor fisken befinner seg.

- Mulighet til å fordele lokalitets-MTP blant selskapets lokaliteter basert på bæreevne.
- Færre behandlinger som følge av bruk av laser og berggylt.
- Benytte lukkede anlegg

Merk: spørsmål 19 i spørreundersøkelsen er ikke tatt med i presentasjonen av besvarelsene, da det her ble klart at det var mulighet for ulike tolkninger av spørsmålet.

Del II Spørreundersøkelse forvaltning

10. Bakgrunn

Det ble utarbeidet en separat spørreundersøkelse tilpasset og rettet mot forvaltningen. Undersøkelsen ble sendt ut til Mattilsynet, Fiskeridirektoratet, Vestland fylkeskommune og Statsforvalteren. Det ble oppfordret til at undersøkelsen ble videresendt til relevant personer i forvaltningen, da vi ønsket å få belyst problemstillingene gjennom flest mulig innspill. Undersøkelsen bestod av 11 spørsmål.

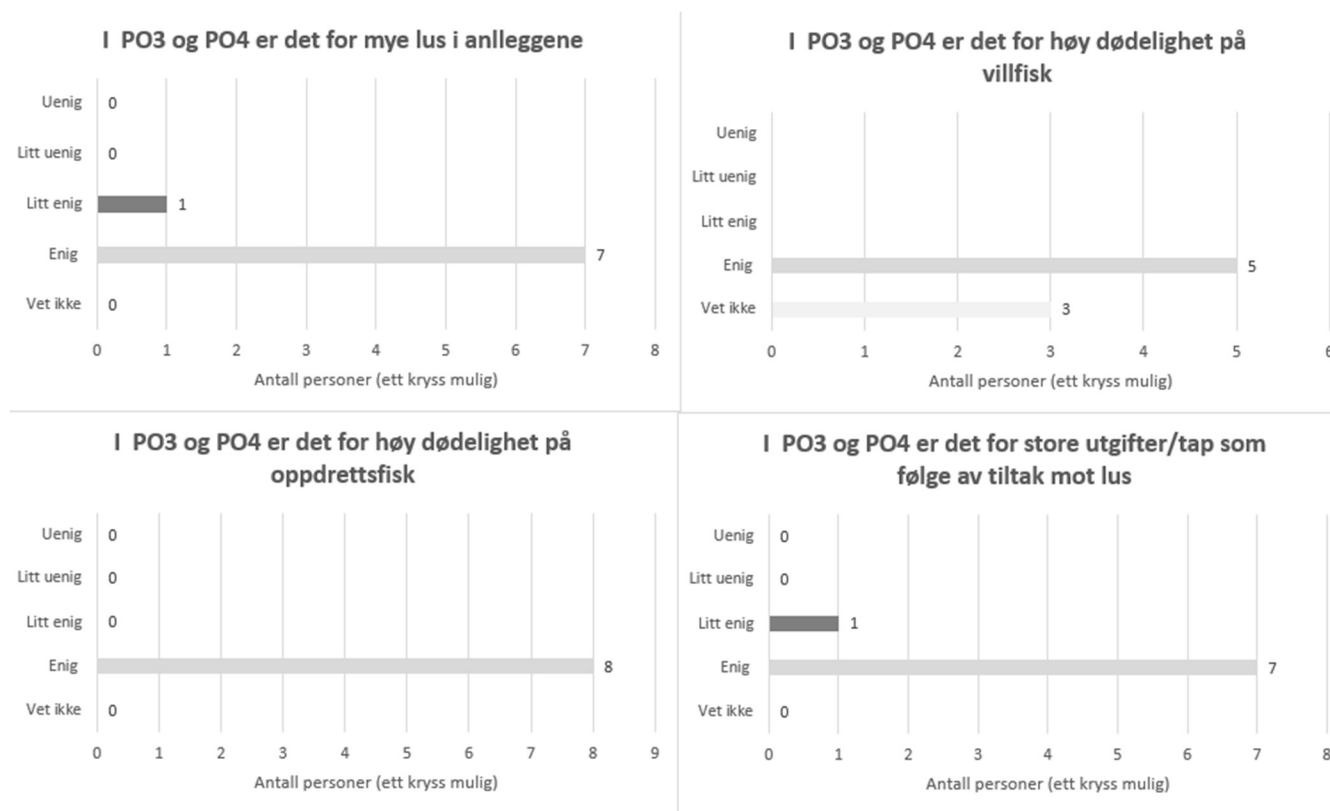
Vi mottok tilbakemeldinger fra totalt åtte ulike personer innenfor forvaltningen. Blant disse var det personer innenfor administrasjon og ledelse, inspektører i tillegg til andre roller innenfor forvaltningen. To av de som besvarte var kun tilknyttet PO4, fire var tilknyttet både PO3 og PO4 og to var ikke direkte tilknyttet disse produksjonsområdene i sitt arbeid. En bevarelse ble ekskludert som følge av at det ikke ble oppgitt gyldig navn og mailadresse.

11. Ulike utsagn om produksjonen i PO3 og PO4

Tilsvarende som innledende spørsmål i spørreundersøkelsen rettet mot næringen, ble deltagerne fra forvaltningen bedt om å gradere hvor enige eller uenige de var i de samme utsagnene. For hvert utsagn var det kun mulig å sette ett kryss for hver deltaker.

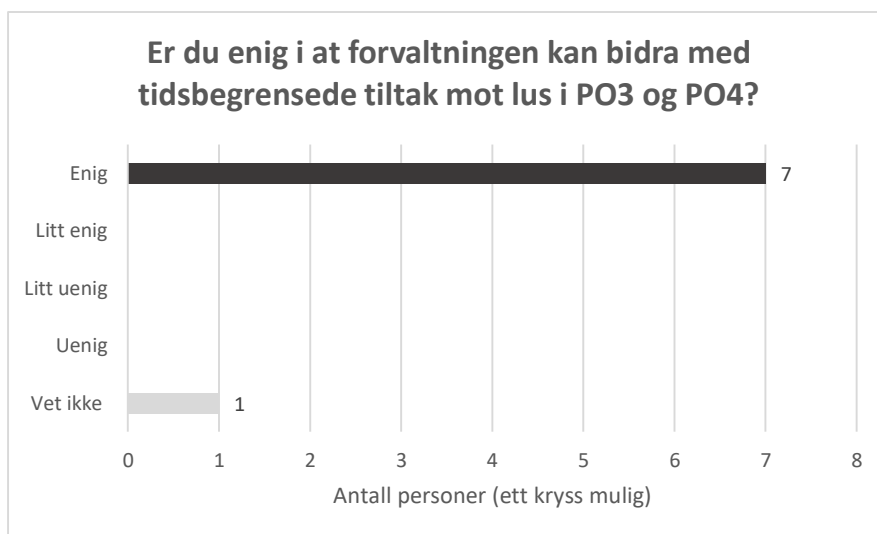
Første utsagn var at det i PO3 og PO4 er for mye lus. Her svarte samtlige deltakere fra forvaltningen at de enten var enige (7 stk.) eller litt enig (1 stk.). Andre utsagt var at det i PO3 og PO4 er for høy dødelighet på villfisk. Her svarte fem stykk at de var enige, og tre personer svarte «vet ikke». Tredje utsagn var at det i PO3 og i PO4 er for høy dødelighet på oppdrettsfisk. Her svarte samtlige åtte at de var enige. Siste utsagn var at det i PO3 og PO4 er for store utgifter/tap som følge av tiltak mot lus. Her svarte samtlige at de enten var enige (7 stk.) eller litt enig (1 stk.).

Figur 15 Ulike utsagn: Grafisk fremstilling av svar fra forvaltningen relatert til ulike utsagn rettet mot lus, villfiskdødelighet, dødelighet på oppdrettsfisk og utgifter relatert til tiltak mot lus. Det var mulig å sette ett kryss per utsagn.



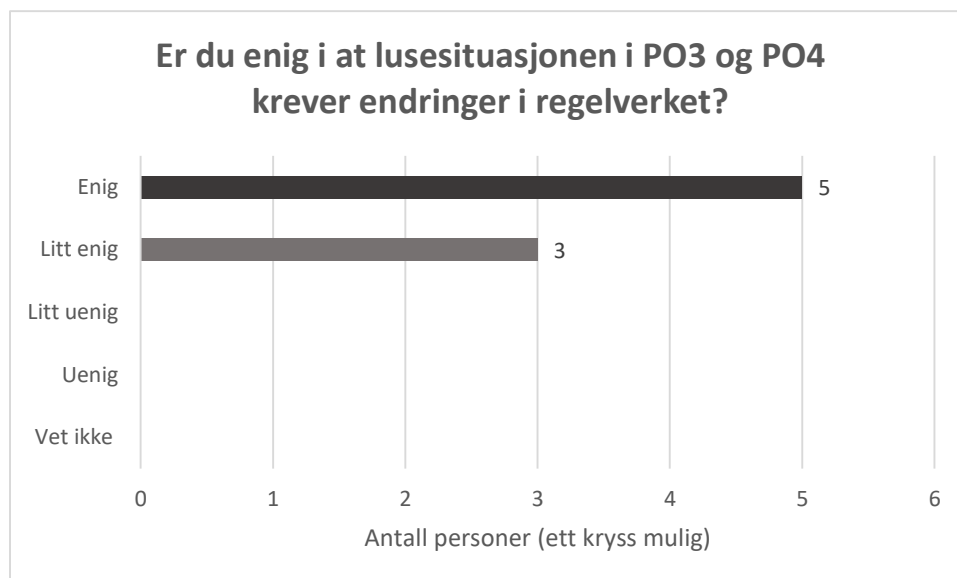
Personene i forvaltningen ble i tillegg spurt om de var enige i at forvaltningen kan bidra med tidsbegrensede tiltak mot lus, og her svarte sju personer at de er enige og én person svarte «vet ikke».

Figur 16 Tidsbegrensede tiltak mot lus: Forvaltningens svar. Sju stykk var enige i at forvaltningen kan bidra med tidsbegrensede tiltak mot lus i PO3 og PO4.



I tillegg ble det spurt om deltagerne var enige i at lusesituasjonen i PO3 og PO4 krever endringer i regelverket. Tilsvarende spørsmålene over, var det mulig å sette ett kryss. Fem svarte at de er enige og tre svarte at de er litt enige.

Figur 17 Endringer i regelverket: Forvaltningen ble spurt om de var enige i at lusesituasjonen i PO3 og PO4 krever endringer i regelverket.



12. Hovedårsaker til at man ikke styres mot grønt i PO3 og PO4 i dag

Forvaltningen ble spurt om hva de vurderte som hovedårsaker til at produksjonen ikke styres mot grønt i dag i PO3 og PO4. Svarene ble gitt i fritekst. En gjentakende tematikk i tilbakemeldingene var tettheten blant lokalitetene og biosikkerhet, hvor det ble pekt på at det er for liten avstand mellom de ulike lokalitetene samt at det generelt sett er mer fisk i sjøen i dag enn tidligere. Det ble kommentert at dette igjen vil ha betydning for den totale lusebelastningen i område, selv om anleggene holder seg under grensen på 0,5 kjønnsmodne hunnlus.

En annen gjentakende tematikk var koordinert brakklegging og utvikling av gode, tilstrekkelig store brakkleggingsområder, samt økt samarbeid mellom de ulike aktørene. En del av brakkleggingsområdene som benyttes i dag er for små, ble det kommentert. Det ble også spilt inn at koordinert avlusning er viktig, og at en forutsetning for dette, er godt samarbeid og tillit mellom aktørene. Videre ble det kommentert at det bør være delvis omlegging til lukka/semilukka merder for å begrense smittepresset. Til slutt ble det kommentert vedrørende trafikklyssystemet, og hvordan unntaksordningen slik den fungerer i dag, virker mot sin hensikt. I figur 19 er innspillene som kom inn, oppsummert.

Figur 18 Hovedårsaker til at vi ikke styres mot grønt i PO3 og PO4 i dag. I figuren under er innspillene som kom inn fra forvaltningen oppsummert.



13. Hvilke (eventuelt ekstraordinære) tiltak burde forvaltningen gjøre i PO3 og PO4 og hva hindrer dette?

Respondentene ble videre spurt om hvilke (eventuelt ekstraordinære) tiltak forvaltningen burde gjøre i PO3 og PO4. Også dette spørsmålet ble besvart med fritekst. Hovedtrekkene i tilbakemeldingene var et ønske om større rom til å påvirke/endre soneinndelingene og lusestrategiene, slik at dette i større grad kan koordineres, og at det er vanskelig å gjøre tiltak slik strukturen er i dag. Større brakkleggingssoner, branngater og koordinert lusebehandling ble trukket frem som momenter som krever regelverksendringer dersom Mattilsynet skal kunne påvirke. Det ble spilt inn at Mattilsynet må engasjere seg mer i kystsoneplanene og gjennom endringer i regelverk kunne påvirke biomasse på tillatelsesnivå. Det ble spilt inn at man i større grad burde benytte verktøykassen med sanksjoner/virkemidler som allerede finnes. Videre ble det kommentert at anleggsstrukturen burde legges på nytt, hvor store lokaliteter burde legges der det er rom for det, med bedre branngater og skjerming av «superspreder»-lokaliteter og lokaliteter som ligger i utvandringssoner for særlig viktige laksestammer, eventuelt med vårbrakklegging i enkelte områder. Anlegg med høy dødelighet over tid bør redusere eller avvikle produksjonen, og det bør foreligge utslippskvoter i områder som omregnes til maksgrenser per anlegg, ble det kommentert. Tildeling av tidsbegrenset tilleggskapasitet, gitt at det benyttes til semilukka eller lukka merder, var et annet forslag som kom inn.

Et annet innspill var at forvaltningen burde ha hyppigere risikobaserte tilsyn med telling av lus, for på denne måten forebygge overskridelser. Det ble også kommentert at man bør komme i gang med automatisk telling av lus for å få bedre tall. Lakselusregelverket bør endres slik at man får inn reelle lusetall i sann-tid. Forvaltningen må være mer konsekvent overfor næringen, og fokusere på de 20-30% svakeste, og det må stilles krav, kom det innspill om. Forvaltningen må benytte de sanksjonene/virkemidlene man har tilgjengelig, og benytte økonomiske tiltak som virkemiddel, ble det kommentert. Det ble også foreslått å forkorte produksjonen i sjø med lange brakkleggingsperioder (6-10 mnd.), gjerne i strategisk plasserte soner. Det ble videre kommentert at Mattilsynet bør i større grad benytte spredningsmodeller/konnektivtetsanalyser for å fastslå hvor det er gunstig å legge anlegg samt si noe om optimal størrelse på anleggene. Mattilsynet har i dag de ordinære tiltakene som å avslå etableringssøknader, ta ned biomasse på lokalitetsnivå, kreve utsett i soner, avslå driftsplaner mm. Et alternativ tiltak kan være å sette vilkår om lukket teknologi, ble det spilt inn.

Det ble videre spurt om hva det er som hindrer forvaltningen i å gjøre disse tiltakene og hva som må gjøres for at tiltakene skal kunne gjennomføres. Flere kommenterte at det er behov for regelverksendringer for at forvaltningen skal kunne sette inn effektive tiltak. Et annet svar som gjentok seg her, var manglende ressurser, som gjør at slike tiltak blir nedprioritert. Økte ressurser vil kunne øke muligheten til å gå inn i kystsoneplaner og arealplaner i tidlig fase, og på denne måten bidra til en bedre sonestruktur, ble det kommentert. Videre ble det pekt på at regelverket, slik det er i dag, gir produsentene rom til å drive slik de gjør i dag.

Det ble videre kommentert at det er et hinder at Mattilsynet forvalter på lokalitetsnivå, men ikke på tillatelsesnivå, og at Mattilsynet kommer for sent inn arbeidet med tildeling av nye tillatelser. Mattilsynet behandler søknadene etter Matloven og Dyrevelferdsloven, og mye av premissene er allerede lagt i fra Fiskeridirektoratet. Kommunene har også interesser i hvor anleggene skal ligge, som ikke nødvendigvis er begrunnet i hensyn til fiskehelse, fiskevelferd og villfisk. Det ble også lagt til at det er behov for et bredt samarbeid mellom alle involverte myndigheter og næring, samt at det er viktig med støtte politisk.

Til slutt i denne bolken, ble det spurt om hva som må til for at slike tiltak skal kunne gjennomføres. Her ble det kommentert at det er viktig med bredt samarbeid mellom alle involverte myndigheter og næring, samt at det er viktig med støtte også på øverste politiske nivå. Ellers ble det også her, i likhet med forutgående spørsmål, kommentert at det er behov for regelverksendringer og økt tilgang på ressurser. Et annet innspill var at det er behov for gjennomtenkte, tydelige søknader med effektiv saksbehandling med satte vilkår og definisjoner før tildeling på hva som skjer dersom vilkår brytes.

14. Hvilke regelverksendringer burde forvaltningen eventuelt gjøre relatert til luseproblematikken i PO3 og PO4?

Det ble spurt om hvilke regelverksendringer forvaltningen eventuelt burde gjøre relatert til luseproblematikken i PO3 og PO4. Her kom det forslag om regelverksendringer som gir forvaltningen større mulighet til å endre dagens sonestruktur og koordinering av virksomhetene sine lusestrategier. Forvaltningen må få sterkere hjemler til å presse gjennom en omstrukturering, herunder oppdrettsfrie soner. Det ble også kommentert at det er behov for å gjøre endringer i luseforskriften for å få bedre lusetall, samt at det er behov for at Mattilsynet får hjemmel til å påvirke på tillatelsesnivå. Det kom også forslag om sentralisert håndtering av akvakulturlokaliteter.

Det ble også spilt inn at det ikke er regelverksendringer som er viktigst for å gjøre det største tiltakene. En omstrukturering kan la seg gjøre dersom den øverste politiske ledelse tar initiativet og investerer i tid og penger for å få på plass en løsning. Både forsknings- og forvaltningsetater som involveres må ha frigitt personal og midler til å jobbe med dette over tid, med næringen som medspillere, ble det kommentert. «Etableringsforskriften» til Mattilsynet bør endres slik at Mattilsynet kan fastsette branngater og ta mer hensyn til område i etableringssaker. Det ble også kommentert at det er behov for å forenkle regimet for tildeling av tillatelser

Det ble videre spurt om hva som hindrer forvaltningen i å gjøre disse regelverksendringene samt om hva som må til for at slike regelverksendringer kan gjennomføres. Her ble tydelig politisk styring med fagkompetanse og politisk vilje trukket frem, hvor det ble påpekt at politikerne må ta et standpunkt over hva som er ønsket utvikling, og handle deretter. I tillegg ble manglende kapasitet i forvaltningen trukket frem. Havbruksnæringen er Norges største husdyrproduksjon og en av de største eksportnæringene. Ressursbruken i forvaltningen gjenspeiler på ingen måte disse forholdene, ble det kommentert.

Til slutt ble respondentene spurt om det er noe de ønsker å legge til. Her ble det trukket frem at tiltakene ikke kan være frivillige dersom det er forvaltningen som skal være driveren, da dette vil være for ressurskrevende som følge av motstanden som foreligger mot tiltak. Videre ble det av flere nevnt at det er behov for en holdningsendring og en erkjennelse av at produksjonen slik den er i dag, ikke er bærekraftig. Det er viktig å ikke glemme velferdskonsekvensene lus har i tillegg til gjentatte behandlinger, ofte i kombinasjon med annen sykdom, ble det kommentert. Avslutningsvis ble det lagt til at det er et paradoks, at på tross av enerom innsats fra forskning, forvaltning og deler av næringen, så går likevel utviklingen feil vei. Det er behov for å endre holdninger og skape en ny kultur, sammen med et tilpasset regelverk.

15. Konklusjon/oppsummering

Som nevnt innledningsvis, har formålet med gjennomføringen av spørreundersøkelsene vært å fange opp erfaringer og innspill, både utfordringer, løsninger og muligheter for endring med tanke på luseproblematikken i PO3 og PO4. Det er viktig å merke seg at det ikke var mulig å dra statistiske/generelle konklusjoner basert på besvarelsene. Til dette var datagrunnlaget for lite. Presentasjonen av besvarelsene har derfor kun vært ment for å belyse ulike synspunkter og innspill på problemstillingene.

Tilbakemeldingene i undersøkelsen viste at det er en felles enighet om at det er for høy dødelighet på oppdrettsfisk i PO3 og PO4 og at utgiftene og tap som følge av lus er for store, dette avspeiles i både svarene fra næringen og forvaltningen. Videre er det verdt å merke seg at det foreligger et ønske om å gjennomføre nye grep mot lus blant besvarelsene fra næringen. Videre ser man både fra næring og forvaltning et ønske om større grad av koordinering, og endringer i soneinndeling foreslås i tillegg. Videre trekkes det frem både behov for regelverksendringer, men også bruke det regelverket som foreligger annerledes i fremtiden. Besvarelsene gjort av næringen indikerer at de

fleste som besvarte undersøkelsen forventer en økning i størrelsen på smolt i fremtiden samt kortere produksjonstid i sjø.

Det trekkes også frem blant flere at det er behov for et økt samarbeid mellom alle parter.

Del III spørreundersøkelsen til næringen

I det følgende ligger spørreundersøkelsen i sin helhet slik den ble sendt ut til næringen. «Questback» er benyttet i denne undersøkelsen

Kontaktinformasjon

1) * 1.Vennligst fyll inn

* Organisasjonsnummer besvarelsen gjøres på vegne av:

2) * 2. Geografisk tilhørighet:

PO3

PO4

PO3 og PO4

3) 3. Hvor enig/uenig er du i følgende utsagn: I PO 3 og PO4 er det..

	Enig	Litt enig	Litt uenig	Uenig	Vet ikke
..for mye lus i anleggene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...for høy dødelighet på villfisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...for høy dødelighet på oppdrettsfisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...for store utgifter/tap som følge av tiltak mot lus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Om dagens drift i selskapet

4) 4. I hvilken grad opplever selskapet lus som en utfordring i dagens produksjon i PO3 og PO4?

Ingen utfordring Liten utfordring Moderat utfordring Stor utfordring Vet ikke

5) 5. Hva ligger gjennomsnittlig total dødelighet på per produksjonssyklus for deres anlegg i

PO3/PO4

Under 5%

Under 10%

Under 20%

Mer enn 20%

Vet ikke

6) 6. Hvor mange behandlinger mot lus gjennomgår hver fisk i gjennomsnitt per produksjonssyklus i dag i deres selskap?

0-1

1-3

Mer enn 3

7) 7. Hva er typisk størrelse på fisk ved utsett i åpne merder i dag i deres selskap? Vennligst oppgi svaret i gram.

Minimumsvekt gram

Gjennomsnittsvekt gram

Maksimumsvekt gram

8) 8. Hva er typisk varighet i sjø per produksjonssyklus for åpne merder for deres selskap i dag? Vennligst oppgi svaret i antall måneder.

Minimum mnd.

Gjennomsnitt mnd.

Maksimum mnd.

9) 9. Kryss av måneder selskapet typisk setter ut fisk i åpne merder i dag:

Januar Februar Mars April Mai Juni Juli August September Oktober November Desember

Om fremtidens drift i selskapet

10) 10. Hva er forventet typisk størrelse på fisk for utsett i åpne merder om 2-5 år i deres anlegg? Vennligst oppgi svaret i gram.

Minimumsvekt gram

Gjennomsnittsvekt gram

Maksimumsvekt gram

11) 11. Hva er forventet varighet for produksjons i sjø i fremtiden i deres selskap? Vennligst oppgi svaret i antall måneder.

Minimum mnd

Gjennomsnitt mnd

Maksimum mnd

12) 12. Kryss av måneder selskapet trolig vil komme til å sette ut fisk i åpne merder i fremtiden

Januar Februar Mars April Mai Juni Juli August September Oktober
November Desember

Om tiltak mot lus

13) 13. Ønsker selskapet å gjennomføre nye grep for å unngå lus?

Ja

Ja, men kun hvis alle anlegg vi er i smittekontakt med er med

Ja, men kun hvis hele produksjonsområdet er med

Nei

Annet

14) 14. Hvilke preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus benytter selskapet i dag, og hvilke er det aktuelt å benytte i fremtiden? (Under spørsmål 15 er det mulig å legge til andre aktuelle alternativer i fritekst, dersom det skulle være noe som ikke står oppgitt i listen under).

	Benyttes i dag	Aktuelt å benytte i fremtiden
Skjørt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snorkel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nedsenka merd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lukka/semilukka sjøanlegg storsmolt/postsmolt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lukka/semilukka sjøanlegg matfisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Storsmolt/postsmolt i landbasert anlegg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matfisk i landbasert anlegg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rensefisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kjemisk/medikamentell behandling (fôrbehandlinger/badebehandlinger)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mekanisk behandling med børsting/spyling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Termisk behandling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ferskvannsbehandling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15) 15. Legg til evt. andre preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus som selskapet benytter i dag, og evt. andre det kan være aktuelt å benytte i fremtiden, som ikke var oppgitt i spørsmål 14.

Preventive tiltak og behandlingsteknikker som benyttes i dag

Preventive tiltak og behandlingsteknikker som kan være aktuelle i fremtiden

16) 16. Hvilke preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus, som selskapet benytter i dag, medfører høyest kostnader og hvilke vurderer dere har størst effekt? (Under spørsmål 17 er det mulig å legge til andre aktuelle alternativer i fritekst, dersom det skulle være noe som ikke står oppgitt i listen under).

	Medfører høyest kostnader	Har størst effekt
Skjørt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Snorkel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nedsenka merd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lukka/semilukka sjøanlegg storsmolt/postsmolt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lukka/semilukka sjøanlegg matfisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Storsmolt/postsmolt i landbasert anlegg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Matfisk i landbasert anlegg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laser	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rensefisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kjemisk/medikamentell behandling (fôrbehandlinger/badebehandlinger)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mekanisk behandling med børsting/spyling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Termisk behandling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ferskvannsbehandling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17) 17. Legg til evt. andre preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus, som selskapet benytter i dag, som medfører høyest kostnader eller som vurderes til å ha størst effekt, som ikke står oppgitt som alternativer i spørsmål 16.

Preventive tiltak og behandlingsteknikker mot lus, som selskapet benytter i dag, som vurderes til å ha størst effekt

Preventive tiltak og behandlingsteknikker som selskapet benytter i dag, som medfører høyest kostnader

Om samordningstiltak

18) 18. Hvilke samordningstiltak kan være aktuelle i fremtiden for ditt selskap? Hvilke vil ha høyest kostand for ditt selskap? Hvilke vil ha størst effekt for å redusere lusesmitten til vill fisk i fremtiden? (kryss av aktuelle - flere kryss er mulig)

	Aktuelt for selskapet i fremtiden	Høyest kostnad i fremtiden	Størst effekt på å redusere lusesmitte til vill fisk i fremtiden
Koordinert brakklegging	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Større brakkleggingssoner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinert produksjonssyklus utsett-slakt for å redusere antall oppdrettsfisk (verter) i åpen merd utvandringsperioden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinert bruk av lukka/semi-lukka merd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinert bruk av kortere tid i åpen merd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinert avlusing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinering av preventive tiltak (for eksempel luseskjørt)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinert lavere tiltaksgrense enn lusegrense vår/sommar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koordinert bruk av kontinuerlig avlusing (rensefisk eller laser) for å holde lavt lusenivå	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19) 19. Hvilke av disse offentlige virkemidlene kan gi insentiver til å gjøre tiltak som reduserer utslipp av lus fra anleggene?

	Veldig svake insentiver	Svake insentiver	Sterke insentiver	Veldig sterke insentiver	Vet ikke
Mulighet for å legge MTB, som har blitt trukket ned pga. rødt lys, til semi-lukkede sjøanlegg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Konvertering av vanlig MTB til lukket MTB for bruk i semi-lukkede sjøanlegg med konverteringsforhold 1:2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sesongvariasjon i MTB, med lavere MTB i april-mai (relatert til utvandringen av vill laksesmolt) og høyere MTB juni-mars, innrettet slik at årsproduksjonen kan opprettholdes på minst samme volum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Veldig svake insentiver	Svake insentiver	Sterke insentiver	Veldig sterke insentiver	Vet ikke
-------------------------	------------------	-------------------	--------------------------	----------

Sesongvariasjon i MTB, med lavere MTB i april-august (relatert til sjøørret) og høyere MTB september-mars, innrettet slik at årsproduksjonen kan opprettholdes på minst samme volum.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

20) 20. Hvordan vurderer du ditt selskap sin evne til å finansiere store investeringer, i for eksempel lukkede produksjonsteknologier?

Veldig liten Liten God Veldig god Vet ikke

21) 21. Hva er det som eventuelt hindrer endringer? (det er mulig å utdype svarene under påfølgende spørsmål)

Regelverk

Økonomi

Manglende samarbeid med naboanlegg

Ingenting

Vet ikke

Annet

22) 22. Eventuelt utdyp svar i spørsmål 21 her

23) 23. Hvis dere ønsker å gjennomføre nye grep for å unngå lus, hvilket mål vil dere sette for dødelighet gjennom én produksjonssyklus?

Under 5% dødelighet

Under 10% dødelighet

Under 20 % dødelighet

Over 20% dødelighet

Annet

24) 24. Dersom dere gjennomfører nye grep for å unngå lus, hvilket mål vil selskapet sette for forventet antall lusebehandlinger hver fisk opplever gjennom én produksjonssyklus?

0-1

1-3

Over 3

Vet ikke

25) 25. Har dere konkrete problemstillinger/»caser» dere ønsker å dele fra deres selskap som vi kan benytte i våre analyser? Eksempelvis faktorer som kan være relevant for modelleringene vi skal gjøre. Vellykkede prosjekter/ideer er også av interesse

Selskapet ønsker å belyse følgende problemstilling/case....

26) 26. Vennligst oppgi kontaktinformasjon dersom det er ok at vi kontakter deg ved spørsmål angående besvarelsen av spørsmål 25.

Navn

Mailadresse

Telefonnummer

27) 27. Takk for tilbakemeldingen! Hvor relevant opplevde du at disse spørsmålene er for ditt selskap?



Skapt med Questback Experience Management
Gratis prøveabonnement – lag en spørreundersøkelse med Questback

Del IV spørreundersøkelsen til forvaltningen

I det følgende ligger spørreundersøkelsen i sin helhet slik den ble sendt ut til forvaltningen. «Nettskjema» er benyttet i denne undersøkelsen

Spørreundersøkelse «Fra rød til grønn kyst - Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland»

Spørreundersøkelse knyttet til PO3 og PO4 rettet mot forvaltningen

Veterinærinstituttet (VI), Universitetet i Stavanger (UIS) og Havforskningsinstituttet (HI) har fått finansiert et prosjekt av Vestland fylkeskommune med tittelen «Fra rød til grønn kyst - Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland».

Prosjektet har som målsetting å fange opp erfaringer og innspill fra næring og forvaltning angående tiltak rettet mot lus i PO3 og PO4 som benyttes i dag, samt tanker om fremtiden. Det har i forkant av denne spørreundersøkelsen vært gjennomført tre regionale arbeidsmøter med næring og forvaltning til stede. I tillegg har næringsaktører i PO3 og PO4 besvart en separat spørreundersøkelse.

Basert på innspillene vi mottar, vil vi ved hjelp av modelleringer og analyser, forsøke å belyse realistiske scenarier/caser for fremtiden. Svarene vil behandles konfidensielt og kun presenteres i aggregert og anonymisert form (det vil ikke være mulig å identifisere enkeltpersoner i presentasjon av funn i undersøkelsen).

Resultatene fra spørreundersøkelsen og foreløpige modellanalyser planlegges presentert på et dialogmøte med næring og forvaltning i Bergen 14. desember.

Prosjektleder:

Ketil Skår, Veterinærinstituttet: ketil.skar@vetinst.no/+4748083020

Tidligere undersøkelse er sendt til oppdretterne. Undersøkelsen du nå sitter med er tilpasset og rettet kun til forvaltningen. Undersøkelsen består av 11 spørsmål.

Vi ønsker å få belyst problemstillingene gjennom flest mulig innspill, og ber derfor om at undersøkelsen besvares av flest mulig i forvaltningen med relasjon næringens utfordringer (luseproblematikken) i PO3 og PO4, eventuelt på nasjonalt nivå.

Svarfrist: 6.desember 2023



Kontaktinformasjon

Navn

Svarene vil behandles konfidensielt og kun presenteres i aggregert og anonymisert form (det vil ikke være mulig å identifisere enkeltpersoner i presentasjon av funn i undersøkelsen)

E-postadresse

Hvilken rolle har du?

- Inspektør
- Administrasjon/ledelse
- Annet

Dersom annet, vennligst beskriv:

Dette elementet vises kun dersom alternativet «Annet» er valgt i spørsmålet «Hvilken rolle har du?»

Er du tilknyttet PO3 eller PO4 gjennom ditt arbeid?

- PO3

PO4
PO3 og PO4
Nei

Merk: vi ber deg om å relatere spørsmålene under til lusesitasjonen i PO3 og PO4 når du besvarer.

1. Hvor enig/uenig er du i følgende utsagn: I PO3 og PO4 er det...

..for mye lus i anleggene

Enig
Litt enig
Litt uenig
Uenig
Vet ikke

..for høy dødelighet på villfisk

Enig
Litt enig
Litt uenig
Uenig
Vet ikke

..for høy dødelighet på oppdrettsfisk

Enig
Litt enig
Litt uenig
Uenig
Vet ikke

..for store utgifter/tap som følge av tiltak mot lus

Enig
Litt enig
Litt uenig
Uenig
Vet ikke

2. Hva mener du er hovedårsaken til at vi ikke styres mot grønt i PO3 og PO4 i dag?
(tekstsvr, maks 1000 tegn)

3. Er du enig i at forvaltningen kan bidra med tidsbegrensede tiltak mot lus i PO3 og PO4?

Enig
Litt enig
Litt uenig
Uenig
Vet ikke

4. Hvilke (eventuelt ekstraordinære) tiltak mener du at forvaltningen burde gjøre i PO3 og PO4?

(tekstsvaer, maks 1000 tegn)

5. Hva hindrer forvaltningen i å gjøre disse tiltakene?

(tekstsvaer, maks 1000 tegn)

6. Hva må til for at slike tiltak kan gjennomføres?

(tekstsvaer, maks 1000 tegn)

7. Er du enig i at lusesituasjonen i PO3 og PO4 krever endringer i regelverket?

Enig

Litt enig

Litt uenig

Uenig

Vet ikke

8. Hvilke regelverksendringer mener du at forvaltningen eventuelt burde gjøre relatert til luseproblematikken i PO3 og PO4?

(tekstsvaer, maks 1000 tegn)

9. Hva hindrer forvaltningen i å gjøre disse regelverksendringene?

(tekstsvaer, maks 1000 tegn)

10. Hva må til for at slike regelverksendringer kan gjennomføres?

(tekstsvaer, maks 1000 tegn)

11. Er det eventuelt noe annet du ønsker å legge til?

Scenariosimuleringer av koordinert lusekontroll i Nordfjord

Arbeidet ble utført av Veterinærinstituttet i samarbeid med INAQ og Norsk Regnesentral i FHF-prosjektet LuseKontroll (prosjektnr. 901650), med innspill fra næringen mottatt gjennom Rødt til Grønt-prosjektet. Et manuskript som sammenfatter simuleringene er innsendt til fagfelleevaluering i et vitenskapelig tidsskrift (Stige mfl. 2024). Teksten nedenfor sammenfatter de relevante delene av sluttrapporten til LuseKontroll-prosjektet. Den primære referansen for innholdet i dette vedlegget er dermed:

Stige, L.C., Aldrin, M, Huseby, R.B., Jansen, P, Qviller, L, Helgesen, K.O. 2024. LuseKontroll: Statistisk modellering av kontrollstrategier for lakselus. VI rapport 2/2024. Veterinærinstituttet 2024.

Leif Christian Stige, Veterinærinstituttet.

Sammendrag

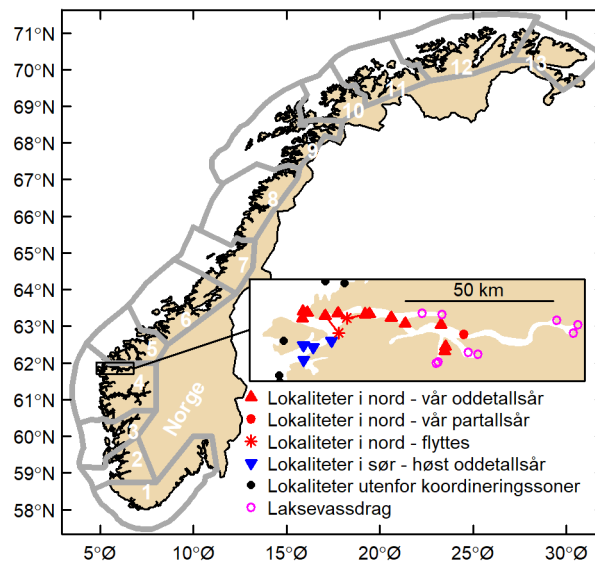
Simuleringene undersøker hvordan oppdrettere i et område best kan koordinere kontrolltiltak mot lakselus for å begrense smittepresset på oppdrettsfisk så vel som på villfisk. Simuleringene ble gjort med en statistisk lakselusmodell tilpasset data fra 90 oppdrettsanlegg fra hele norskekysten i perioden 2017-2020 (Aldrin mfl. 2017, Aldrin mfl. 2023). Lakselusmodellen er her brukt til å simulere luseutviklingen i et nettverk av anlegg som påvirker hverandre gjensidig. Som case-studie er det undersøkt hva som skal til for å redusere lusenivået i Nordfjord tilstrekkelig til å oppnå lav påvirkning på villaks. Utfra den historiske sammenhengen mellom rapportert totalmengde lus i oppdrettsanlegg om våren og beregnet dødelighet av utvandrende vill laksesmolt, må lusenivået om våren halveres, til under 0,3 millioner voksne hunnlus totalt. Innføring av en foreslått ny sonestruktur med koordinert brakklegging og utsett, vil trolig føre til noe mindre lus og lusebehandlinger, men også større variasjon mellom år. Om våren i partallsår vil situasjonen bli verre enn før, og ytterligere tiltak kreves. Det eneste av de undersøkte kontrolltiltakene som brakte lusenivået ned til under 0,3 millioner hunnlus om våren også i partallsår, var utsett av større fisk (på 1 kg eller mer) som trengte kortere tid i åpne anlegg. Forutsetninger var at produksjonen kunne times sånn at det var lite fisk i sjøen om våren og at produksjonen ikke ble økt. Et alternativ er produksjon i lukkede eller semi-lukkede anlegg. For å redusere lusenivået til under 0,3 millioner hunnlus om våren med lukking av tilfeldig utvalgte anlegg, måtte mer enn halvparten av anleggene lukkes. Med strategisk lukking av utvalgte anlegg, er imidlertid andelen trolig lavere. Koordinert våravlusning med en høyeffektiv lusebehandling kombinert med lavere terskel for å avluse om våren og sommeren ga også vesentlige reduksjoner i lusenivået. Strategien medførte imidlertid også økt behandlingsfrekvens og det ble ikke undersøkt hvordan koordinert bruk av en høyeffektiv (medikamentell) behandling påvirker resistensutvikling. Å sette til luseskjørt eller andre barrierer som stoppet halvparten av luselarvene fra omkringliggende anlegg var langt fra tilstrekkelig til å redusere lusenivået til under 0,3 millioner hunnlus om våren, men ga vesentlige reduksjoner i behovet for lusebehandlinger.

Bakgrunn

Et sentralt spørsmål for å utvikle gode strategier mot lakselus er *hvordan oppdrettere i et område best kan koordinere kontrolltiltak mot lakselus for å begrense smittepresset på oppdrettsfisk så vel som på villfisk*. Koordinering av tiltak mot lakselus kan potensielt redusere totalproduksjonen av luselarver i et område. Betydningen av koordinering understrekes av at påslaget av nye lakselus i et anlegg i hovedsak kommer fra omkringliggende anlegg (Aldrin mfl. 2017). I dag koordineres brakkleggingen av anleggene mellom produksjonssykluser sonevis i mange områder, samt at avlusinger i noen grad samordnes til bestemte tider på året. Gevinsten av slik koordinering er imidlertid usikker, da koordinert brakklegging i prinsippet er en koordinering av hele generasjoner i et område. Mot slutten av produksjonssyklusen kan en slik koordinering være negativ, fordi biomassen i området er stor, og lusepopulasjonene er godt etablert (Guarracino mfl. 2018, *Diseases of Aquatic Organisms*; Aldrin & Huseby 2019, NR Rapport SAMBA 29/19). Koordinering av tiltak mot lakselus har også betydning for smittepresset på vill laksefisk. Ett koordineringstiltak er lavere tiltaksgrænse om våren, noe som gjøres for å redusere smittepresset under utvandringstiden for vill

laksesmolt. Andre mulige tiltak er blant annet bruk av luseskjørt i kritiske deler av produksjonssyklusen, stormsolt for å korte ned tiden i åpne merder i sjø, og overgang til lukkede anlegg i spesielt luseutsatte områder. Tallfesting av effektene av ulike handlingsalternativer på områdenivå er viktig for å komme fram til gode strategier for å redusere lakseluspåvirkningen på villfisk til akseptable nivåer.

Gjennomføring



Figur 1. Studieområdet i Nordfjord, med forslag til ny sonestruktur.

Vi har brukt Nordfjord som eksempelområde for å undersøke betydningen av koordinering av produksjon og lusekontroll. Her har Fiskeridirektoratet koordinert en plan for ny sonestruktur, som vi har gjenskapt i simuleringer (Figur 1). For å gjennomføre analysene har en populasjonsmodell for lakselus (Aldrin mfl. 2017, 2019) blitt brukt til å simulere luseutviklingen i nettverk av flere anlegg som påvirker hverandre gjensidig. Populasjonsmodellen til Aldrin mfl. (2017, 2019) gjenskaper den tilfeldige variasjonen i lusepåslag mellom anlegg og merder og usikkerheten i lusetellingene. Modellen gjenskaper dermed også usikkerheten en oppdretter har om den faktiske lusesituasjonen når han eller hun må velge tiltak. Modellen tallfester også betydningen av spredning mellom merder og anlegg. Modellen er derfor svært godt egnet til å simulere hvordan handlingsvalg oppdrettere tar påvirker luseutviklingen i anleggene.

Scenariosimuleringene er presentert i en vitenskapelig artikkel som er innsendt til fagfelleevaluering i et vitenskapelig tidsskrift (Stige mfl. 2024b). Her spør vi først hvor mye lusenivået må reduseres i Nordfjord for at påvirkningen på villfisk skal bli lav (i henhold til Trafikklyssystemet). Dette gjør vi ved å sammenholde årlig totalantall av voksne hunnlus rapportert i oppdrettsanlegg i Nordfjord i uker 16-21 fra 2012 til 2022 med gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksepostsmolt for de lakseførende elvene i området, beregnet med Veterinærinstituttets virtuelle postsmoltmodell (som også brukes i Trafikklyssystemet). Vi bruker denne sammenhengen til å finne ut hvor mange voksne hunnlus som tilsvarer 10 prosent dødelighet, som er skillete mellom lav og moderat påvirkning i Trafikklyssystemet.

Deretter undersøker vi med simuleringer hvordan forslaget til ny sonestruktur påvirker lusenivået, med et særlig fokus på antallet voksne hunnlus om våren. I simuleringene har vi sammenliknet lusenivå og behandlingsbehov i Nordfjord i perioden 2015-2022 med historisk og foreslått sonestruktur.

Vi har også undersøkt ulike scenarier for koordinert lusekontroll med bruk av luseskjørt, felles våravlusninger også med bruk av én høyeffektiv behandling, lavere tiltaksgrense for avlusning, utsett av større fisk og lukking av produksjonen.

Resultater og diskusjon

Studieområdet i Nordfjord omfattet 19 oppdrettsanlegg som i gjennomsnitt over årene 2015-2022 har rapportert 0,55 millioner hunnlus totalt i ukene 16-21 om våren. Det var en tilnærmet lineær sammenheng mellom totalantall voksne hunnlus om våren i Nordfjord og lakselusindusert dødelighet beregnet for elvene i området. For å redusere lakselusindusert dødelighet til under 10 prosent, tyder resultatene på at mengden lakselus må halveres, fra rundt 0,6 til rundt 0,3 millioner voksne hunnlus.

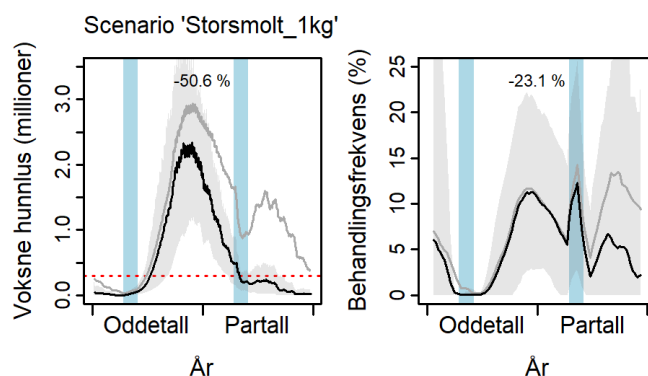
Simulering med ny sonestruktur ga i gjennomsnitt 12 % færre lus og 11 % færre lusebehandlinger enn simuleringer med historisk sonestruktur. Samtidig økte variasjonen mellom år. Om våren i oddetallsår sank lusetallet fra 0,54 til 0,06 millioner voksne hunnlus. Om våren i partallsår økte derimot lusetallet fra 0,73 til 1,06 millioner voksne hunnlus. Det er ikke opplagt hvilket av disse alternativene som har minst påvirkning på villaksen, jevnt moderat eller alternerende mellom høyt og lavt smittepress. De neste scenarioene tok utgangspunkt i den nye soneringen og undersøkte hvilke tilleggstiltak som kunne redusere lusetallet om våren i partallsår.

Med luseskjørt eller andre barrierer som stoppet 50 % av luselarvene fra omkringliggende anlegg, ble antallet voksne hunnlus redusert med 16 % og antallet behandlinger med 19 %. Luseskjørt kun brukt i april-mai-juni i partallsår førte bare til 7 % reduksjon i lusetallet om våren. Luseskjørt var dermed langt fra tilstrekkelig til å nå målet om 0,3 millioner voksne hunnlus om våren i Nordfjord. Luseskjørt og andre barrierer kan likevel være viktig som kontrolltiltak, blant annet for å redusere behovet for lusebehandlinger.

Dersom alle anleggene i området brukte en høyeffektiv lusebehandling med 98 % effekt i uke 15 i partallsår, ble lusenivået om våren redusert med 66 % til 0,37 millioner voksne hunnlus. Effekten var imidlertid kortvarig, og reduksjonen varte ikke lenge utover sommeren. Relativt lavt lusenivå både om våren og sommeren ble derimot oppnådd når en høyeffektiv lusebehandling om våren (i uke 12) ble kombinert med en lavere tiltaksgrense for lusebehandlinger om våren og sommeren (0,1 voksne hunnlus i uker 13-39). Det er samtidig verdt å bemerke at selv om lavere tiltaksgrense førte til lavere lusenivå, økte også det totale antallet behandlinger. I studieområdet kommer rundt 11 % av luselarvene fra oppdrettsanlegg utenfor området, noe som kan gjøre det vanskelig å holde lave lusetall.

Også koordinering av våravlusningen ga økt totalt behandlingsbehov i forhold til ukoordinerte avlusninger. Koordinering av lusebehandlinger i et område kan også ha konsekvenser for resistensutvikling, som ikke er undersøkt i dette prosjektet.

Med utsett av fisk på 1 kg ble lusenivået om våren i partallsår redusert med 75 %, til 0,27 millioner voksne hunnlus. Lusenivået forble også relativt lavt utover sommeren, også i oddetallsår. Utsett av fisk på 1 kg ga i tillegg en 23 % reduksjon i hyppigheten av lusebehandlinger i tidsperioden i sjøen. En forutsetning for disse beregningene var at produksjonen ikke ble økt. Tidspunktet for lavt lusenivå hang, ikke overraskende, tett sammen med timingen av produksjonen. Vi antok at laksen ble satt ut i sjøen kort tid etter brakkleggingsperioden, altså i april i oddetallsår for de fleste anleggene (som vist i Fig. 1). Resultatene av simuleringen vises her (Fig. 2):



Figur 2. Scenariosimuleringer med utsett av fisk på 1 kg. De sorte linjene i figuren til venstre er totalantall lus i oppdrettsanlegg i studieområdet (Nordfjord). De lysegrå feltene bak gjenspeiler tilfeldige påvirkninger på lusedynamikken. De mørkere grå linjene er utviklingen i basisscenarioet med utsett av vanlig smolt. De lyseblå feltene er uker 16-21 på våren, når lusegrensen er lavere for å beskytte utvandrende laksesmolt. Figuren til høyre viser hvor stor andel av fisken som blir lusebehandlet hver uke.

Med lukking av et tilfeldig utvalg av 9 av 17 aktive anlegg (dvs. 53 % av anleggene), ble lusenivået i gjennomsnitt redusert med 63 % til 0,40 millioner hunnulus om våren i partallsår og hyppigheten av lusebehandlinger blant de åpne anleggene med 24 %. I likhet med de andre scenarioene, ble scenarioet simulert 100 ganger med nye tilfeldige effekter. De 100 gjentatte simuleringene viste da betydningen av tilfeldig variasjon i lusedynamikken, og i dette tilfellet i utvalget av oppdrettsanlegg som ble lukket. Det viste seg at scenarioet med lukking hadde spesielt stor variasjon i effekten, mest sannsynlig fordi det hadde stor betydning hvilke anlegg som ble lukket. Dette innebærer at reduksjonen i lus kan bli større enn den estimerte gjennomsnittseffekten, dersom man strategisk lukker anlegg med stor smitteproduksjon, høy grad av smittekontakt med andre anlegg og/eller nærhet til utvandringsrutene til villaks.

Dersom hvert enkelt anlegg reduserer antallet laks i åpne merder med 50 %, reduseres lusenivået med 54 % og hyppigheten av lusebehandlinger med 10 %. Det gir altså større gevinst å redusere andelen åpne anlegg enn å redusere en tilsvarende andel av merdene i hvert anlegg.

Hovedfunn

- Scenariosimuleringer i nettverk av anlegg ble gjort med Nordfjord som eksempelområde. Resultatene fra en virtuell postsmoltmodell tyder på at lusenivået i området må halveres, til under ca. 0,3 millioner voksne hunnulus om våren, for å oppnå lav påvirkning på villaks i henhold til Trafikklyssystemet.
- Simuleringene viste at ny sonestruktur med koordinert brakklegging i større områder av Nordfjord i gjennomsnitt gir lavere lusenivå og færre lusebehandlinger, men uakseptabelt høyt lusenivå om våren i partallsår.
- Det eneste av de undersøkte kontrolltiltakene som ga under 0,3 millioner hunnulus om våren i partallsår, var utsett av fisk på 1 kg eller mer. Forutsetninger var at produksjonen kunne times sånn at påvirkningen på villfisk ble minimert og at produksjonen ikke ble økt.
- Mer enn 50 % av tilfeldig utvalgte anlegg måtte lukkes for å nå målsetningen om under 0,3 millioner hunnulus om våren, men trolig mindre med strategisk lukking av anlegg som bidrar mye til smitteproduksjon og -spredning.

- Koordinert våravlusning med en høyeffektiv lusebehandling i partallsår kombinert med lavere terskel for å avluse om våren og sommeren ga vesentlige reduksjoner i lusenivået. Strategien innebar imidlertid også økt behandlingsfrekvens, og konsekvenser av koordinerte lusebehandlinger for resistensutvikling ble ikke undersøkt.
- Luseskjørt eller andre barrierer som stoppet halvparten av luse larvene fra omkringliggende anlegg ga vesentlig færre behandlinger, men bidro lite til å gi færre lus om våren i partallsår.

Referanser

Aldrin, M., Huseby, R.B., Stien, A., Grøntvedt, R.N., Viljugrein, H., Jansen, P.A., 2017. A stage-structured Bayesian hierarchical model for salmon lice populations at individual salmon farms - Estimated from multiple farm data sets. *Ecol. Modell.* 359, 333-348. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2017.05.019

Aldrin, M., Huseby, R.B., Stige, L.C., Helgesen, K.O., 2023. Effectiveness of treatments against salmon lice in marine salmonid farming. *Aquaculture* 575, 739749. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739749>

Stige LC, Jansen P, Helgesen KO 2024. The effectiveness of regional coordination of parasite control in reducing negative impacts of aquaculture on wild fish populations. Manuskript.



Metapopulasjonsmodell av lakselus på oppdrettsanlegg – eksempel fra Nordhordland

Mats Huserbråten, Ph.d., Faggruppe for Oseanografi og Klima, Havforskningsinstituttet

Innledning

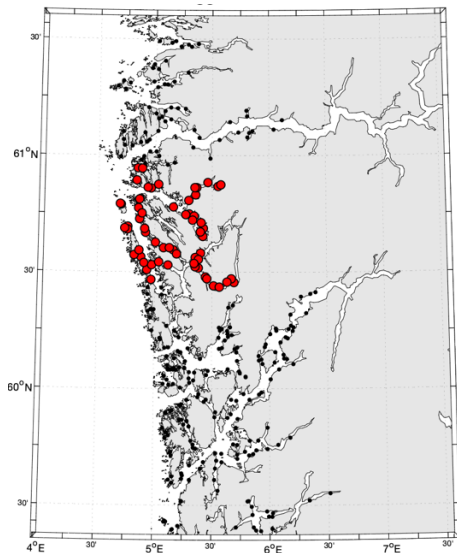
Dette er en preliminær dokumentasjon av en metapopulasjonsmodell av lakselus på oppdrettsanlegg som modellerer produksjon og utveksling av lakseluslarver på og mellom oppdrettslokalteter. Smitte mellom lokalitetene er basert på detaljert informasjon om vannstrøm, temperatur og saltholdighet estimert med Havforskningsinstituttet sin hydrodynamiske modell NorFjord160 (Dalsøren et al. 2020; Albretsen og Asplin 2021) og antall fisk per lokalitet som har blitt rapportert til Fiskeridirektoratet over perioden 2017-2022. Dette i påvente av en fullverdig beskrivelse av modellen i form av en vitenskapelig artikkel (planlagt publisert i 2024-2025).

Konseptuelt er modellen basert på sammenslåingen av tidligere arbeider som beskriver konnektivitetsnettverk av lakseluslarver basert på historisk produksjon (Huserbråten & Johnsen 2022) og populasjonsmodell av lakselus på oppdrettsanlegg (Kragesteen et al. 2023), men med noen nye sentrale implementeringer av for eksempel tetthets og -størrelsesavhengig beiting av rensefisk (Engebretsen et al. 2023), samt lavere dødelighet på alle lusestadier fra kopepoditt til voksen lus.

Hensikten med modellen er å beskrive endringer i det dynamiske smittenettverket dersom hypotetiske lokaliteter innfører nullutslippsteknologi, f.eks. i form av lukkede merder der pelagiske lakseluslarver slipper hverken inn eller ut. Dette for å støtte opp om prosjekter der beslutningstakere og lakseoppdrettsbedrifter ønsker å optimalisere den helhetlige effekten av lukking av lokaliteter. Effekten av lukkede produksjonsheter i modellsystemet er hovedsakelig kvantifisert (og optimalisert) gjennom en reduksjon i behovet for mekaniske/medikamentelle avlusningstiltak for å holde voksne hunnlus per fisk under lovlige grenser, og sekundært redusere behov for utsett av rensefisk.

I det påfølgende eksempelet av implementasjonen av modellen er produksjonsområde (PO) 4 brukt, og kun lokasjonene i Nordhordland er vurdert for lukking (se Figur 1 for fordeling av lokaliteter vurdert for innfasing av lukket merd teknologi/null lus teknologi), mens effekten er vurdert samlet for hele PO4 da forvaltningsgrep tatt i Nordhordland er forventet å gi ringvirkninger for de fleste nedstrøms lokaliteter innenfor rimelig avstand.

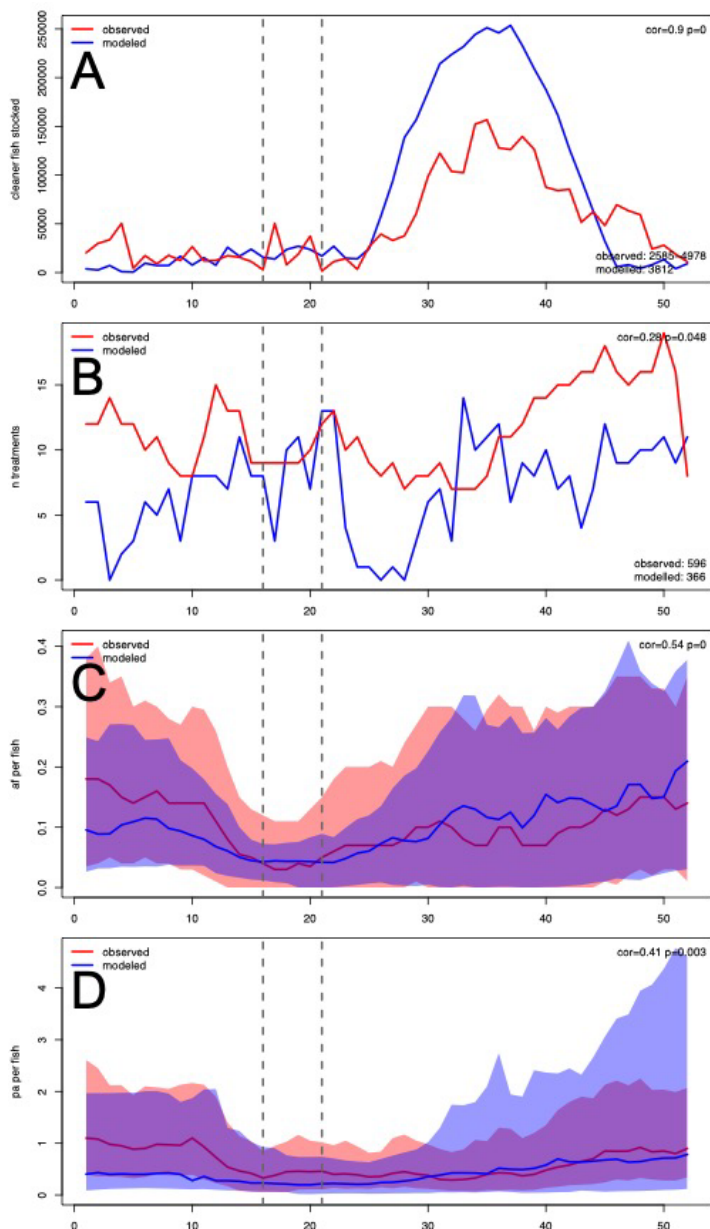
For å kvantifisere usikkerhet og sensitivitet knyttet til sentrale parametere ble modellen kjørt med ti forskjellige parameterverdier, hovedsakelig knyttet til den funksjonelle responsen til rensefisk ved forskjellige lusetettheter der empiriske studier spriker/mangler mest. Etter hver simulering av de 10 forskjellige variantene av modellen ble lokaliteten som i snitt smittet mest til andre lokaliteter «lukket» og modellen ble kjørt igjen til 40 lokaliteter av de totalt ≈ 60 i område Nordhordland var lukket (dvs. at disse lokalitetene ble antatt å slippe ut null lus).



Figur 1. Lokalteter i Nordhordland (PO4) som vurdert som kandidater for innføring av lukket merd teknologi (null-lus teknologi) i prosjektet «Fra rødt til grønt».

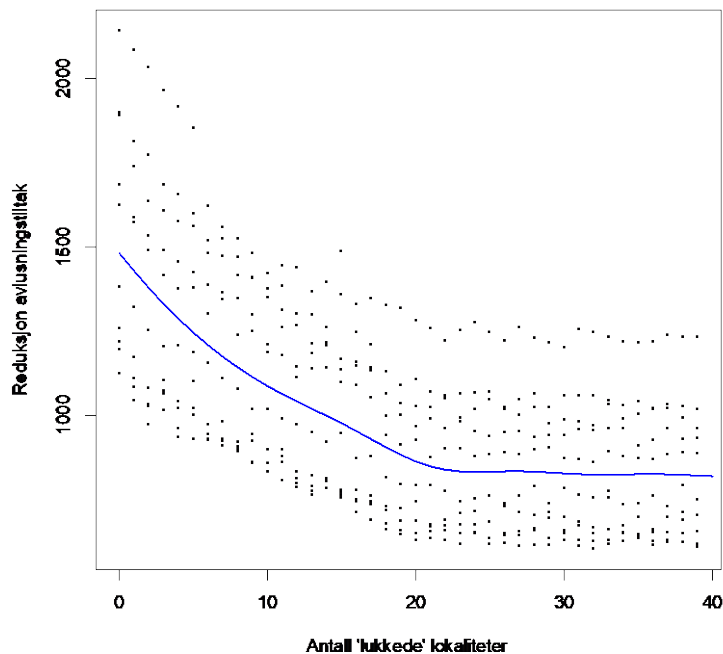
Resultater og Diskusjon

De historiske dataene på utsett av rensefisk i industrien fra PO4 indikerer lav «utsettsrate» i store deler av året, men med en markant økning i utsett mellom uke 25 og 45 i en tilnærmet normalfordeling med gjennomsnitt i uke 34 (Figur 2A). Den antatte hensikten med intensivering av utsett av rensefisk i sommerukene er å redusere utviklingen av lusemetapopulasjonene når generasjonstiden er kortest, og fungerer i så måte som en forebyggende strategi, mens mekanisk og annen avlusning brukes når forebyggende tiltak ikke lenger klare å holde lusenivået nede når smittepresset er som størst (Figur 2B). Aggregert over hele PO4 ser vi at antall voksne hunnlus per fisk som er rapportert til Mattilsynet generelt holdes rundt 0,1 i store deler av året, men med verdier opp mot 0,2 i vintersesongen og ned mot 0,05 i smoltutvandringsperioden om våren (Figur 2C). En lignende fordeling finner vi også for de mobile lusestadiene, dog med mye høyere absolutt verdi mellom 0,5 og 1 per fisk (Figur 2D). Modellen i sin nåværende form klarer å gjenskape disse sentrale variablene på et tilfredsstillende nivå.



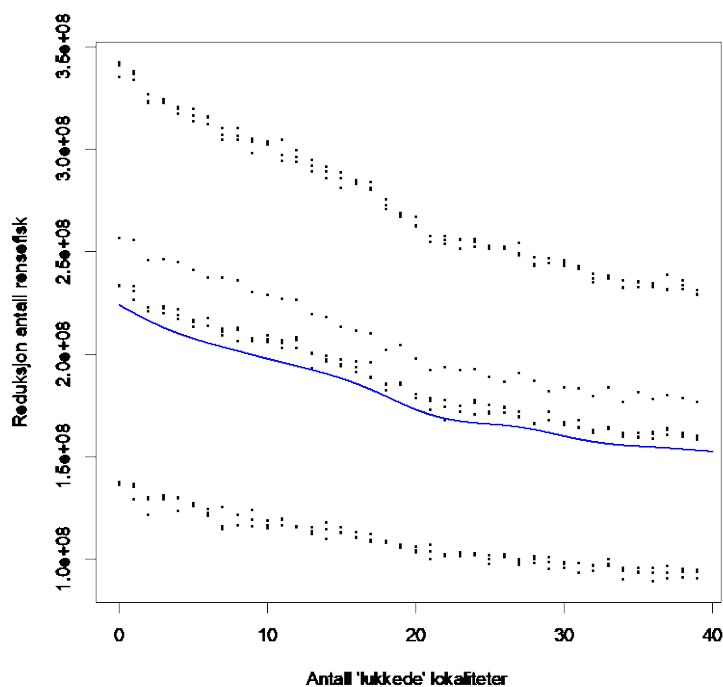
Figur 2. Sammenligning av modellert og observert data aggregert over PO4, fordelt på: (A) utsett av rensefisk; (B) avlusningstiltak (hovedsakelig mekanisk avlusning); (C) voksne hunnlus per fisk; og (D) andre mobile lus per fisk. Skraverte felt indikerer første og tredje kvartil av fordelingen og representerer variasjonen mellom lokaliteter.

Ser vi på utviklingen i behov for mekaniske avlusningstiltak etter at lokaliteter som sprer mest lus til andre lokaliteter i Nordhordland gradvis innfører nullutslippsteknologi ser vi en markant nedgang etter de første 20 «lukkinger», etterfulgt av et platå uten nevneverdig endring (Figur 3).



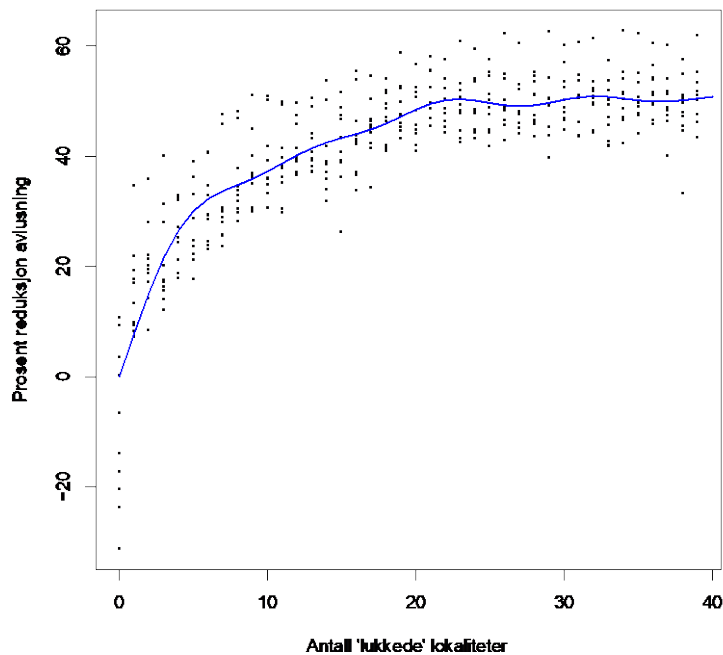
Figur 3. Modellert reduksjon i antall mekaniske avlusningstiltak i PO4 ved økt antall lokaliteter som tar i bruk «lukket» teknologi i Norhordland.

Utsett av rensefisk i modellen reduseres også gradvis, men siden modellen først og fremst er incentivert til å redusere mekaniske avlusninger først, gir den gradvise lukkingen ingen synergi effekt utover det som er forventet ved å bare eliminerer det som ville blitt brukt på den lukkede lokaliteten (Figur 4).



Figur 4. Modellert reduksjon i antall rensefisk satt ut i PO4 ved økt antall lokaliteter som tar i bruk «lukket» teknologi i Nordhordland.

Ser vi på det totale antall lus som må fjernes fra modellen ved de forskjellige konfigurasjonene og ved gradvis lukking av lokaliteter i Nordhordland, forekommer det en markant reduksjon ved de første 5-6 lukkingene, etterfulgt av en mer moderat reduksjon frem til ca. 20 lokaliteter, og et platå deretter (Figur 5). Dette tolkes som at kost/nytte for Nordhordland og PO4 er relativt sett høyest ved å innføre lukket teknologi på de 6-7 som smitter mest til andre lokaliteter, med en moderat effekt av lukkingen av de neste 10-12, og ingen effekt av å lukke mer enn 20 lokaliteter når en ser på responsen i hele PO4 (Tabell 1). Endring i smittenettverket etter innføring av nullutslippsteknologi på 10 lokaliteter kan sees i Figur 6.

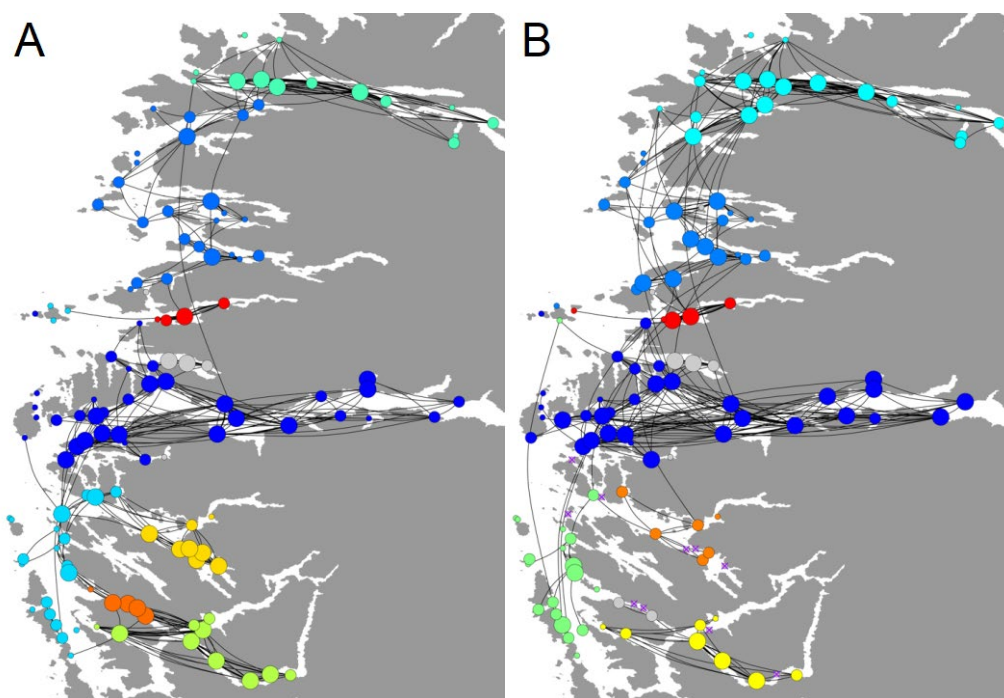


Figur 5. Modellert reduksjon i total avlusning i hele PO4 ved økt antall lokaliteter som tar i bruk «lukket» teknologi i Nordhordland; altså reduksjon i antall lus fjernet fra modellen ved hjelp av rensefisk og mekanisk avlusning.

Tabell 1. Modellert reduksjon i behovet for tiltak i prosent: Avlusning (antall lus fjernet fra modellen ved hjelp av rensefisk og mekanisk avlusning, Figur 2); Mekanisk avlusning (Figur 3); og rensefisk (Figur 2). Også listet opp er lokalitetene som i snitt (over de 10 versjonene av modellen) eksporterte mest lus til andre lokaliteter (Lok.id.)

Antall «lukket»	Prosent «lukket»	Lok.id.	Reduksjon avlusning total (%)	Reduksjon mekaniske avlusning (%)	Reduksjon rensefisk (%)
0	0	-	0	0	0
1	1	11690	8	4	2
2	2	13644	15	7	3
3	2	19655	22	10	5
4	3	11649	27	13	6
5	4	30559	30	16	7
6	5	18898	32	18	8
7	5	11749	34	21	9

8	6	34657	35	23	10
9	7	34397	36	25	11
10	8	13704	37	27	12
11	8	31497	39	28	12
12	9	13563	40	30	13
13	10	26295	42	31	14
14	11	11667	43	33	15
15	12	11657	43	34	16
16	12	11738	44	36	17
17	13	11700	45	37	18
18	14	12156	46	39	20
19	15	10086	47	40	21
20	15	11644	48	42	23



Figur 6. Smittenettverk ved (A) produksjonshistorikk over 2017-2022 i PO4; og (B) simulert nettverk ved «strategisk» innføring av lukket teknologi ved 10 lokaliteter i Norhordland. Her representerer buete linjer smitte med klokken, størrelsen på sirkler den totale eksporten fra lokaliteten til andre lokaliteter, fargen på sirkler klyngetilhørighet (grå sirkler klynger med tre eller færre medlemmer), og lilla kryss i (B) de lukkede lokalitetene.

Referanser

Albretsen J og Asplin L (2021) Hvilken betydning har oppløsning for kyst- og fjordmodeller? Validering og representasjonsberegninger av strømmodeller med eksempler fra Sulafjorden, Møre og Romsdal <https://hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-20>

Dalsøren, S. B., Albretsen, J., & Asplin, L. (2020). New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 246, 107028.

Engebretsen S, Aldrin M, Qviller L, Stige LC, Rafoss T, Danielsen OR, Lindhom A, Jansen PA (2023) Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) in the stomach contents of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) sampled from Norwegian fish farms: Relationship between lice grazing and operational conditions. *Aquaculture* 563:738967.

Huserbråten M, Johnsen IA (2022) Seasonal temperature regulates network connectivity of salmon louse. *ICES Journal of Marine Science*:1–8.

Kragestein J, Johannesen T, Sandvik A, Andersen K, Johnsen IA (2023) Salmon lice dispersal and population model for management strategy evaluation. *Aquaculture* 575:739759.

Økonomiske vurderinger: Lønnsomheten av tiltak for å gjøre røde produksjonsområder (PO'er) grønne

1. OPPSUMMERING

1.1 Behov for store investeringer og andre kostbare tiltak

For å redusere lusestrykket til nivåer som gir grønt lys i trafikklssystemet og samtidig oppnå en akseptabel velferd for oppdrettslaksen har samfunnet og næringen behov for at havbruksselskapene gjennomfører kostbare tiltak på mange områder. Det er nødvendig med investeringer i nye «0-lus» og «lav-lus» teknologier, samt gjennomføring av andre kostbare tiltak, f.eks. endring av sesongmønster i sjø-produksjonen i åpne anlegg.

1.2 Økonomiske incentiv problemer

Flere forhold gjør imidlertid at havbruksselskapene mangler incentiver til å investere tilstrekkelig:

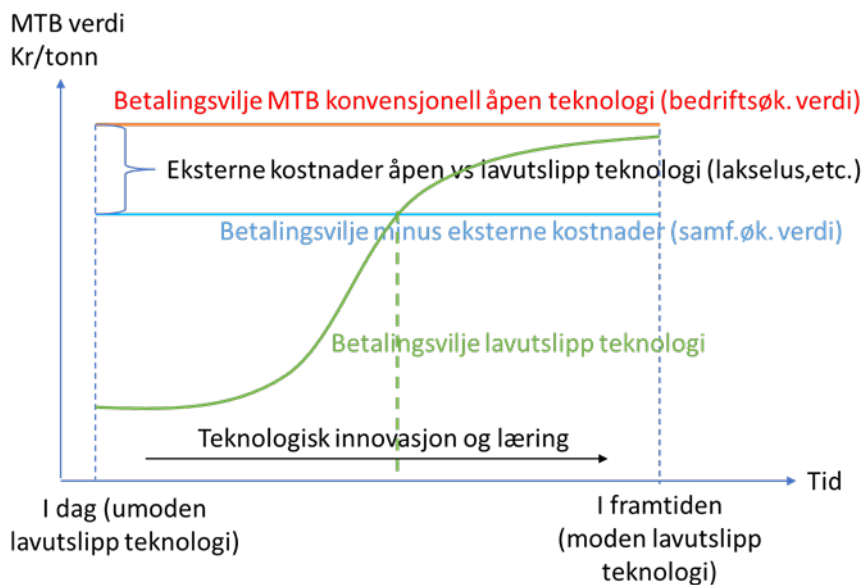
- (1) MTB tillatelser for produksjon i sjø blir priset av myndigheter og næring av den bedriftsøkonomiske avkastningen de gir for anvendelse i eksisterende åpne havbruksanlegg, mens negative eksterne kostnader fra slike anlegg i form av lakselus og fiske sykdommer ikke blir priset inn;
- (2) det er en høy risiko knyttet til den biologiske, tekniske og økonomiske ytelsen til umodne «0-lus teknologier», f.eks. semi-lukkede anlegg;
- (3) det er «gratis-passasjer» problemer blant oppdretterne, fordi tiltak hos noen havbruksselskaper som reduserer lusepopulasjonen i et område kan gi incentiver til andre selskaper å la være å gjennomføre tiltak;
- (4) det er usikkerhet om kostbare tiltak som skal redusere lusepopulasjonen i et område gir en effekt i forhold til trafikkllys, grunnet for eksempel naturgitte faktorer som temperaturendringer, og variasjoner i tilførsel av lakselus fra andre områder.

1.3 Incentiver for investeringer 0-lus teknologi

Forhold som kan føre til for små investeringer i lukket teknologi i forhold til det som er optimalt for samfunnet, er at havbruksselskap i sine investeringskalkyler ikke tar tilstrekkelig hensyn til at produksjon i lukket anlegg også vil gi lavere lusepåslag for andre havbruksselskap og dermed øke deres lønnsomhet, og at de ikke tar tilstrekkelig hensyn til lusestrykk på vill laks. Dermed blir den bedriftsøkonomiske kalkylen forskjellig fra den samfunnsøkonomiske kalkylen. Myndighetenes grenser for lusepåslag kan gi noen incentiver, men hvis havbruksselskapet tror at det kan holde seg innenfor lusegrensene på lokalitetsnivå med åpne anlegg og lusebehandlinger med lavere kostnader så er trolig ikke incentivene til å investere i lukket teknologi sterke nok.

Vi har i Figur 1 illustrert situasjonen med en moden åpen teknologi som oppdretter kjenner godt og en umoden lavutslipp teknologi. Havbruksselskapet har en betalingsvilje per tonn MTB for den konvensjonelle teknologien som er gitt ved den røde linjen. Denne betalingsviljen bestemmes av nåverdien av framtidige overskudd som ett tonn MTB forventes å gi. Men selskapet har ikke internalisert de eksterne kostnadene andre påføres per tonn MTB gjennom ulike typer smittepress og utslipp, hvis myndighetenes reguleringer gjør at de ikke internaliserer disse. Dersom selskapet hadde internalisert disse eksternalitetene ville betalingsviljen for MTB ligget på den blå linjen. Den nye lavutslipp teknologien er umoden, hvor høye investeringskostnader, usikker biologisk -økonomisk ytelse og høyt avkastningskrav (risikopremie) gjør at et tonn MTB har en lavere verdi, som vist med

den grønne linjen som viser betalingsviljen for lavutslipp teknologien. Over tid vil bedre kunnskap og innovasjon - gjennom forskning, driftserfaringer og videre utvikling av teknologien – føre til at det blir mer lønnsomt å investere i lavutslipp teknologien. Dermed stiger betalingsviljen for lavutslipp teknologien, som indikert med at den grønne linja. Men dette er avhengig av at man får tilstrekkelig erfaring gjennom fullskala produksjon med flere ulike konsepter, og lærer hvilke teknologier som fungerer best. Videre at man får systematisk forskningsbasert kunnskap om hele det komplekse samspillet mellom biologi, teknologi og økonomi, og hvilke valg og løsninger som kan gi god fiskevelferd og lønnsomhet.



Figur 1. Betalingsvilje for konvensjonell åpen teknologi og ny lavutslipp teknologi

Når lønnsomheten ved bruk av lavutslipp teknologi er lavere enn for konvensjonell teknologi, så vil en oppdretter tape økonomisk på å overføre MTB som brukes for konvensjonelle åpne anlegg til lavutslipp anlegg. Dermed får ikke næring og samfunn den læring og innovasjon som er nødvendig for å utvikle dette alternativet. Dette er en markedssvikt, og da er det myndighetenes rolle å finne virkemidler som kan korrigere for denne markedssvikten.

1.4 Virkemidler for å stimulere til investeringer i 0-lus teknologi

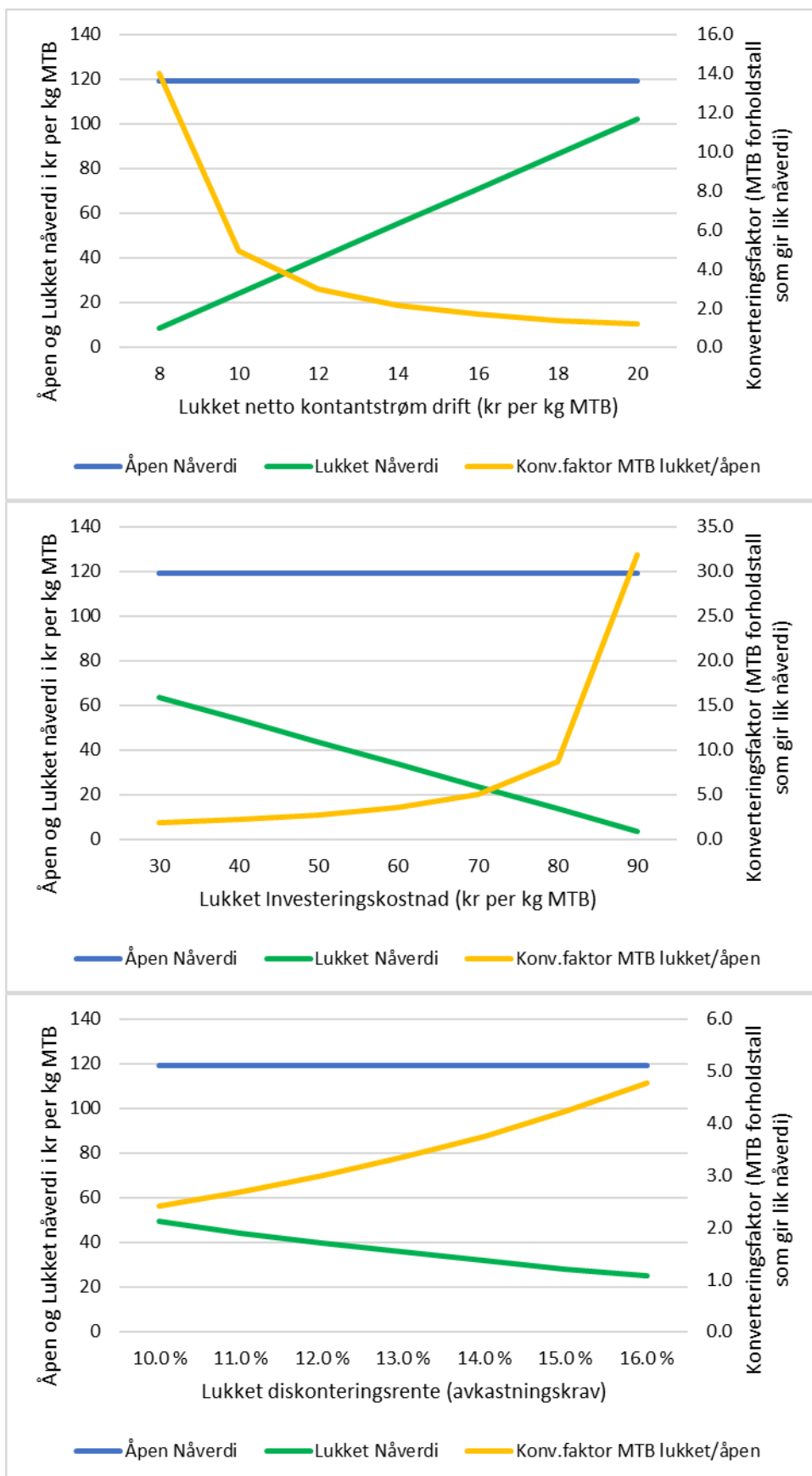
Et virkemiddel er også å ha en lavere pris på MTB for lavutslipp teknologier enn for åpne teknologier. Vi har påpekt to samfunnsøkonomiske begrunnelser for å ha en «subsidie» av lukket/semi-lukket teknologi sammenlignet med konvensjonell åpen merd teknologi, den biologiske og økonomiske ytelsesrisikoen for en umoden teknologi og at eksternaliteter ikke inkluderes i det bedriftsøkonomiske regnestykket. «Subsidie» betyr her ikke at myndighetene betaler ut en støtte, men kan være at prisen for ett tonn MTB er lavere enn for åpne anlegg. Her er det flere muligheter:

- (1) For ny MTB som legges ut kan prisen være lavere hvis den legges i lukkede sjøanlegg.
- (2) Ved konvertering av ett tonn eksisterende MTB fra åpent anlegg til bruk i lukket anlegg så får oppdretter mer enn ett tonn MTB til bruk i lukket anlegg.
- (3) MTB som har blitt trukket ned på grunn av rødt lys i Trafikklyssystemet kan anvendes i lukkede sjøanlegg av de selskapene som har blitt utsatt for nedtrekk, altså teknologier som for alle praktiske formål ikke påvirker lusepopulasjonen og dermed trafikkløset. Det er samfunnsøkonomisk sløsing å ha et tvungent nedtrekk dersom private selskaper er villige til å anvende nedtrukket MTB i lukkede anlegg. Dette handler også om å gi individuelle selskaper muligheter til å redusere sine økonomiske tap i et system som straffer kollektivt, og hvor det enkelte selskap kan ha hatt ansvarlig og god drift. For øvrig

mener Havbruksutvalget i sin NOU (2023:23) at nedtrekk ikke lenger bør være en del av Trafikklyssystemet.^[10] Da blir konvertering til produksjonsformer med 0-lus utslipp eller lave utslipp et alternativ for områder som kommer i rødt. I Vestland fylke er det allerede gjort betydelige nedtrekk av MTB. Ved å inkludere disse MTB volumene sammen med eventuelle andre fremtidige nedtrekk så øker muligheten for å utnytte kapasiteten i 0-lus teknologier med tilstrekkelig MTB, og dermed blir insentivene til å investere i 0-lus teknologier sterkere.

1.5 Konvertering av MTB fra åpen teknologi til 0-lus teknologi

Ordninger for konverteringer av «åpen» MTB til «lukket» MTB hvor forholdstallet er større enn 1 kan være en måte å gi bedriftene tilstrekkelig insentiver til å investere i lukket (eller 0-lus) teknologi. Det er svært krevende å estimere den konverteringsfaktoren for MTB fra «åpen» til «lukket» (i forhold til lus) teknologi som gjør at oppdretter vil konvertere. Dette skyldes den store usikkerheten knyttet til biologisk, teknisk og økonomisk ytelse til f.eks. semi-lukkede anlegg. Det er oppdretternes vurdering av nåverdien av investeringer i 0-lus teknologi versus nåverdien av å beholde MTB i åpen teknologi som vil bestemme den konverteringsfaktoren som gir dem tilstrekkelige insentiver til å investere i 0-lus teknologi. Vi har gjort sensitivitetsanalyser av nåverdi ved å investere i 0-lus teknologi tre nøkkelfaktorer – netto kontantstrøm, investeringskostnad og avkastningskrav. Figur 2 viser at den konverteringsfaktoren som gjør selskapene indifferent (likegyldig) mellom de to teknologitypene ligger i våre simuleringer fra 1:2 og oppover. Det er altså nødvendig å ha en konverteringsfaktor hvor ett tonn åpen MTB konverteres til minst to tonn MTB i 0-lus teknologi for å gi tilstrekkelige insentiver til å investere. Innovasjon og læring vil redusere konverteringsfaktoren over tid.

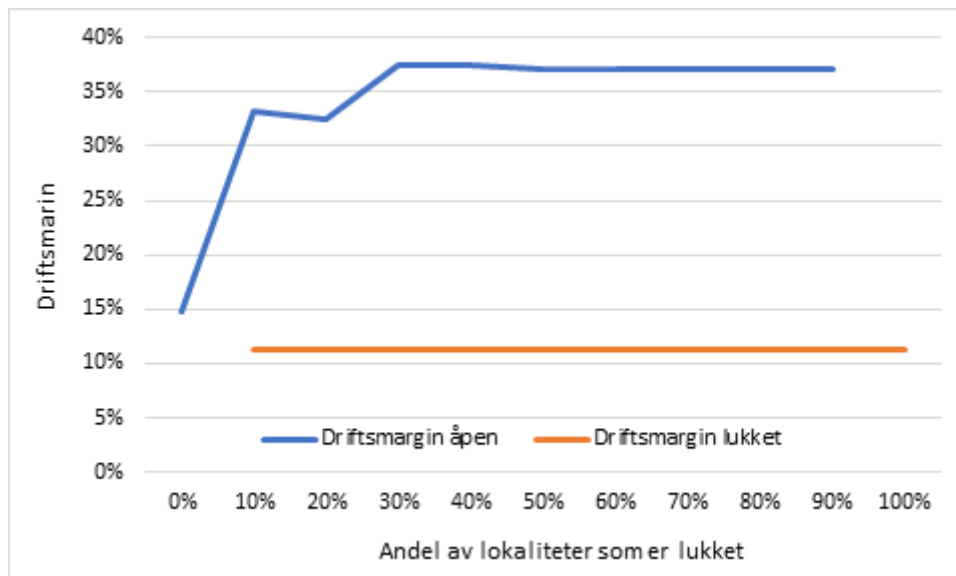


Figur 2. Sensitivitetsanalyser som viser hvordan konverteringsfaktor mellom åpen og lukket MTB er avhengig av (a) Netto kontantstrøm, (b) investeringskostnad og (c) avkastningskrav

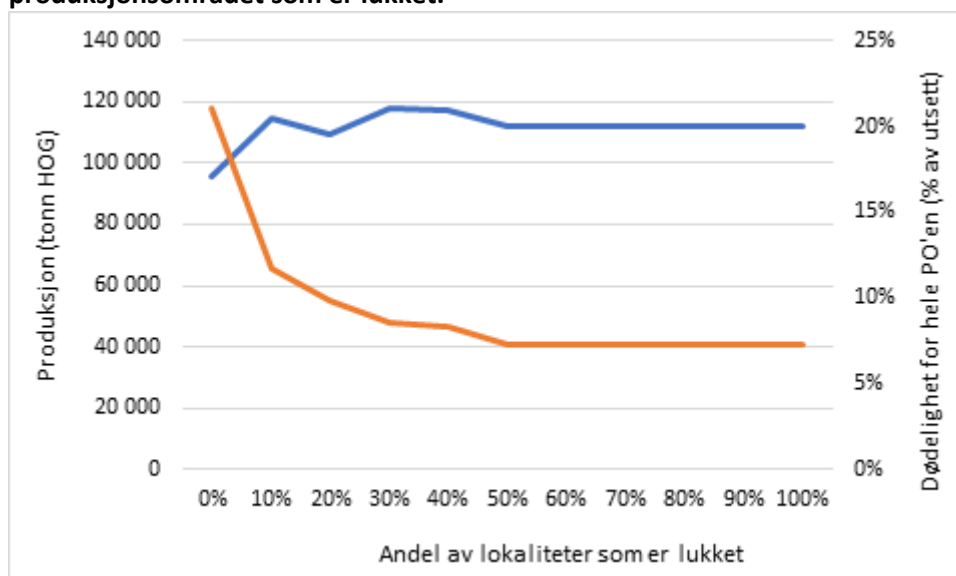
1.6 Ny biologisk og økonomisk likevekt

En vellykket politikk med virkemidler som gir tilstrekkelige incentiver til investeringer i 0-lus teknologi og andre kostbare tiltak vil kunne gi en ny biologisk og økonomiske likevekt med grønt lys i trafikklyssystemet, bedre fiskevelferd og høyere verdiskaping og sysselsetting. Vi har foretatt en samfunnsøkonomisk analyse hvor vi viser hvordan innføring av 0-lus teknologi påvirker lusepopulasjon og biologiske og økonomiske resultater i havbruksnæringen.

Simuleringsanalyser gjort av Havforskningsinstituttet viser at strategisk lukking av enkeltlokaliteter med relativt høyt smittepress kan gi et betydelig redusert smittepress av lus i et produksjonsområde med høyt lusepress. Delvis lukking av lokaliteter kan derfor både redusere smittepresset av lus og samtidig øke lønnsomheten til de resterende åpne merdanleggene (Figur 3), f.eks. som følge av redusert behov for avlusninger som kan gi dødelighet (Figur 4). Gitt forutsetningene i modellen, viser analysen at lukking av en mindre andel av produksjonen kan gi de ønskede effekter.



Figur 3. Driftsmargin for åpne og lukkede merder med økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket.



Figur 4. Produksjon og fiskedødelighet med økende andel av lokalitetene som lukkes.

For ordens skyld:

I resten av rapporten presenterer vi bakgrunn for analysene og flere detaljer om modeller, forutsetninger, resultater og konklusjoner. Oppsummeringene er basert på en rekke studier som er publisert som forskningsrapporter. I flere av delkapitlene er både tekst, figurer, tabeller osv. hentet fra hhv. Misund et al. (2023) og Tveterås et al. (2023). Vi viser til disse publikasjonene for flere detaljer ut over de utdragene vi presenterer her.

Innholdsfortegnelse

1.	OPPSUMMERING.....	1
1.1	Behov for store investeringer og andre kostbare tiltak	1
1.2	Økonomiske incentiv problemer	1
1.3	Incentiver for investeringer 0-lus teknologi	1
1.4	Virkemidler for å stimulere til investeringer i 0-lus teknologi	2
1.5	Konvertering av MTB fra åpen teknologi til 0-lus teknologi	3
1.6	Ny biologisk og økonomisk likevekt	5
2.	BAKGRUNN - BEDRIFTS- OG SAMFUNNSØKONOMISKE OVERSKUDD OG VERDISKAPING	8
3.	BAKGRUNN - TILTAK/VIRKEMIDLER FOR Å REDUSERE NEGATIVE EKSTERNALITETER	11
2.1	Miljøpolitiske virkemidler	11
2.2	Hvordan stimulere investeringer i lavutslippsteknologi?.....	12
2.2.1	Miljøavgifter	12
2.2.2	Andre typer skatter.....	13
2.2.3	Reguleringer	14
2.2.4	Subsidier	14
2.3	Oppsummering av fordeler og ulemper ved ulike korrigerende miljøtiltak	14
3	BÆREKRAFTIG HAVBRUKSPRODUKSJON GJENNOM INCENTIVER FOR TEKNOLOGIVALG	17
3.1	Samfunnets politiske mål og reguleringer for havbruk	18
3.2	Samfunnsøkonomisk effektiv regulering av åpen og lukket havbruksteknologi	18
4	KUNNSKAPSSTATUS LUKKEDE/SEMI-LUKKEDE SJØANLEGG	21
4.1	Dypdriftsteknologi	23
4.2	Innovasjon og investeringer i lavutslippsanlegg.....	25
5	ØKONOMIBEREGNINGER.....	29
5.1	Generelt om økonomiberegninger av lavutslippsteknologi.....	29
5.2	Kapasitetsutnyttelse	31
5.3	Bedrifts- og samfunnsøkonomiske analyser av null- og lavutslippsteknologi	38
5.3.1	Analyse 1: Valget mellom åpen eller lukket teknologi.....	43
5.3.2	Analyse 2: Analyse av bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter av lukking av lokaliteter	47
5.3.3	Analyse 3: Økonomiske effekter av delvis lukking av lokaliteter i et produksjonsområde	49
6	REFERANSER	62

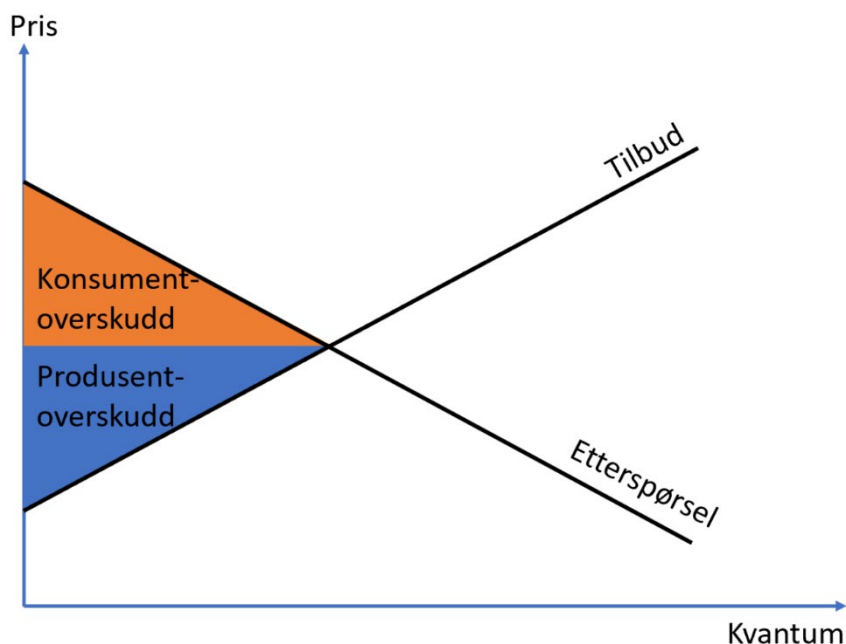
2. BAKGRUNN - BEDRIFTS- OG SAMFUNNSØKONOMISKE OVERSKUDD OG VERDISKAPING

Økonomifaget handler om hvordan knappe ressurser fordeles mellom mennesker og bedrifter i et samfunn. Økonomer er opptatt av hvordan aktørene i en økonomi kan skape verdier gjennom å bruke de knappe ressursene mest mulig effektivt. Når økonomer regner på den økonomiske lønnsomheten av et bestemt tiltak vil en sammenstille de økonomiske fordelene og ulempene ved tiltaket, f.eks. med en kost-nytte-analyse. Lønnsomheten i tiltaket vil da sammenlignes med lønnsomheten til alternativene, og vil anbefale det tiltaket som gir høyest verdiskaping for samfunnet.

I denne sammenheng snakker vi om samfunnsøkonomisk lønnsomhet, overskudd eller verdiskaping. Det samfunnsøkonomiske overskuddet består av produsent- og konsumentoverskudd. Produsentoverskuddet tilsvarer forskjellen mellom det produsenter får betalt for sine produkter og tjenester og hva de er villig til å produsere disse for. Produsentoverskuddet er derfor et mål på selskapenes overskudd. Konsumentoverskuddet er forskjellen mellom konsumentenes samlede betalingsvilje (f.ek. gitt ved etterspørselskurven) for selskapenes produkter og tjenester og det konsumentene faktisk betaler for de. Konsumentoverskuddet er imidlertid ikke like lett å måle som produsentoverskuddet. Sistnevnte kan avledes fra bedriftenes regnskaper. Konsumentoverskuddet blir derfor ofte utelatt fra samfunnsøkonomiske analyser.

I havbruk vil produsentoverskuddet være et mål på havbruksbedriftenes overskudd, mens konsumentoverskuddet vil fortelle noe om nytteverdien for konsumenter av oppdrettet laks og ørret.

I et ideelt frikonkurransemarked vil det samfunnsøkonomiske overskuddet angis som forskjellen mellom tilbuds- og etterspørselskurvene for området inntil der kurvene krysser hverandre (Figur 1), det vil si summen av konsument- og produsentoverskuddene. I krysningpunktet (under gitte betingelser) vil det samfunnsøkonomiske overskuddet være det høyeste det kan være (maksimert). Begrepet samfunnsøkonomisk effektivitet brukes om graden av maksimering av det samfunnsøkonomiske overskuddet. Full effektivitet innebærer at det samfunnsøkonomiske overskuddet er maksimert.



Figur 1. Samfunnsøkonomisk overskudd

Effektivitetstap (også omtalt som dødvektstap) sier noe om avviket mellom det maksimale og det realiserte samfunnsøkonomiske overskuddet. En rekke faktorer kan føre til redusert samfunnsøkonomisk overskudd, slik som:

1. Avvik fra fullkommen konkurranse (frikonkurranse), f.eks. monopoler
2. Enkelte skatter, avgifter og subsidier
3. Eksterne effekter (negative: forurensning, positive: FoU, agglomerering)
4. Kollektive goder

Disse faktorene kan føre til redusert samfunnsøkonomisk overskudd ved å skape en kile mellom den realiserte markedstilpasningen og det som er samfunnsøkonomisk best mulig (mest effektiv). Av de tre faktorene over er det eksterne effekter som er mest aktuelt for denne rapporten. Eksterne effekter, eller eksternaliteter, er samfunnsøkonomiske fordeler (inntekter) eller ulemper (kostnader). F.eks. at en bedrifts aktiviteter gir økte kostnader for samfunnet, men disse kostnadene ikke hensyntas i selskapenes regnskaper. Når de samfunnsøkonomiske kostnadene ikke inkluderes i selskapenes regnskaper vil de heller ikke ta hensyn til de eksterne effektene når de tar sine drifts- og investeringsbeslutninger. Det er dette som skaper kilen mellom det som er best for samfunnet og bedriften.

FoU og agglomerering er eksempler på positive eksterne effekter (positive eksternaliteter). Hvis et selskap investerer i FoU og hvor resultatene også kan brukes av andre selskaper og dermed gi de lavere kostnader eller høyere inntekter er dette effekter som er positive for andre selskaper, og dermed samfunnet, men uten at selskapet som gjorde FoU-aktiviteten dro nytte av disse kostnads- og inntektseffektene hos andre selskaper. Den manglende kompenseringen av de positive effektene kan

føre til underinvesteringer i FoU, f.eks. knyttet til semi-lukkede anlegg eller solpaneler som noen eksempler.

Forurensning er eksempler på negative eksternaliteter. Hvis selskaper har utslipp til det omkringliggende miljø som har kostnader for samfunnet, og selskapene ikke må betale for miljøskaden, har de ingen økonomiske insentiver for å ta hensyn til miljøskaden. Eksempler på kostnader for samfunnet fra utslipp av lus fra et anlegg er de negative effektene lusesmitte har på andre anlegg og på vill laksefisk. Redusert fiskevelferd fra lusesmitte eller visse avlusningsmetoder kan gi et samfunnsøkonomisk effektivitetstap gjennom å redusere konsumentenes nytte (dvs. redusert konsumentoverskudd).

I begge tilfellene, dvs. både positive og negative eksternaliteter, har vi det som kalles markedssvikt. Markedssvikt kan oppstå når markedskreftene ikke fører til at de eksterne effektene prises slik at de reflekterer de samfunnsøkonomiske inntektene eller kostnadene. Resultatet er at en ikke får den best mulige allokeringen (utnyttelsen) av ressursene i markedet, og det oppstår et samfunnsøkonomisk effektivitetstap.

Når det oppstår markedssvikt, kan det forsvare at myndighetene gå inn med tiltak. Innføringen av tiltak krever imidlertid en nøye vurdering av fordelene (f.eks. reduksjon av effektivitetstapet knyttet til forurensning) mot ulempene (nye effektivitetstap som følge av tiltakene). Tiltak kan kun forsvares hvis de fører til økt samfunnsøkonomisk overskudd sammenlignet med situasjonen før tiltaket.

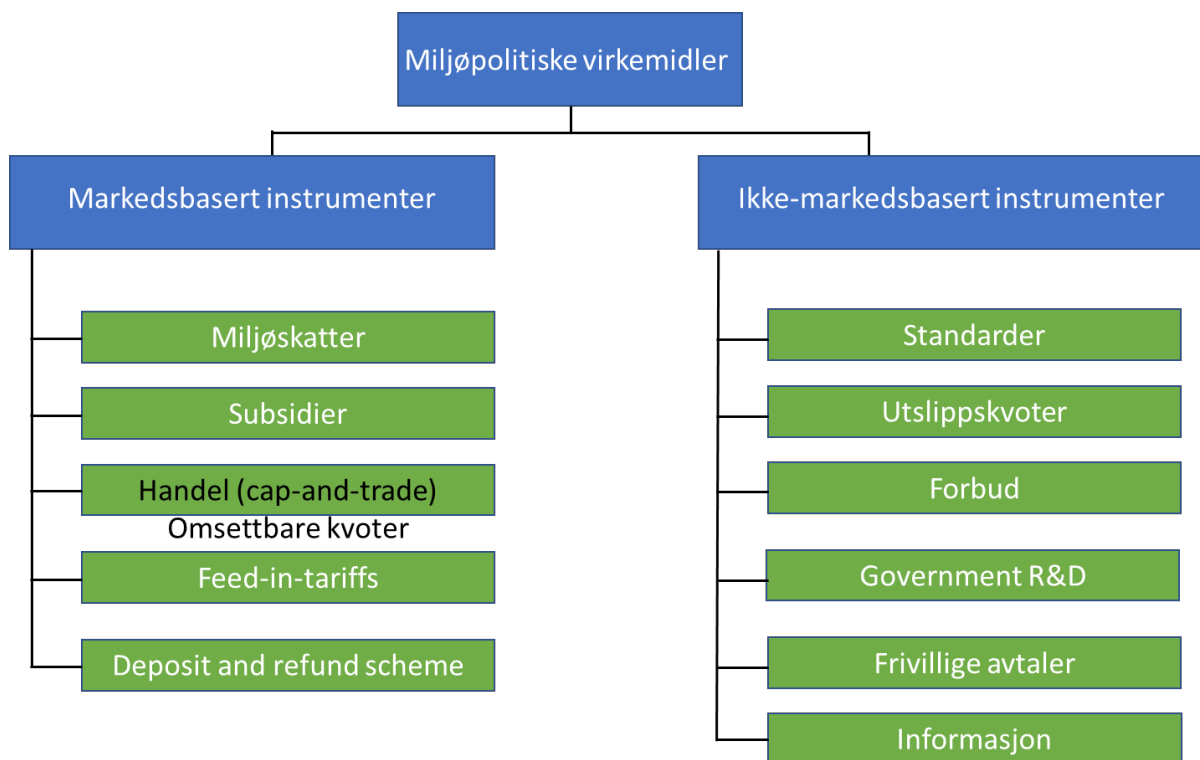
De økonomiske vurderingene og analysene i denne rapporten har et samfunnsøkonomisk perspektiv, dvs. tar utgangspunkt i maksimering av det samfunnsøkonomiske verdiskapingen, som er summen av produsentoverskuddet, konsumentoverskuddet og ikke minst de eksterne effektene.

3. BAKGRUNN - TILTAK/VIRKEMIDLER FOR Å REDUSERE NEGATIVE EKSTERNALITETER

Dette kapitlet gir en oppsummering av aktuelle tiltak og virkemidler for å redusere negative eksternaliteter. Teksten er hentet fra Misund et al. (2023)¹.

2.1 Miljøpolitiske virkemidler

Negative miljøkonsekvenser fra en økonomisk aktivitet vil ofte ha en kostnad for samfunnet som den som forurensere ikke tar hensyn til i sine beslutninger. Dette kalles negative eksternaliteter, og er en form for markedssvikt. Det kalles markedssvikt siden markedet ikke selv klarer å ordne opp, og myndighetene må komme inn å korrigere markedssvikten. Det finnes et helt batteri av ulike miljøpolitiske virkemidler som kan brukes for å korrigere markedssvikt, både markeds- og ikke-markedsbaserte (Figur 3.1)



Figur 3.1. Oversikt over miljøpolitikkinstrumenter.

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

¹ Teksten er hentet fra kapittel 5 i NORCE-rapporten «Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland Bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvenser av lukking av oppdrettsanlegg» skrevet av Bård Misund, Sigbjørn Landazuri-Tveteraas og Atle Øglend. Link til rapporten: <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/3053738>

lisenser, tillatelser, sonereguleringer, registreringer og andre former for reguleringer i stedet for miljøavgifter.

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

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

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

2.2 Hvordan stimulere investeringer i lavsutslippsteknologi?

2.2.1 Miljøavgifter

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

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

Miljøavgifter vil fungere best når disse kriteriene oppfylles. De viktigste eksternalitetene i havbruk som lus, rømming og sykdom beskrives imidlertid best som eksempler på *non-point-source pollution* (Jensen et al., 2024), noe som gjør det utfordrende å bruke miljøavgifter for å korrigere for markedssvikten som oppstår. Ifølge Xepapadeas (2011):

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

Miljøavgifter vil i prinsippet gjøre det dyrere å ha mye lus, sykdom og rømning, men vil være vanskelig å innføre i praksis. Siden utslipp som lus, sykdom og rømt oppdrettslaks bærer preg av å være av typen *non-point-source pollution*, kan en ikke kun vurdere eksternalitetene ut ifra en klassisk tilnærming, f.eks. det klassiske eksemplet med en fabrikk som forurensar, men som ikke påvirkes selv. Eksternalitetene i havbruk beskrives best som romlige eksternaliteter («spatial externalities»)², hvor oppdrettere «forurensar» hverandre, en mekanisme som kan gi opphav til allmenningens tragedie. I tillegg vil eksisterende reguleringer gi en delvis internalisering av de eksterne kostnadene. Selskaper som har aktiviteter i områder med høyt lusepress vil typisk ha høyere produksjonskostnader enn oppdrettere i områder med lavere lusepress. Eksisterende lusereguleringer, f.eks. luseforskriften, forsterker denne effekten.

Det er usikkert, og heller ikke utredet, hvordan miljøavgifter vil fungere når det allerede er mekanismer for internalisering av eksternaliteter på plass. Kanskje vil de ha utilsiktede konsekvenser. Hvordan vil en miljøavgift beregnet på lusetall fungere? Det er grunn til å forvente at avgiften isolert sett vil gi økonomiske insentiver til å presse lusetall ytterligere ned. Men de siste 10 år har vist at dette er veldig dyrt for oppdretter, ikke minst siden hyppige avlusninger går ut over fiskevelferden. Det er derfor usikkert om en miljøavgift på lusetall vil gi oppdretter insentiver til å redusere lusetallet som selskapet ikke allerede har gjennom TLS og luseforskriften. Det er også spørsmål om hvordan nivået på en eventuell miljøavgift på lus skal bestemmes. Ideelt skal den være lik kostnaden til miljøskaden, men det innebærer at miljøskaden må estimeres. Det er kjent av miljøeffekten av lakselus på villaks vil variere gjennom året og også geografisk. Ikke minst vil smittepresset variere fra lokalitet til lokalitet i et produksjonsområde. HI har gjort analyser av dette for PO3³ og PO4⁴. Denne variasjonen i miljøskade vil typisk gjøre det vanskelig å sette riktig nivå på miljøavgiften og også mindre effektiv. Det samme gjelder miljøavgifter på rømt oppdrettslaks og sykdom.

2.2.2 Andre typer skatter

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

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

En skatt på overskudd eller kontantstrømmer (f.eks. en grunnrenteskatt) har den ulempen at den vil subsidiere oppdretternes internaliserte luse-, sykdoms- og rømningskostnader, og dermed ikke gi insentiver til mer effektiv ressursbruk.

² Se Oglend og Soini (2020) og Estay og Stranlund (2022).

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

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

2.2.3 Reguleringer

En svakhet med reguleringer i havbruk er at de ikke nødvendigvis gir tilstrekkelige insentiver på lokalitets- eller selskapsnivå. Som beskrevet skyldes dette kompleksiteten i forurensningsproblemet, nemlig at det er snakk om *non-point-source pollution*, og svært vanskelig å designe effektive mekanismer som kan gi reduserte utslipp og miljøkonsekvenser.

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

2.2.4 Subsidiar

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

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

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

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

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

2.3 Oppsummering av fordeler og ulemper ved ulike korrigerende miljøtiltak

Det vil være fordeler og ulemper med de ulike tiltakene som beskrevet over, og disse er oppsummert i Tabell 3.1.

Tabell 3.1. Fordeler og ulemper med ulike tiltak

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

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

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

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

Da gjenstår de rene subsidieordningene, som kan utformes på ulike måter. Skattesubsidier kan være en mulighet, men det vil være avhengig av hvilken innretning grunnrenteskatten får. Det siste

alternativet er en konverteringsordning. Hvis konverteringsfaktoren settes på riktig nivå, som gir en lønnsomhet som dekker den økte risikoen å investere i en ny teknologi, kan dette være en enkel måte å stimulere til investeringer i lukket teknologi. En slik konverteringsordning kan endres over tid etter hvert som teknologien modnes.

3 BÆREKRAFTIG HAVBRUKSPRODUKSJON GJENNOM INCENTIVER FOR TEKNOLOGIVALG

Dette kapitlet diskuterer hvordan bærekraftig havbruksproduksjon kan stimuleres gjennom incentiver for teknologivalg. Teksten og figurer i dette kapitlet er hentet fra kapittel 6 i Tveterås et al. (2023)⁵.

I dette kapitlet vurderer vi hvordan samfunnet kan oppnå mer bærekraftig produksjon i kystsonen, herunder akseptable miljøeffekter og god velferd og helse for laksen, gjennom samfunnsøkonomisk effektive reguleringer som gir gode incentiver til innovasjon. Den nylig publiserte NOUen fra havbruksutvalget peker retning på dette området.

Foregående kapitler peker på nødvendigheten av å begrense populasjonen av lakselus samtidig som velferden til oppdrettslaksen blir ivaretatt. Det fins i dag en rekke metoder for å redusere antall lus i anlegg når de allerede har festet seg på laksen. Behandlingsmetoder vil også være en del av verktøykassen i fremtiden. Men samtidig er det også betydelige utfordringer knyttet til behandlinger i forhold til fiskevelferd, dødelighet og kostnadseffektivitet.

Det fins i prinsippet en rekke teknologiske konsepter for å hindre påslag av lakselus på oppdrettslaks og reproduksjon av denne. Figur 2.1 viser at det er flere konfigurasjoner av produksjonsformer i ulike faser av produksjonskjeden, som har ulike egenskaper når det gjelder lusepåslag, fiskevelferd og -helse, energibruk, og teknologisk modenhet. Semi-lukkede anlegg i sjø og dypdrift anlegg representerer muligheter for å hindre påslag og begrense lakseluspopulasjonen. Av flere grunner går innføringen av slike teknologier sakte. I dette kapitlet drøfter vi politikk og tiltak som kan bidra til en helhetlig samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruksnæringen, som omfatter produksjonssystemer som ikke bidrar til reproduksjon av lakselus.



Figur 2.1: Ulike konfigurasjoner av produksjonsformer i innaskjærs havbruk

⁵ Teksten i kapitlet er hentet fra kapittel 6 i rapporten «Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk – Finnes det tilgjengelig areal for vekst?» skrevet av Tveterås et al. (2023). Link: https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2023/11/Rapport_Baerekraftig-arealbruk-i-havbruksnaeringen.pdf

3.1 Samfunnets politiske mål og reguleringer for havbruk

Regjeringens overordnede politikk slik den er uttrykt i Stortingsmelding 16 (2014-2015) "Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett", er å (s. 9-12):

- Føre en fremtidsrettet næringspolitikk som bidrar til størst mulig samlet verdiskaping.
- Legge til rette for forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i lakse- og ørretoppdrettsnæringen.
- Benytte miljømessig bærekraft som den viktigste forutsetningen for å regulere videre vekst i oppdrettsnæringen.

I dag er lakselus det eneste miljøparameteret som regulerer veksten i havbruksproduksjonen (MTB) av laksefisk i geografiske områder langs kysten gjennom trafikklyssystemet og produksjonsområdene (produksjonsområdeforskriften). På lokalitetsnivå begrenses produksjonen av en lokalitetstillatelse, som omfatter en maksimal tillatt biomasse for lokaliteten (MTB) basert på vurderinger av lokalitetens bæreevne. For en lokalitet vil også målt påslag av lus på oppdrettslaksen være basis for å få kjøpe vekst i MTB.

3.2 Samfunnsøkonomisk effektiv regulering av åpen og lukket havbruksteknologi

Havbruk er en produksjon som kjennetegnes ved at den kan påføre andre aktører i samfunnet negative eksterne kostnader i form av smittepress, f.eks. sykdommer og lakselus, og andre typer negative påvirkninger.^[1] Dette ligger også implisitt i myndighetenes overordnede politikk for havbruk. Myndighetene sin oppgave er å lage reguleringer som er samfunnsøkonomisk effektive ved at de sikrer at (1) påvirkningene fra havbruksproduksjon i et *influensområde*^[2] er innenfor akseptable nivåer for samfunnet, samtidig som (2) havbruksselskapene selv får velge teknologier og driftsstrategier som gir høyest bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

Innovasjoner har nå gitt samfunnet anleggsteknologier med ulik påvirkning på det marine miljøet. Vi kan definere en anleggsteknologi som «åpen» hvis den har påvirkning på miljøparametere som samfunnet velger som indikator for regulering av vekst i produksjon, mens en anleggsteknologi er «lukket» hvis den ikke har påvirkning på miljøparametere som samfunnet regulerer, eller svært lav påvirkning. En «lukket» anleggsteknologi kan ha noen typer utslipp som ikke er relevante for regulering av vekst, men som kan være relevante for tillatelse til å bruke en lokalitet og produksjonsvolumet på en lokalitet (lokalitets-MTB), f.eks. utslipp av slam og næringssalter. Det er naturlig å tenke på det som omtales som lukkede og semi-lukkede sjøanlegg i denne sammenheng, men også dypdrift teknologier (også kalt nedsenkbare teknologier) som i praksis har ingen eller svært lave bidrag til lusepopulasjonen kan omfattes av dette. I det følgende vil vi også bruke «lavutslipp» teknologier eller det strengere «0-utslipp» teknologier, og dette kan omfatte dypdrift anlegg og lukket/semi-lukkede anlegg.

Norge har store forpliktelser når det gjelder å redusere klimagassutslipp, gjennom Paris avtalen og EUs «Green Deal». I framtiden kan vi forvente at klimagassavtrykk vil vektles høyere i politikk og reguleringer. Da blir det også et viktig parameter for ulike anleggsteknologier. I dag er konvensjonelle åpne anlegg, når de har god fiskevelferd og lav dødelighet, klart mest effektivt når det gjelder energibruk og implisitte klimagassavtrykk, fordi de bruker vannmassene på en effektiv måte.

En samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk er en regulering som sikrer at havbruksnæringen gir oppdrettslaksen akseptabel velferd og helse, og ikke overskrider grenser for miljøavtrykk som samfunnet har satt samtidig som verdiskapingen i næringen maksimeres. En

samfunnsøkonomisk effektiv regulering av havbruk (som omfatter både åpne og lukkede teknologier) bør ha følgende egenskaper:

- Reguleringen skal sikre at større resipientområder i kystsonen utnyttes på en effektiv måte ved at åpne og lukkede anlegg produserer på de lokaliteter som er mest hensiktsmessige for de respektive teknologier. Åpne anlegg vil tendere å produsere på lokaliteter med god vannutskiftning og gunstig beliggenhet i forhold til potensielt smittepress fra/til andre anlegg, vill laksefisk etc. Lukkede anlegg kan ha fortrinn i produksjon på lokaliteter hvor åpne anlegg er mindre effektive og bærekraftige på grunn av vannutskiftning, topografiske forhold, og andre forhold. Ved en samfunnsøkonomisk optimal geografisk konfigurering av åpne og lukkede anlegg i et influensområde får samfunnet en større bærekraftig produksjon og verdiskaping innenfor definerte tålegrenser for miljøet enn når bare åpne anlegg benyttes.^[3]
- Reguleringen skal ikke være avhengig av at myndighetene har full kunnskap om alle de tekniske egenskapene til anleggsteknologier og deres kostnader, bare at anlegg er prekvalifisert eller sertifisert i forhold til de typer påvirkninger som samfunnet regulerer (f.eks. lakselus), og at de nødvendige miljøparametere til anlegget blir målt gjennom produksjonsprosessen og rapportert til myndighetene.^[4]
- Reguleringen skal gjøre det mulig for et havbruksselskap å selv velge hvilke deler av produksjonssyklusen fra smoltutsett til slakteklar fisk som skal gjennomføres i åpne anlegg eller lukkede anlegg så lenge driften tilfredsstiller krav til biosikkerhet og miljøpåvirkning. Ved å tillate lukket-åpen fleksibilitet så kan bl.a. selskapene tilpasse seg sesongvariasjoner i temperaturer, sykdomssmitte, lusepåslag og vandring av vill laksesmolt i kystsonen. For ulike deler av kysten vil den samfunnsøkonomisk optimale tilpasningen mellom lukket og åpen teknologi være forskjellig. Delvis lukking av produksjonssyklusen kan både øke produktiviteten i selve lakseoppdrettet og redusere de negative eksterne kostnadene for samfunnet.
- Reguleringen skal gjøre det mulig å konvertere produksjonskapasitet (MTB) fra åpen til lukket teknologi et influensområde. Spesielt når et influensområde overskrider en tålegrense for ytterligere påvirkning fra havbruk - jfr. at et produksjonsområde blir «gult» eller «rødt» - kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å opprettholde eller øke produksjonen ved å konvertere fra åpen til lukket teknologi.
- Reguleringen skal gjøre det mulig for et havbruksselskap å konvertere en åpen MTB-tillatelse til lukket MTB-tillatelse med et forholdstall «lukket MTB / åpen MTB» som er slik at dette er bedriftsøkonomisk lønnsomt for selskapet når dette også er samfunnsøkonomisk lønnsomt.
- Reguleringen skal være utformet slik at når et havbruksselskap lukker deler av sin produksjon og dermed reduserer sine utslipp skal ikke andre havbruksselskaper i samme resipientområde som ikke lukker sin produksjon få mulighet til å øke sin produksjon i åpne anlegg, smittepress og utslipp til miljøet «gratis». Åpne havbruksanlegg vil uansett kunne ha økonomiske fordeler av at noe produksjon lukkes dersom dette fører til mindre smittepress eller mindre risiko for at myndighetene vil redusere produksjonskapasiteten i området.
- For åpen produksjonsteknologi skal reguleringen bare tillate en vekst i produksjonen i et influensområde som er slik at miljøpåvirkningene fortsatt er innenfor akseptable nivåer (jfr. produksjonsområde med grønt trafikklys, altså lav luseindusert påvirkning på villaks). Dersom påvirkningene er over akseptable nivåer må disse reduseres (jfr. produksjonsområde med rødt trafikklys, altså høy luseindusert påvirkning på villaks). En reduksjon i den negative påvirkningen kan skje gjennom at en tilstrekkelig andel av den åpne produksjonen lukkes. Dagens mekanisme i trafikklyssystemet ved «rødt» lys, med tvungen reduksjon av åpen produksjon (MTB) uten andre mulige alternativer, gir et samfunnsøkonomisk velferdstap i forhold til en mekanisme som også tillater konvertering av produksjon til lukket teknologi. Dette samfunnsøkonomiske velferdstapet kommer til uttrykk ved redusert verdiskaping, og dermed mindre kapitalinntekter til eiere, lønnsinntekter til sysselsatte og skatteinntekter til offentlig sektor. I stedet for en 6% reduksjon i MTB kan MTB konverteres til lukkede anlegg.

- Prismekanismen og prisnivået som samfunnet velger for ny kommersiell lukket og åpen produksjonskapasitet (MTB) kan påvirkes av følgende hensyn: (a) Internasjonal konkurransevne til havbruksnæringen og konsekvensene for vekst i verdiskaping og sysselsetting langs kysten, som avhenger mye av relative produksjonskostnader, (b) klima- og miljøutslipp, og hvordan prising av produksjonskapasitet påvirker balansen mellom investeringer i landbaserte anlegg, åpne anlegg i sjø og lukkede anlegg i sjø, (c) skatteinntekter på kort sikt til lokalsamfunn og staten gjennom salg av MTB versus skatteinntekter på lang sikt basert på verdiskapingen i havbruksnæringen, hvor en feil innretning eller prising kan senke investeringer og skatteinntekter på lang sikt, (d) mulighet for etablering av nye innovative selskap med begrenset tilgang til kapitalmarkedet. Prisen på ny kapasitet vil påvirke nåverdien til investeringen i et anlegg^[5]. For lukket teknologi vil en lav pris muliggjøre etablering av nye aktører og vekst i verdiskaping og arbeidsplasser. Et forhold som også må hensyntas er at lukket teknologi vil ha høyere investeringskostnader i anlegg enn åpne anlegg per kilo produsert laks.^[6] For lukkede landbaserte anlegg er MTB gratis, mens i sjø er det svært høye MTB priser drevet opp av rasjonering av nytt MTB volum i åpne anlegg gjennom trafikklyssystemet og auksjonsprising, som i praksis gjør investering i lukkede anlegg ulønnsomt.^[7]

4 KUNNSKAPSSTATUS LUKKEDE/SEMI-LUKKEDE SJØANLEGG

Dette kapitlet oppsummerer kunnskapsstatus for lukkede/semi-lukkede sjøanlegg. Teksten, figurer og tabeller i dette kapitlet er hentet fra kapittel 6 i Tveterås et al. (2023)⁶.

Kunnskap om den biologiske, tekniske og økonomiske ytelsen til lukkede sjøanlegg får vi gjennom praktiske erfaringer med produksjon med levende fisk, og dokumentasjon av denne. For samfunnet vil systematisk forskningsbasert dokumentasjon og analyse være å foretrekke. Vi har identifisert 13 anlegg som har hatt levende fisk, som vist i figur 3.1, og en rekke anlegg som ikke har blitt bygget eller det gjenstår å få erfaring med fisk, som vist i figur 3.2. Det fins noen forskningsbaserte studier som har samlet data og analysert ulike biologi- og miljø-variabler, men det gjenstår mye arbeid med innsamling og analyse av data om biologi-, miljø-, teknologi- og økonomi-variabler før samfunn og næring har tilfredsstillende kunnskap. Eksempler på konsepter hvor det har blitt gjort vitenskapelige studier er AkvaFuture (Nilsen et al, 2017, 2019, 2020), FishGlobe (Lazado et al, 2022) og Preline (Kleppa Øvrebø et al, 2022).

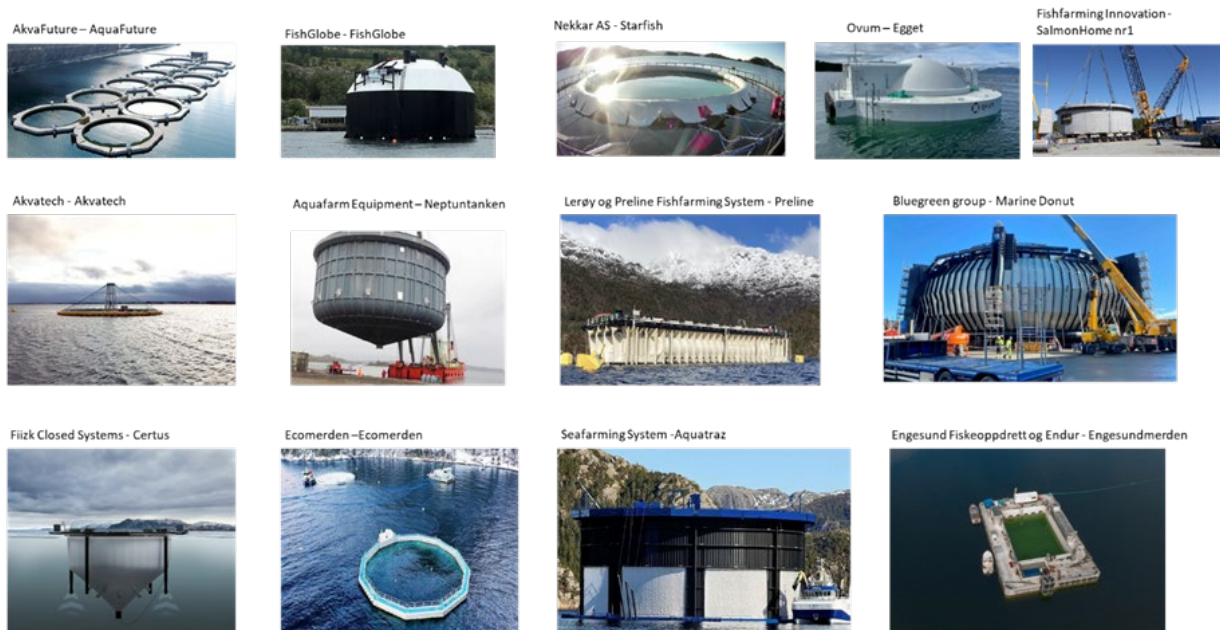
Semi-lukkede anlegg pumper typisk inn vann fra større vandyp hvor det ikke er lakselus. I perioder gir dette også vann med gode temperatur- og oksygenforhold for laksen, og som har lite smittestoffer. I andre perioder kan temperaturene i dypere vannlag være lave, det kan være lave oksygen nivåer, og det kan også være smittestoffer i dypere vannlag. Det er flere eksempler på at lukkede/semi-lukkede anlegg har oppnådd gode biologiske resultater med god fiskevelferd, høy overlevelse og høy kvalitet. Men det er også eksempler på problemer med fiskevelferd, sårlidelser, sykdommer og kvalitetsnedgradering.

Når vi skal forsøke å oppsummere kunnskapsstatus for lukkede sjøanlegg kan det beskrives som følger:

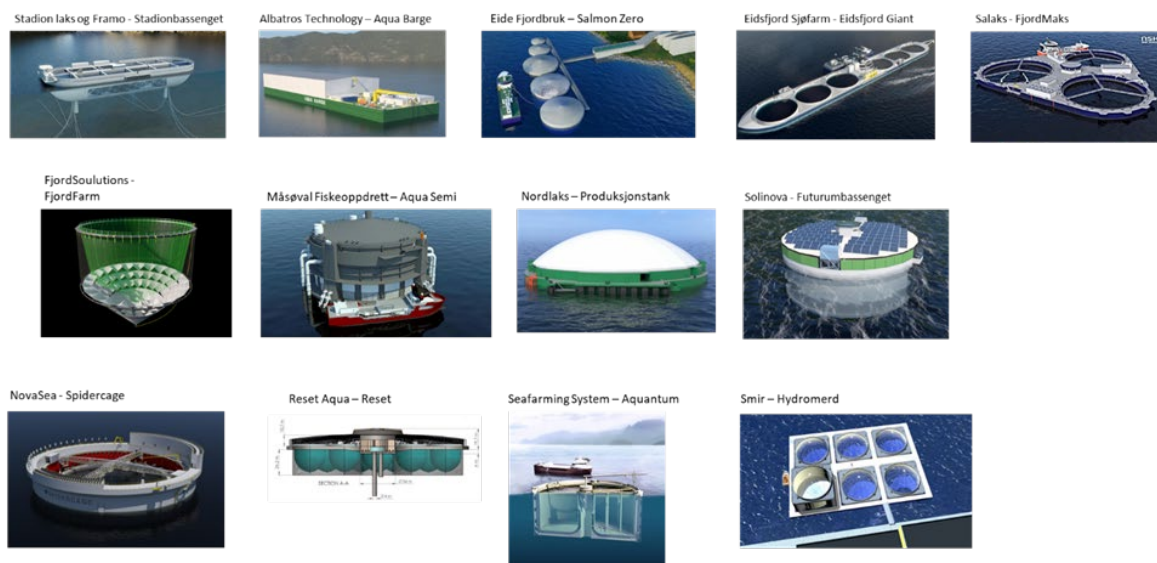
- (1) Lukkede sjøanlegg bidrar ikke til reproduksjon av lakselus og kan derfor anses som en 0-lus teknologi,
- (2) for oppdrettslaksen er det betydelige variasjoner i dyrevelferd, sykdommer og ulike lidelser (f.eks. sår og AGD), og overlevelse,
- (3) det har vært havari av lukkede sjøanlegg,
- (4) de totale økonomiske resultatene er trolig blandede, men her er det store kunnskapshull.

De praktiske erfaringene med lukkede/semi-lukkede anlegg såpass blandede, og kunnskapshullene fremdeles såpass store at dette må betegnes som en umoden teknologi - biologisk, teknisk og økonomisk. Dette har betydelige konsekvenser for selskaper som vurderer å investere i slike anlegg, som både må ha en akseptabel økonomisk avkastning og ikke bryte lover og forskrifter på fiskevelferd og -helse mm. Risikoen ved en umoden teknologi driver opp avkastningskravet, altså risikopremien på diskonteringsrenten når selskaper skal gjøre nåverdi analyser av investeringene. Videre har slike anlegg i utgangspunktet høyere investeringskostnad per kg produsert fisk enn konvensjonelle åpne anlegg. Når risikoen er høy og oppdretterne ikke i tilstrekkelig grad inkluderer positive eksterne effekter på andre, så under-investerer de i slike teknologier i forhold til det som er optimalt for samfunnet. Denne markedssvikten skal vi belyse nærmere.

⁶ Teksten i kapitlet er hentet fra kapittel 6 i rapporten «Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk – Finnes det tilgjengelig areal for vekst?» skrevet av Tveterås et al. (2023). Link: https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2023/11/Rapport_Baerekraftig-arealbruk-i-havbruksnaeringen.pdf



Figur 3.1: Lukkede/semi-lukkede anlegg som har hatt levende oppdrettsfisk



Figur 3.2: Lukkede/semi-lukkede anlegg som ikke har hatt fisk

Lukkede/semilukkede anlegg er komplekse teknologier med mange differensierende karakteristika. Figur 3.3 er et forsøk på å identifisere noen forhold ved slike anlegg som kan differensiere dem når det gjelder ytelse biologisk, teknisk og økonomisk. Lukkede/semilukkede anlegg er en heterogen teknologi, og det er mye å lære og trolig betydelig innovasjonspotensiale når det gjelder alle de tekniske valgene og løsningene.

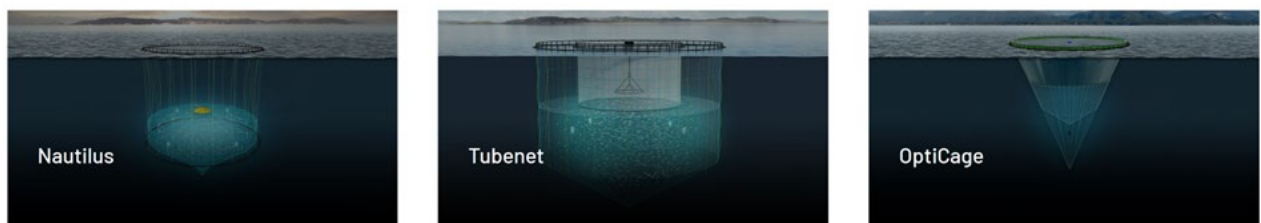
-
- Lukket / semi-lukket system
 - Dybdeinntak av vann (unngå lakselus, patogener, etc.)
 - Vannvolum (3.000-500.000 m³)
 - Konstruksjon og materialvalg (plastduk, polyetylen, betong, stål, kompositt, glassfiber)
 - Maksimal bølgehøyde (Hs)
 - Energiforbruk og -effektivitet
-

- Vannbevegelse (sirkulær, gjennomstrømning)
- Inntak og uttak av levende fisk (ulik grad av skånsomhet, stress for fisken)
- Vanngjennomstrømning (m³ per time, total vannutskiftningstid)
- Oksygeneringskapasitet
- Slamoppsamling/-behandling
- Dødfiskoppsamling
- Løsninger for flytting/sortering av levende fisk internt på enheten
- Teknologier for overvåking av vannmiljø og fisk
- Integrert vs. ekstern fôrflåte, operatørrom etc.
- Mobilitet til anlegg (flytting mellom lokaliteter)
- Backupløsninger for elektrisitet

Figur 3.3: Forhold som kan påvirke biologisk, teknisk og økonomisk ytelse til lukkede/semi-lukkede anlegg

4.1 Dypdriftsteknologi

Såkalt dypdrift eller nedsenkbar teknologi representerer en interessant løsning for å redusere produksjon av lakselus, gitt at slik teknologi klarer å sikre god fiskevelferd, biologiske og økonomiske resultater. Hovedformålet er å skille laks og lus ved å senke biomassen under det øverste vannlaget i sjøen hvor lakselusa befinner seg. Eksempler på dypdrift teknologi konsepter til AkvaGroup er vist i figur 3.4. Det er ikke offentlig kjent hvor mye høyere investeringskostnaden er på slike anlegg i forhold til konvensjonelle åpne anlegg, men det er grunn til å tro at investeringskostnaden per produsert kg er vesentlig lavere enn for lukkede/semi-lukkede sjøanlegg.



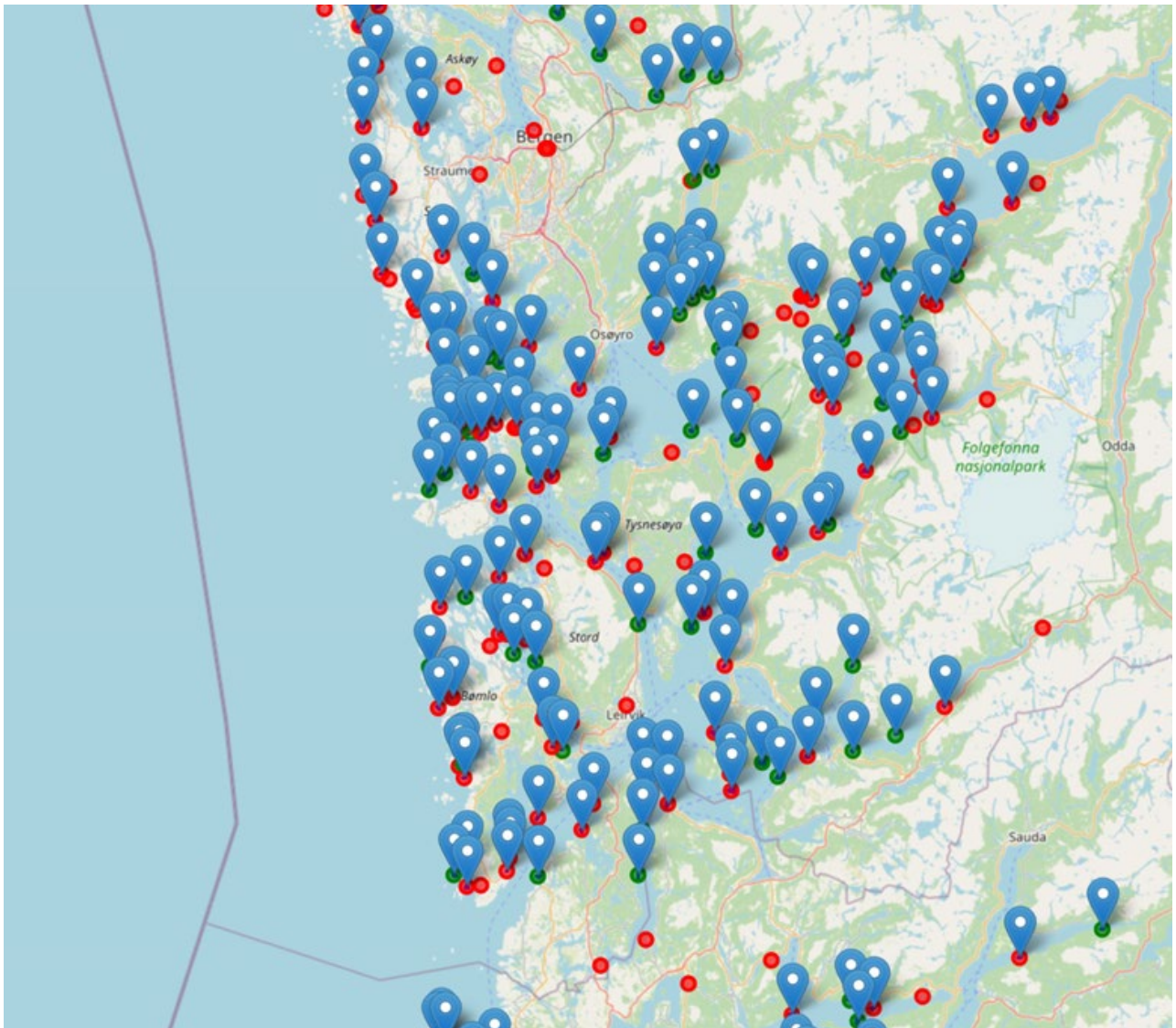
Figur 3.4: Tre dypdriftkonsepter til AkvaGroup (Kilde: <https://www.akvagroup.no/sjobasert/dypdrift-lusebekjempelse/>)

Det er flere vitenskapelige studier av dypdrift, f.eks. Oppedal et al (2020), Sievers et al (2021), og Warren-Myers et al (2022). Resultater viser at dypdrift anlegg kan oppnå svært lave påslag av lakselus (Warren-Myers et al, 2022). AkvaGroup mener på basis av sine erfaringer at det er mulig å helt unngå påslag av lus under de rette driftsbetingelsene.^[8] Det er blandede erfaringer når det gjelder fiskevelferd, overlevelse og tilvekst. Her er det både erfaringer med gode resultater, og resultater som er dårligere enn kontroll-grupper i vanlige åpne merder i overflaten. Dårligere utfall kan skyldes lavere sjøtemperaturer og mindre oksygen i dypere vannlag (Warren-Myers et al, 2022).

Når det gjelder den potensielle geografiske utbredelsen av dypdrift er det både begrensninger og nye muligheter. Mange godkjente lokaliteter har for små vanddyp til dypdriftsanlegg. Det kan også være lokale temperatur og oksygen forhold på lokaliteter som gjør at dypdrift ikke er aktuelt. Kunnskap om lokalitetene er derfor nødvendig.

Som et eksempel viser figur 3.5 alle godkjente lokaliteter i sørlige deler av Vestland fylke. De lokalitetene som kan være kandidater for dypdrift er indikert med grønt av AkvaGroup, men AkvaGroup understreker selv at det på ingen måte gjort noen kvalitetssikring av kartet opp mot detaljerte lokalitetsrapporter. Dette er gjort mer for å gi en indikasjon av muligheter.

Det må også påpekes at det nok er mange lokaliteter som i dag ikke er godkjent for havbruk som kan være velegnet for dypdrift. Det gjelder kanskje spesielt i de ytre, mer eksponerte kyststrøkene, som vi vil drøfte i neste avsnitt. Her har samfunn og næring en jobb å gjøre når det gjelder å finne gode lokaliteter med hensyn til lokale forhold (dybde, temperaturer, oksygen, resipientkapasitet, etc.) og beliggenhet i forhold til smittepress på andre lokaliteter.



Figur 3.5: Lokaliteter i sørlige deler av Vestland fylke, og hvor de lokalitetene som kan være kandidater for dypdrift er indikert med grønt (Kilde: AkvaGroup)

Dypdriftsanlegg blir trolig en viktig komponent i anleggsteknologi-miksen som kan gi lavere populasjon av lakselus og god fiskevelferd. Men i likhet med semi-lukkede anlegg medfører ikke dypdriftsanlegg automatisk god fiskevelferd og -helse. Også for dypdrift blir derfor viktig å få mer kunnskap om betingelsene for at fisken skal ha det godt og være frisk, både gjennom forskning og

mer anlegg i fullskala drift, hvor havbruksselskapene bygger erfaring og kompetanse på denne teknologien.

4.2 Innovasjon og investeringer i lavutslippsanlegg

De siste årene har det vært en omfattende teknologiutvikling på lukkede sjøanlegg og nedsenkbare dypdrift anlegg av flere bedrifter med ulike konsepter. Noen bedrifter har bygget prototype anlegg som har blitt satt ut i sjø, og noen har testet anlegg med produksjon av store volum fisk i sjøen. Flere konsepter har nådd en modenhetsgrad som er slik at de kan gå gjennom en prosess med dokumentasjon og sertifisering for bruk i kommersiell produksjon. De kan altså brukes i kommersielle tillatelser for lukket produksjon i sjø.

Det må imidlertid fortsatt innoveres også innenfor eksisterende konsepter. Det er videre behov for å dokumentere teknisk, biologisk, miljømessig og økonomisk ytelse til anleggene. Ytterligere innovasjon og dokumentasjon må skje med produksjon av fisk i anleggene. Uten biomasse av fisk som tester ytelsen og kapasitetene til anlegget vil det være svært vanskelig å gi en tilstrekkelig dokumentasjon til havbruksnæringen og samfunnet. Det er i hovedsak leverandørene av lukkede sjøanlegg som må stå for ytterligere innovasjon og dokumentasjon.

Det er også leverandørene av lukkede sjøanlegg som må stå for mye av investeringene og kostnadene knyttet til kunnskapsbygging og innovasjon. Men leverandørene har ofte utfordringer knyttet til finansiering og finansiell robusthet. Flere forhold gjør innovasjon og dokumentasjon krevende, forhold som også er til stede i andre sektorer (Dosi, 1988; Martin og Scott, 2000):

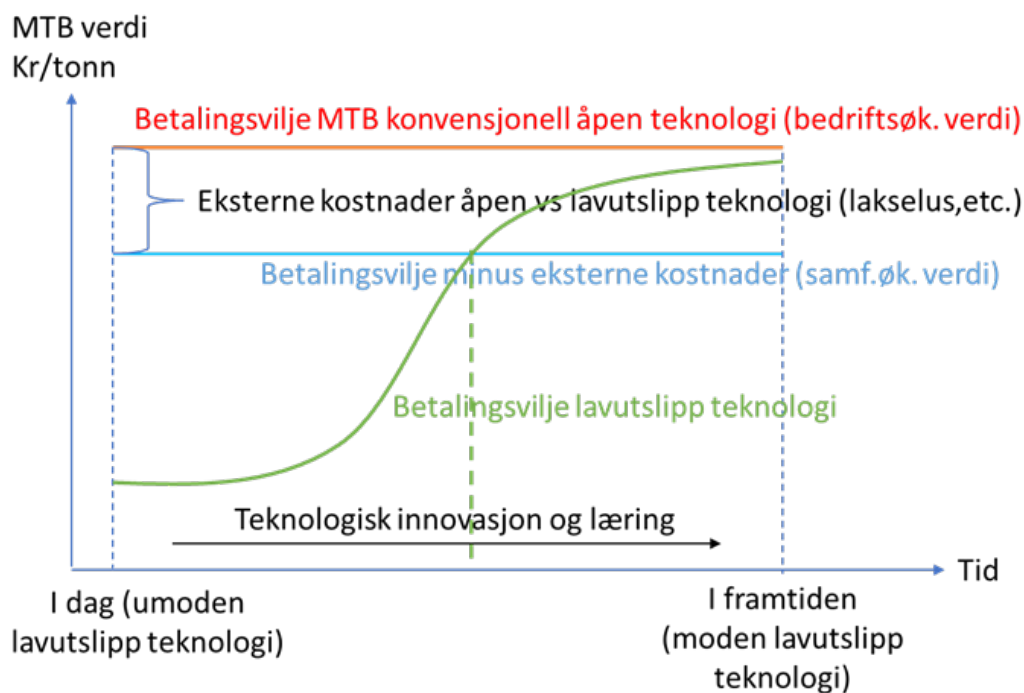
- særskilte investeringer og kostnader knyttet til innovasjonsprosessen og dokumentasjon, også at kostbar anleggskapital ikke kan utnyttes på en kommersielt effektiv måte i produksjon av fisk,
- høy risiko for å mislykkes av tekniske, organisatoriske eller markedsmessige årsaker,
- manglende finansieringsmuligheter i markedet – svakt utviklede kapitalmarkeder for prosjekter med høy innovasjonsgrad, og konvensjonelle banker og finansieringsinstitusjoner har liten appetitt på finansiering av slike prosjekter pga. høy risiko og begrensede exit muligheter,
- leverandørers manglende muligheter for å «appropriere» en tilstrekkelig andel av den samfunnsøkonomiske verdiskapingen som innovasjoner gir i sine bedriftsøkonomiske overskudd.

Dette betegnes i litteraturen gjerne som en «markedssvikt» (Freeman og Soete, 1999). Det kalles en markedssvikt fordi markedet da ikke gir de investeringer i forsknings- og innovasjonsprosesser (Folprosesser) som er samfunnsøkonomisk optimalt. Det blir rett og slett for lite investeringer i forhold til det som ville gitt mest avkastning for samfunnet. Slike former for markedssvikt er også til stede på en rekke områder hvor leverandørbedrifter for lukkede anlegg må bygge kunnskap og innovere. Markedssvikt i forsknings- og innovasjonsprosesser skaper en rolle for offentlig politikk og virkemiddelbruk, og flere av statens virkemidler er begrunnet i dette, f.eks. Innovasjon Norges og Forskningsrådets virkemidler.

Et annet forhold som kan føre til for små investeringer i lukket teknologi enn det som er optimalt for samfunnet er at havbruksselskap i sine investeringskalkyler ikke tar tilstrekkelig hensyn til at produksjon i lukket anlegg også vil gi lavere lusepåslag for andre havbruksselskap og dermed øke deres lønnsomhet, og at de ikke tar tilstrekkelig hensyn til at de lusestrykk på vill laks. Dermed blir den bedriftsøkonomiske kalkylen forskjellig fra den samfunnsøkonomiske kalkylen. Myndighetenes grenser for lusepåslag kan gi incentiver, men hvis havbruksselskapet tror at det kan holde seg

innenfor lusegrensene på lokalitetsnivå med åpne anlegg og lusebehandlinger med lavere kostnader så er kanskje ikke incentivene til å investere i lukket teknologi sterke nok.

Vi har i Figur 6.8 illustrert situasjonen med en moden åpen teknologi som oppdretter kjenner godt og en umoden lavutslipp teknologi. Havbrukselskapet har en betalingsvilje per tonn MTB for den konvensjonelle teknologien som er gitt ved den røde linjen. Denne betalingsviljen bestemmes av nåverdien av framtidige overskudd som ett tonn MTB forventes å gi. Men selskapet har ikke internalisert de eksterne kostnadene andre påføres per tonn MTB gjennom ulike typer smittepress og utslipp, hvis myndighetenes reguleringer gjør at de ikke internaliserer disse. Dersom selskapet hadde internalisert disse eksternalitetene ville betalingsviljen for MTB ligget på den blå linjen. Den nye lavutslipp teknologien er umoden, hvor høye investeringskostnader, usikker biologisk -økonomisk ytelse og høyt avkastningskrav (risikopremie) gjør at et tonn MTB har en lavere verdi, som vist med den grønne linjen som viser betalingsviljen for lavutslipp teknologien. Over tid vil bedre kunnskap og innovasjon - gjennom forskning, driftserfaringer og videre utvikling av teknologien – føre til at det blir mer lønnsomt å investere i lavutslipp teknologien. Dermed stiger betalingsviljen for lavutslipp teknologien, som indikert med at den grønne linja. Men dette er avhengig av at man får tilstrekkelig erfaring gjennom fullskala produksjon med flere ulike konsepter, og lærer hvilke teknologier som fungerer best. Videre at man får systematisk forskningsbasert kunnskap om hele det komplekse samspillet mellom biologi, teknologi og økonomi, og hvilke valg og løsninger som kan gi god fiskevelferd og lønnsomhet.



Figur 3.6 Betalingsvilje for konvensjonell åpen teknologi og ny lavutslipp teknologi

Når lønnsomheten ved bruk av lavutslipp teknologi er lavere enn for konvensjonell teknologi, så vil en oppdretter tape økonomisk på å overføre MTB som brukes for konvensjonelle åpne anlegg til lavutslipp anlegg. Dermed får ikke næring og samfunn den læring og innovasjon som er nødvendig for å utvikle dette alternativet. Dette er en markedssvikt, og da er det myndighetenes rolle å finne virkemidler som kan korrigere for denne markedssvikten.

Et virkemiddel er også å ha en lavere pris på MTB for lavutslipp teknologier enn for åpne teknologier. Vi har påpekt to samfunnsøkonomiske begrunnelser for å ha en «subsidie» av lukket/semi-lukket teknologi sammenlignet med konvensjonell åpen merd teknologi, den biologiske og økonomiske ytelsesrisikoen for en umoden teknologi og at eksternaliteter ikke inkluderes i det bedriftsøkonomiske regnestykket. «Subsidie» betyr her ikke at myndighetene betaler ut en støtte, men kan være at prisen for ett tonn MTB er lavere enn for åpne anlegg. Her er det flere muligheter:

(1) For ny MTB som legges ut kan prisen være lavere hvis den legges i lukkede sjøanlegg.

(2) Ved konvertering av ett tonn eksisterende MTB fra åpent anlegg til bruk i lukket anlegg så får oppdretter mer enn ett tonn MTB til bruk i lukket anlegg.

(3) MTB som har blitt trukket ned på grunn av rødt lys i Trafikklyssystemet kan anvendes i lukkede sjøanlegg av de selskapene som har blitt utsatt for nedtrekk, altså teknologier som for alle praktiske formål ikke påvirker lusepopulasjonen og dermed trafikklyset. Det er samfunnsøkonomisk sløsing å ha et tvungent nedtrekk dersom private selskaper er villige til å anvende nedtrukket MTB i lukkede anlegg. Dette handler også om å gi individuelle selskaper muligheter til å redusere sine økonomiske tap i et system som straffer kollektivt, og hvor det enkelte selskap kan ha hatt ansvarlig og god drift. For øvrig mener Havbruksutvalget i sin NOU (2023:23) at nedtrekk ikke lenger bør være en del av Trafikklyssystemet.^[10] Da blir konvertering til produksjonsformer med 0-lus utslipp eller lave utslipp et alternativ for områder som kommer i rødt.

Noter

^[1] Økonomiske sammenhenger mellom negative eksterne effekter i form av lakselus og sykdommer er bl.a. analysert av Asche, Roll og Tveterås (2009) og Abolofia, Willen og Asche (2017).

^[2] Vi definerer et *influensområde* som et større geografiske område som representerer en felles resipient for en påvirkning (f.eks. sykdomssmitte, lakselus, næringsalter) for en eller flere lokaliteter. Akseptabel påvirkning av et influensområde bestemmes av influensområdets kapasitet som resipient. Eksempler på mulig fremtidig kapasitetsbegrensende påvirkningsfaktorer kan være næringsalter. Det kan defineres en grense for aktuelle miljø- og sykdomsparametere fra havbruksnæringen i et influensområde med basis i hva som er definert å være en bærekraftig påvirkning.

^[3] Sammenhenger mellom geografisk lokalisering av havbruksanlegg og samfunns- og bedriftsøkonomiske resultater er analysert av (Tveterås og Battese, 2006; Øglend og Tveterås, 2009 og Asche, Roll og Tveterås, 2015).

^[4] Målepunkter (inntaksvann / vannmiljøet inne i anlegget / utslipp fra anlegg) og hvilke miljøparametre som blir målt er delvis avhengig av tekniske forhold og hvilke miljøparametre som det reguleres på.

^[5] Ifølge standard finanst teori vil nåverdien (lønnsomheten) til et prosjekt bestemme om et prosjekt blir gjennomført eller ikke.

^[6] Bedriftsøkonomisk lønnsomhet av lukkede anlegg i sjø og på land har blitt studert av Bjørndal og Tusvik (2018, 2019, 2020) og Misund m.fl. (2020).

^[7] Menon (2021) foreslår en betydelig «rabatt» i forhold til markedspris på MTB i sjø (s. 101)

^[8] Se https://www.akvagr.no/dypdrift_atlantis/.

^[9] Fiskeridirektoratet har samlet sluttrapporter fra utviklingstillatelser, også eksponerte teknologi konsepter, se <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser/Kunnskap-fra-utviklingsprosjektene>.

^[10] Havbruksutvalget sier i sammendraget: «Utvalget mener dagens ordning med reduksjon av tillatelseskapasitet (nedtrekk) i områder med uakseptabel miljøpåvirkning ikke bør være en del av en fremtidig handlingsregel.»

5 ØKONOMIBEREGNINGER

Dette kapitlet presenterer egne økonomiberegninger av bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet for lavutslippsteknologi. I deler av kapitlet er tekst, figurer og tabeller hentet fra Misund et al. (2023)⁷ og Tveterås et al. (2023)⁸.

5.1 Generelt om økonomiberegninger av lavutslippsteknologi

I dette delkapitlet vil vi analysere incentiver for å konvertere fra konvensjonelle åpne anlegg til teknologier som har lavere utslipp på noen områder. I Norge er fokus på reduksjon av lakseluspopulasjonen for å gi mindre smitte til vill og oppdrettet laks. Trafikklyssystemet for lakselus regulerer veksten i havbruk, og i denne sammenheng handler det om å gå fra røde og gule lys til grønt lys.

For et havbruksselskap handler dette om investeringer under stor usikkerhet. Et selskap som har MTB som brukes til produksjon med åpne anlegg må spør seg hvordan det vil endre lønnsomheten å bruke noe av denne i f.eks. produksjon i semi-lukket anlegg. Med andre ord, hvordan påvirkes nåverdien av framtidige netto kontantstrømmer – inntekter og kostnader – av bruk av lavutslippsteknologi.

En rekke faktorer påvirker nåverdien når havbruksselskapet skal sammenligne investeringsprosjekt i konvensjonelt åpent anlegg og investeringsprosjekt i lavutslipp anlegg. Forventninger om følgende faktorer vil påvirke selskapets investeringskalkyler og investeringsbeslutning:

- **Byggekostnaden for et lavutslippsanlegg** sammenlignet med et konvensjonelt åpent anlegg, og usikkerheten knyttet til byggekostnaden. I den tidlige fasen vil byggekostnaden være høy og usikkerheten om faktisk byggekostnad vil også være betydelig i planleggingsfasen.
- **Eksisterende anleggskapital** - dersom selskapet har investert i åpne anlegg som har lang gjenværende levetid, så er det i praksis ikke investeringskostnader for dette.
- **Den tekniske funksjonaliteten til lavutslippsanlegget** i praksis. F.eks. har oppdrettere opplevd semi-lukkede sjøanlegg som har fungert godt teknisk, men også anlegg som har havarert og har hatt ulike funksjonelle tekniske problemer.
- **Den biologiske ytelsen til lavutslippsanlegget** i praksis når det gjelder fiskevelferd, overlevelse, tilvekst og biosikkerhet. For semi-lukkede anlegg er det store variasjoner i erfaringene. På anlegg som har vært i drift har det vært produksjonssyklus hvor fiskevelferd, overlevelse og tilvekst har vært god, og bedre enn i åpne anlegg på samme lokalitet (f.eks. Kleppa Øvrebø, 2022; Tveterås et al., 2021). Men det har også vært produksjonssyklus hvor de fiskevelferden og de biologiske resultatene har vært dårlig. Betydelige problemer med sårddannelser og gjellene (AGD) har blitt observert.
- **Postsmolt- vs. matfiskproduksjon i lavutslippsanlegg.** Dersom f.eks. et semi-lukket anlegg brukes i postsmoltproduksjon kan det ha flere fordeler, hvis produksjonen er biologisk vellykket. Det omfatter bl.a. høy kapasitetsutnyttelse av det semi-lukkede anlegget, muligheten for å ha færre individer som verter for lakselus og spesielt i vår- og sommerukene når postsmolt fra ville laksestammer vandrer ut fra vassdrag til havet. Ved matfiskproduksjon kan kapasitetsutnyttelsen bli lavere i et semi-lukket anlegg, men samtidig er det mindre risiko knyttet til flytting av fisk.
- **Økonomiske og andre bærekraftsvurderinger av landbasert produksjon som alternativ:** Det er mulig å produsere postsmolt og matfisk i landbasert anlegg. Et havbruksselskap må vurdere

⁷ <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmliui/handle/11250/3053738>

⁸ https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2023/11/Rapport_Baerekraftig-arealbruk-i-havbruksnaeringen.pdf

nåverdien av investeringer på land vs. i lukket sjøanlegg. Dette omfatter investeringskostnader og driftskostnader. Investeringskostnaden i anlegg per kg produsert fisk er høy, trolig også vesentlig høyere enn i semi-lukket anlegg hvis det er vellykket. Videre har landbaserte anlegg høyt energiforbruk, også sammenlignet med semi-lukket sjøanlegg. I en tid med knapphet på energi er dette en risiko for landbasert. Høyere implisitt klimagassutslipp per kilo fisk på land representerer også en risiko på lengre sikt. I dag må havbruksnæringen ikke betale for MTB på land, og det er ikke grunnrenteskatt på land. Det er også mindre restriksjoner og risiko når det gjelder flytting av settefisk til matfiskanlegg enn for lukkede sjøanlegg.

- **Muligheter for flytting av fisk og risiko knyttet til dette.** Dersom et semi-lukket sjøanlegg skal brukes til produksjon av postsmolt som skal flyttes til et åpent anlegg på en annen lokalitet så er det sterke restriksjoner grunnet hensyn til biosikkerhet. Sykdom i et område kan føre til at det blir flytteforbud.
- **Selskapets vurdering av problemer med påslag av lakselus i åpne anlegg.** Dersom selskapet vurderer at det er høy risiko for påslag av lakselus i åpne anlegg, og at dette vil føre til mange behandlinger med avlusning som gir redusert overlevelse og tilvekst for laksen, for å holde seg under myndighetenes lusegrenser, så vil dette påvirke selskapets vurdering av lønnsomheten til åpne anlegg.
- **Regulering av lusepåslag og lusepopulasjon:** Myndighetenes valg av reguleringer av lakselus i framtiden vil påvirke nåverdien for åpne anlegg. I tillegg til dagens regulering av påslag per oppdrettslaks, har Havbruksutvalget foreslått at myndighetene skal vurdere kvoter på lusepopulasjon og avgift på lakselus. Avhengig av utformingen kan dette redusere lønnsomheten i åpne anlegg.
- **Utnyttelsesgrad for MTB:** MTB-utnyttelsen målt ved forholdstallet mellom produksjon i tonn og MTB i tonn er en viktig faktor for lønnsomhet. Det er grunn til å anta lavere MTB-utnyttelse i lukkede anlegg hvis MTB er låst til disse fordi havbruksselskapet ikke vil ha flere lukkede anlegg å rotere MTB mellom med kohortene av laks som settes ut. For åpne anlegg har havbruksselskap flere lokaliteter som de kan rotere sin ofte dyrekjøpte MTB mellom, og dermed sikre høy kapasitetsutnyttelse av denne. Anleggsinvesteringene for åpne anlegg er vesentlig lavere enn for lukkede anlegg, slik en driftsmodell som anvender flere lokaliteter og utsett for å maksimere MTB-utnyttelsen for lukkede anlegg vil ha en høy marginalkostnad.
- **Reversibel eller ikke-reversibel MTB-konvertering:** Når oppdretter konverterer fra åpen til lukket MTB kan dette være ikke-reversibelt eller reversibelt. Dersom oppdretter kan bytte mellom åpen og lukket MTB begge veier reduseres risiko for oppdretter. Flexibilitet har derfor verdi for oppdretter. Dette kan redusere avkastningskravet for oppdretter i beregning av nåverdi, og dermed øker sannsynligheten for å investere i lukket anlegg.
- **Lisens for vekst i framtiden:** På lang sikt må selskapet vurdere hvordan dets teknologivalg vil påvirke lisensen fra myndighetene til å vokse. Hvis selskapet vurderer at det er begrensede langsiktige vekstmuligheter med åpne anlegg grunnet lakselus- og andre miljøpåvirkninger, så vil dette øke sannsynligheten for å investere i lukket teknologi.

Som vi ser er det et komplisert beslutningsproblem når et havbruksselskap som omfatter kjøp av anlegg i størrelsesorden fra hundre millioner til over en milliard kroner. I driftsfasen er det også kapitalbinding av biomasse og andre driftsmidler.

Når vi av pedagogiske grunner prøver å forenkle nåverdikalkylen for sammenligning av to investeringsprosjekter, (1) åpent og (2) lavutslippsanlegg kan vi skjære det ned til følgende størrelser for de to alternativene:

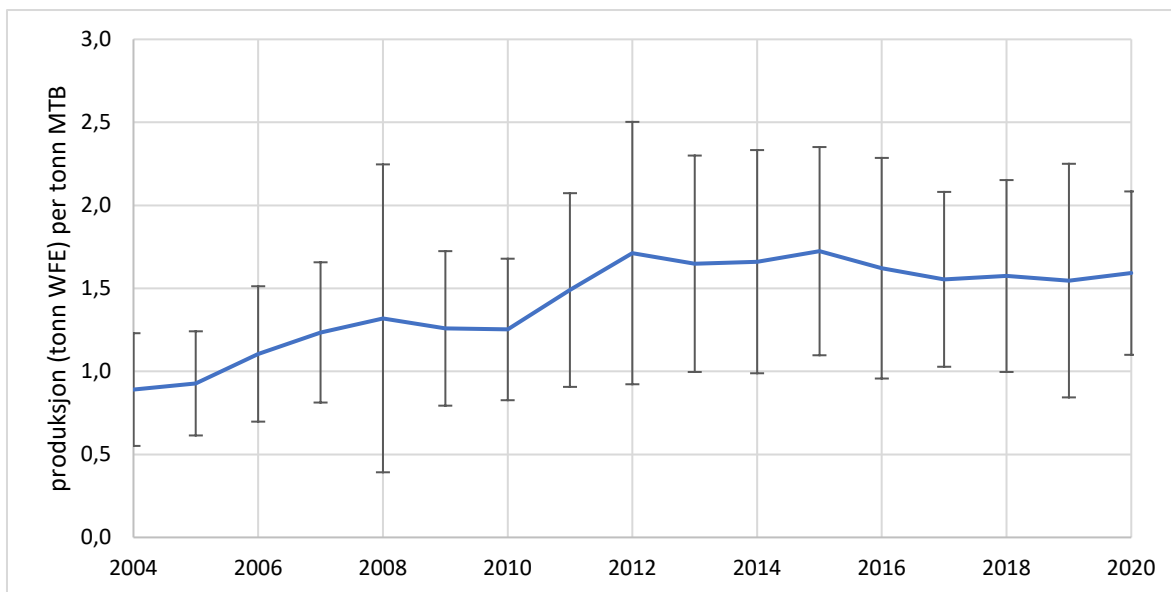
- **Investeringskostnad i anlegg:** Her er det prosjekterings-, bygge- og installasjonskostnad som er driverne. Dersom selskapet allerede har ledig kapasitet i åpne anlegg er investeringskostnaden null for dette alternativet.

- **Netto kontantstrøm i driftsfasen:** Differansen mellom salgsinntekter og kostnader etter skatt. Mange faktorer vil være felles for de to alternativene, herunder markedspriser for laks, fiskefôr, smolt, arbeidskraft, osv. Et lukket anlegg vil ha høyere energikostnad og slambehandlingskostnader. En viktig driver er selvfølgelig den biologiske ytelsen til de to alternativene i form av overlevelse og tilvekst til laksen, og hvilke antagelser oppdretteren gjør om den relative biologiske ytelsen blir viktig for kalkylen. En annen viktig faktor er MTB-utnyttelsen målt ved forholdstallet mellom produksjon i tonn og MTB i tonn. Det er grunn til å anta lavere MTB utnyttelse i lukkede anlegg hvis MTB er låst til disse fordi havbruksselskapet ikke vil ha flere lukkede anlegg å rotere MTB mellom med kohortene av laks som settes ut.
- **Avkastningskravet:** Diskonteringsrenten som brukes i nåverdikalkylen påvirkes av oppdretterens forståelse av totalrisikoen til de to alternativene. Konvensjonell åpen teknologi har flere risikoelementer, men disse har havbruksselskapet mye erfaring med. For semi-lukket teknologi kan risikoen hevdes å være vesentlig større. Det vil derfor være rasjonelt for oppdretteren å sette et høyere avkastningskrav for semi-lukket teknologi.

5.2 Kapasitetsutnyttelse

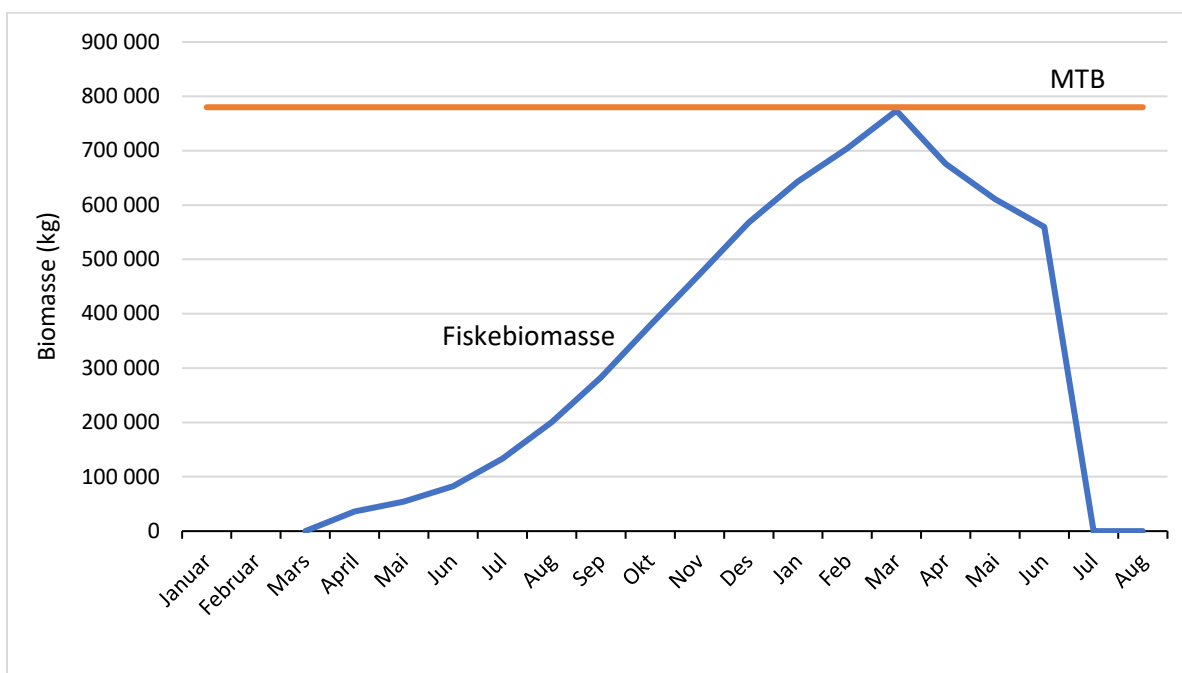
Kapasitetsutnyttelse er en sentral faktor for vurderinger av den komparative lønnsomheten mellom åpen teknologi og lavutslippsteknologi. Analyser av kapasitetsutnyttelse for investeringer i havbruk til havs-teknologi (HtH-teknologi) viser at antall produsert kilo fisk per kilo MTB-kapasitet er langt lavere for HtH enn for innaskjærs oppdrett med konvensjonell åpen teknologi (Heskestad et al., 2023; Utror, 2023). Våre analyser tyder på at det samme vil gjelde også for lavutslippsteknologi og i dette delkapitlet diskuterer vi årsaker til denne forskjellen i MTB-utnyttelse.

Det finnes lite erfaring og data fra matfiskproduksjon med semi-lukkede anlegg. Det er derfor stor usikkerhet knyttet til kapasitetsutnyttelse. Med kapasitetsutnyttelse menes selskapenes evne til å omdanne innsatsfaktoren MTB-kapasitet til mengde slaktet fisk. Figur 4.1 viser MTB-produktiviteten for innaskjærs åpen merdoppdrett siden 2005. Mengden fisk målt i tonn rundvekt per tonn MTB har økt fra rundt 0,8 i 2005 til 1,5 - 1,7 siden 2012. Økningen i produksjonen per tonn MTB kan ha flere årsaker. For det første ble MTB-systemet innført med betydelig overkapasitet i 2005. Med andre ord, ved innføringen av MTB i 2005 var det et betydelig gap mellom biomassen i anleggene og MTB-taket, et gap som ble redusert de etterfølgende 7 årene frem til 2012.



Figur 4.1. Produksjon (tonn fisk rundvekt) per tonn MTB (gjennomsnitt +/- SD(sample)). Datakilde: Fiskeridirektoratet.

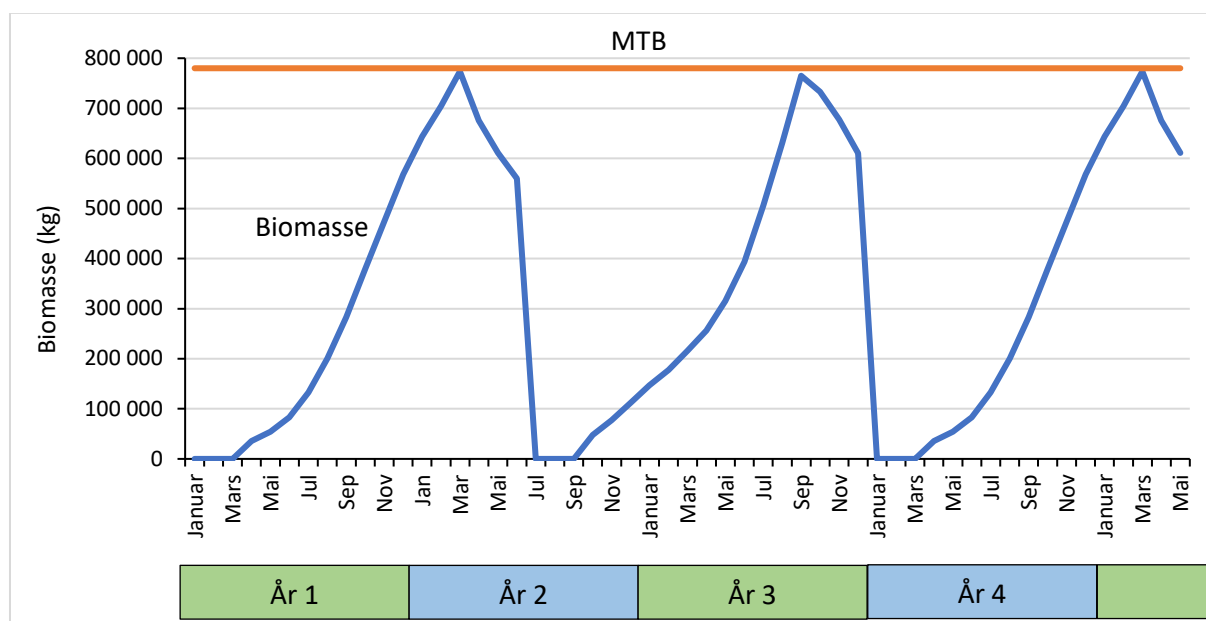
Hva kan forklare denne variasjonen i MTB-utnyttelse mellom selskapene? En lokalitet med en kommersiell tillatelse gir ikke grunnlag for å produsere så mye som 1,5 tonn fisk per tonn MTB. Dette kan illustreres med en bioøkonomisk modell (Bjørndal, 1988; Guttormsen, 2008; Oglend & Soini, 2020). Figur 4.2 viser utviklingen i fiskebiomasse for en driftsform med 1 akvakulturtillatelse (selskapstillatelse) og 1 lokalitet. Ved utsett i april er biomassen på 260,000 fisk x 0,1 kg = 26 tonn fisk. Etter hvert som fisken fôres og vokser øker fiskestørrelse og dermed biomassen. I denne modellen er det tatt med en basisdødelighet på 0,5% per måned. Vekstrate varierer med fiskestørrelse og sjøtemperatur og fôrfaktor med fiskestørrelse.



Figur 4.2. Fiskebiomasse over en produksjonssyklus for en driftsform med 1 selskapstillatelse og på 1 lokalitet. Utsettstørrelse 100 gram og antall fisk ved utsett er 260,000 stk.

Fisken slaktes når den når slaktestørrelse, dvs. over 4 kg. I denne modellen slaktes fisken ut over 5 måneder. Totalt slaktes det ut 1.109 tonn. Det gir en produksjonsfaktor på $1.109 \text{ tonn produksjon} / 780 \text{ tonn MTB} = 1,42$ over hele produksjonssyklusen. Men siden produksjonssyklusen går over en periode på 16 måneder blir gjennomsnittlig MTB-utnyttelse lavere målt per år. Hvis det kun settes ut fisk annethvert år blir den gjennomsnittlige produksjonsfaktoren 0,71, dvs. en produksjon på ca. 555 tonn per år per 780 tonn MTB-tillatelse. Krav om at generasjoner av fisk ikke skal settes ut på samme lokalitet samtidig (generasjonskille) og at det gjennomføres en brakklegging på minimum 2 måneder mellom utslakting og før neste utsett av fisk gjør at det svært vanskelig å oppnå en produksjonsfaktor på nivå med snittet i bransjen med en driftsform med 1 lokalitet og 1 selskapstillatelse.

Siden fisken i modellen ble slaktet ut i juli i andre produksjonsår kan ny fisk settes ut i oktober i samme år som utslaktingen (høstutsett). Figur 4.3 viser biomasseutviklingen med en driftsform med alternerende vår- og høstutsett (inkl. 2 måneder brakklegging). Utsettstørrelsen er 260.000 fisk per utsett. Produksjonen blir nå i snitt rundt 570 tonn per år, som betyr en produksjonsfaktor på 0,73.



Figur 4.3. Fiskebiomasse over en produksjonssyklus for en driftsform med 1 selskapstillatelse og på 1 lokalitet, med alternerende vår- og høstutsett.

Som vi ser av Figur 4.3 vil ikke en driftsform med kun 1 tillatelse og 1 lokalitet gi en særlig høy produksjonsfaktor. Disse resultatene samsvarer med analyser av MTB-utnyttelse i nye produksjonsformer. Havbruk til Havs innebærer at det etableres nye lokaliteter i mer eksponerte havområder, utenfor produksjonsområdene. I Utror sin Industrihåndbok for Havbruk (Utror 2023) til havs skriver de

«I videre analyser legger vi derfor til grunn et produksjonsvolum på 1,5 ganger MTB for kystnært oppdrett. På grunn av andre driftsmodeller og operasjonsfilosier vil ikke

disse mekanismene gjøre seg gjeldende på samme måte for havbruk til havs og landbasert oppdrett, og vi legger derfor til grunn et årlig produksjonsvolum på 0,8 ganger MTB. Ettersom både HTH og landbasert oppdrett er på et tidlig utviklingsstadium, er det knyttet større usikkerhet ved denne antagelsen.»

Heskestad et al. (2023) kommer til lignende konklusjoner om muligheten for å oppnå samme kapasitetsutnyttelse i HTH som innaskjærs åpen merdteknologi. Våre analyser tilsier at det samme gjelder ved etablering av teknologi hvor det anvendes en driftsform med 1 selskapstillatelse som driftes på kun 1 lokalitet.

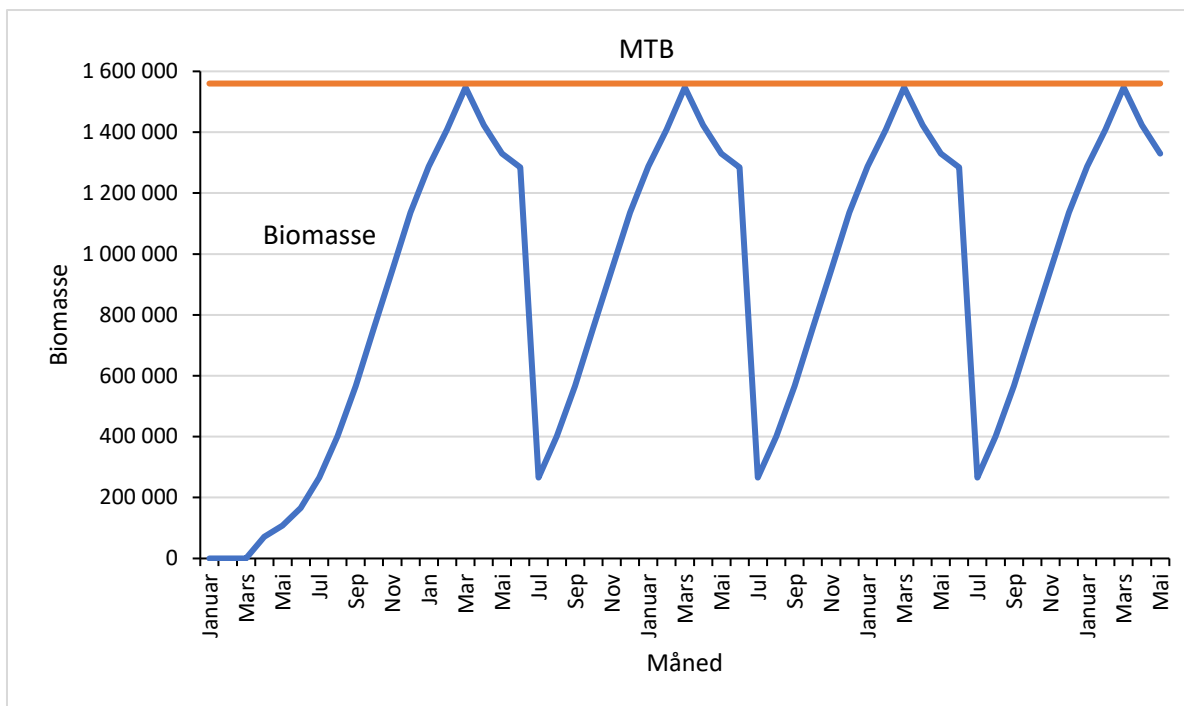
Det er derfor ikke tilstrekkelig med kun 1 lokalitet og 1 selskapstillatelse for å kunne oppnå produksjonsfaktorer på nivå med gjennomsnittet i bransjen. Det trengs ytterligere tiltak og fleksibilitet for å øke kapasitetsutnyttelsen. Eksempler på fleksibilitet som kan gi økt produksjon per tonn MTB er:

- Samdrift og samlokalisering
- Flere lokaliteter
- Korte ned produksjonssyklusen til under 12 måneder inkludert brakklegging (f.eks. postsmoltstrategi)
- Interregional MTB-tak
- Ikke-kommersielle tillatelser (FoU, visning, osv.)

Ved samdrift/samlokalisering kan to eller flere selskaper gå sammen for å øke utnyttelsen av sine selskaps-MTB. La oss si to selskaper som hver har 1 selskapstillatelse og 1 lokalitet. La oss si at lokalitets-MTB er høy nok til at det kan driftes to selskapstillatelser på hver lokalitet. I Norge er samlet lokalitets-MTB på rundt 3,2-3,6⁹ millioner tonn (Tveterås, Ragnar et al., 2023) mens total selskaps-MTB er på rundt 0,9 millioner tonn¹⁰, som gir sterke insentiver til økt utnyttelse av selskaps-MTB. Figur 4.4 viser MTB-utnyttelsen ved samdrift.

⁹ Kommersiell lokalitets-MTB = 3,2 millioner tonn, kommersiell og ikke-kommersiell lokalitets-MTB = 3,6 millioner tonn.

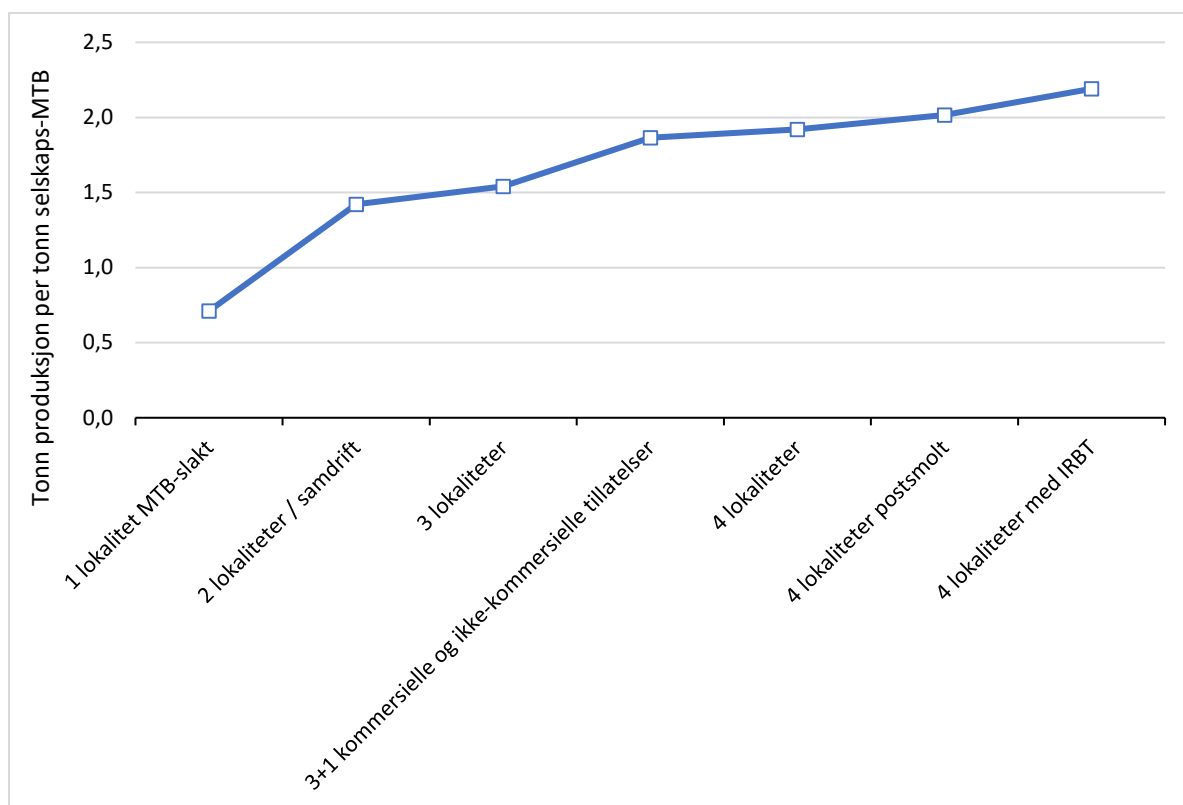
¹⁰ https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Noekkeltall-for-norsk-havbruksnaering/_attachment/download/3655df0f-5734-4255-a181-54d6c66853f9:1e9471f22426f3e0729f482b1e9057eb6ffb66ac/nokkeltall-havbruk-2022.pdf



Figur 4.4. Fiskebiomasse over en produksjonssyklus for en driftsform med samdrift av 2 selskapstillatelser på 2 lokaliteter. Kun vårutsett.

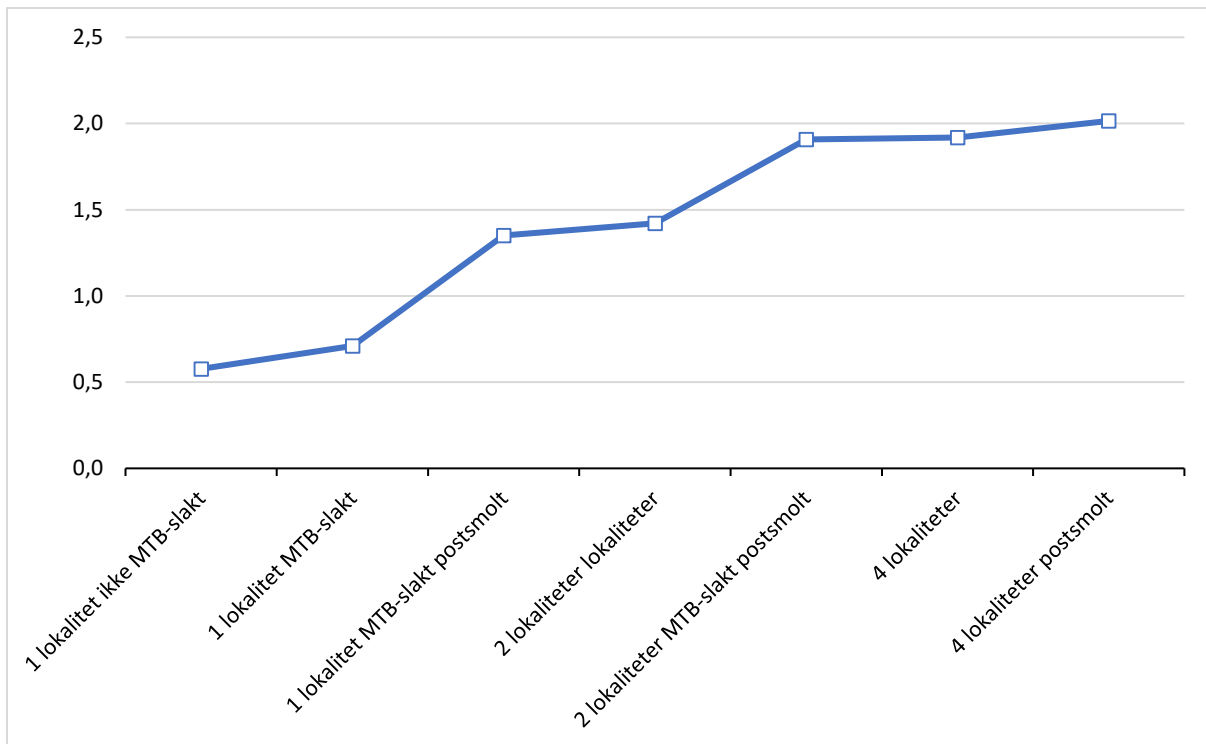
En tilsvarende kapasitetsutnyttelse som i Figur 4.4 vil også kunne oppnås for et oppdrettsselskap med 2 selskapstillatelser og 2 lokaliteter. Fisk settes ut om våren i ett år på den ene lokaliteten, og om våren det neste året på den andre lokaliteten. Alternierende vårutsett på de to lokalitetene vil gi en produksjonsfaktor på ca. 1,4 tonn fisk per tonn MTB.

Ytterligere fleksibilitet kan øke MTB-kapasitetsutnyttelsen ytterligere. Figur 4.5 viser produksjonsfaktoren (tonn produksjon rundvekt fisk per tonn MTB) for ulike driftsformer. Kapasitetsutnyttelsen øker med antall lokaliteter som kan kobles på selskapstillatelsen. Ikke-kommersielle tillatelser inngår ikke i nevneren i produksjonsfaktoren i Figur 4.5. Telleren er total produksjon per selskap og er basert på drift av både ikke-kommersielle og kommersielle tillatelser, mens nevneren er kun kommersiell selskaps-MTB. For enkelte selskap kan ikke-kommersielle tillatelser potensielt overestimere av produksjonsfaktoren. Postsmoltstrategier og bruk av interregionale MTB-tak vil også gi fleksibilitet og høyere utnyttelse av kommersiell selskaps-MTB.



Figur 4.5. Produksjonsfaktor ved ulike driftsformer.

Figur 4.5 viser hvordan bruk av postsmolt vil øke utnyttelsen av selskaps-MTB. Vi ser også hvordan effekten er avtagende med antall lokaliteter som selskaps-MTB'en legges til. Utsett av postsmolt med en driftsform med 1 tillatelse og 1 lokalitet vil i modellen gi en økt produksjon på 90%. Imidlertid faller gevinsten til 34% for en driftsform med 1 tillatelse og 2 lokaliteter. For en driftsform med 1 tillatelse og 4 lokaliteter gir bruk av postsmolt en økning på kun 5% i vår modell. Den avtagende gevinsten på produksjonen med økende antall lokaliteter ved utsett av postsmolt skyldes at mye av kapasitetsgevinsten allerede er tatt ut gjennom bruk av annen fleksibilitet.



Figur 4.6. Fiskebiomasse over en produksjonssyklus for en driftsform med ulikt antall lokaliteter, med og uten postsmoltstrategi.

Analysene over vil ha konsekvenser for beregning av lønnsomheten til investeringer i alternativ teknologi, spesielt knyttet til konverteringsordninger mellom åpen og lukket MTB. Åpen merdteknologi er en svært «billig» oppdrettsteknologi. Utrustning av en lokalitet innebærer i hovedsak investeringer i plastmerder og nøter, fortøyningssystemer, fôrflåter (inkl. styringssystemer), samt driftsbåter og landanlegg.

Investeringer i semi-lukkede anlegg krever også fortøyningssystemer, landanlegg og fôringssystemer. Behovet for egne driftsbåter og fôrflåter kan være mindre da de kan være integrert i det semi-lukkede merdsystemet. I tillegg vil semi-lukkede anlegg kreve investeringer i oksygeneringsanlegg. Den største investeringsbyrden for semi-lukkede anlegg vil imidlertid være merdanlegget. Mens plastringer og nøter koster rundt 4-5 millioner kroner å utruste per lokalitet (per 780 tonn tillatelse), vil semi-lukkede anlegg koste 80-150 millioner kroner. Investeringsbehovet for semi-lukkede anlegg vil derfor være betydelig høyere enn for åpne merdteknologi. Høy produksjon per tonn MTB gjennom utnyttelse av flere lokaliteter vil innebære at hver lokalitet utrustes. I klartekst betyr det at det må investeres i semi-lukket teknologi på hver av lokalitetene. En produksjon på 1,5 - 2,0 tonn fisk per tonn MTB betyr at det må investeres i semi-lukkede anlegg på flere lokaliteter. Hvis et selskap kun skal investere i lukket teknologi på en lokalitet vil en høy kapasitetsutnyttelse være vanskelig uten samtidig å kombinere matfiskproduksjon med postsmoltproduksjon (dvs. bruke deler av MTB-kapasiteten til postsmoltproduksjon).

Oppsummert: hvis tillatelsessystemet kun tillater bruk av «lukket»-MTB for produksjon med lav/nullutslippsteknologi blir det vanskelig for oppdretterne å klare å ha like stor produktivitet per tonn MTB som med konvensjonelle «åpen» MTB. pga. dyr teknologi og mangel på fleksibilitet. «Lukket»-MTB vil derfor ikke ha like stor produktivitet som «åpen»-MTB. Denne MTB-begrensningen vil påvirke hvilket nivå konverteringsfaktoren mellom «åpen» og «lukket» MTB bør ligge på. Gitt

svakere kapasitetsutnyttelse må faktoren være over 1 for at det skal lønne seg for bedrifter å konvertere til lav/nullutslippsteknologi gitt dagens reguleringer.

5.3 Bedrifts- og samfunnsøkonomiske analyser av null- og lavutslippsteknologi

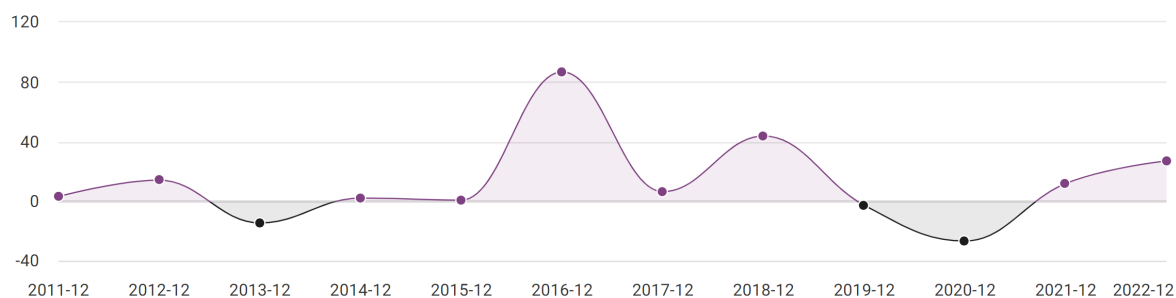
Det finnes lite erfaringsdata for lønnsomheten lav/nullutslippsteknologi, som vanskeliggjør empiriske studier. I stedet skal vi forsøke å illustrere investeringslønnsomheten med ulike numeriske studier. De numeriske studiene (inkludert forklarende tekst, figurer og tabeller) er hentet fra Misund et al. (2023) og Tveterås et al. (2023). I den første analysen (delkapittel 4.3.1) undersøker vi problemstillingen fra et rent bedriftsøkonomisk perspektiv hvor vi ser på hvilket nivå på konverteringsgrad som gjør bedriften indifferent mellom å fortsatt investere i åpne anlegg eller å investere i en lavutslippsteknologi. I de to andre numeriske analysene (delkapitler 4.3.2 og 4.3.3) undersøker vi problemstillingen fra perspektivet til en samfunnsplanlegger. Studier gjort av HI viser at lusesmitten på lokaliteter ikke er likt, dvs. noen lokaliteter bidrar mer enn andre (Huserbråten et al., 2020). Det er derfor ikke et behov for at alle lokaliteter i et produksjonsområde må lukkes for å oppnå en tilfredsstillende reduksjon i smittepress av lus. Dette gjelder også de produksjonsområdene med høyest lusepress i dag, PO3 og PO4. Den andre analysen undersøker de bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvensene av delvis lukking av områder med høyt smittepress av lakselus.

Det finnes lite offentlig tilgjengelig kunnskap om lønnsomheten i sjøbaserte lavutslippsteknologier slik som semi-lukkede anlegg eller dypdriftsanlegg for oppdrett av laks eller regnbueørret. Et unntak er en analyse gjennomført av Trond Bjørndal og Amalie Tusvik (Bjørndal & Tusvik, 2018). Forfatterne skriver (side 92-93):

«Resultata av kostnadsanalysen for lukka oppdrett viser at lukka produksjon gjev høgare produksjonskostnad enn tradisjonelt oppdrett som følgje av store investeringar og auka driftskostnadar. Med dei føresetnadene om investeringar som vert lagt til grunn for full produksjonssyklus i lukka anlegg finn ein at det vil vere vanskeleg å forsvare skilnaden i investeringsbeløp, med mindre ein opplever heilt spesielt krevjande utfordringar som ein kan adressere ved overgang til lukka produksjon. For lukka merdanlegg med full syklus kjem ein fram til ein produksjonskostnad på kr 37,90/kg. Til samanlikning er estimert produksjonskostnad for open merd utan avlusing kr 28,00/kg og kr 33,80/kg ved 10 avlusingar.»

Misund et al. (Folkvord et al., 2019; Misund et al., 2020) konkluderte også med at høyere drifts- og investeringskostnader gjør investeringer i semi-lukkede anlegg mindre lønnsomme enn alternativet med åpne merder.

Det finnes også få eksempler på kommersielt drevet semi-lukket produksjon av matfisk. Et unntak er Akvafuture AS i Brønnøysund. Driftsmarginen for selskapet har variert mye over tid. Av relevans er driftsmarginen etter 2019 da omsetningen før dette var marginal. Figuren viser driftsmarginer som har vekslet mellom -27% og +27%. Imidlertid er driftsmargin et begrenset mål på lønnsomhet da det ikke tar hensyn til kapitalkostnader, som vil være vesentlig høyere for kapitalintensive investeringer sammenlignet med åpne merdteknologi. Med et fratrekk på 10% kapitalkostnad har lønnsomheten i Akvafuture vært negativ eller marginalt positiv i perioden 2019-2022. Til sammenligning har overskuddet i åpne merder vært i snitt på rundt 9% av omsetning (justert for kapitalkostnader) i samme periode.



Figur 4.7. Driftsmargin for Akvafuture AS. Hentet fra proff.no

De fleste erfaringer med semi-lukkede anlegg er imidlertid fra produksjon av postsmolt. Eksempler er Ovums «Egget»¹¹, FishGlobe¹², Ecomerden, Preline¹³, Fiizk «Certus», Aquafarm Equipment «Neptun»¹⁴, osv. Noen av disse har kun drevet i kort tid, mens andre konsepter har blitt driftet sammen med annen teknologi, slik at det er svært lite tilgjengelig informasjon om lønnsomheten av postsmoltproduksjon med semi-lukkede anlegg. Det samme gjelder dypdriftsteknologi.

Gitt manglende kunnskap og erfaringer om lønnsomhet av lav- og nullutslippsteknologi til produksjon av både postsmolt og matfisk av laks og regnbueørret er det nødvendig å gjøre numeriske analyser. Gjennom dette prosjektet, samt andre prosjekter slik som «Bærekraftig vekst med lukkede anlegg i sjø» av Tveterås et al. (2021)¹⁵, «Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk» (Tveterås, Ragnar et al., 2023)¹⁶, «Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland» (Misund et al., 2023)¹⁷, «Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag» (Folkvord et al., 2019; Misund et al., 2020)¹⁸, og FHF-prosjektet «Økt kunnskap om klima-, natur- og miljøpåvirkninger fra ulike produksjonsformer for laks»¹⁹ er det gjort en rekke numeriske analyser av bedrifts- og samfunnsøkonomiske analyser av semi-lukkede anlegg. Vi vil også vise til andre numeriske analyser gjort av Bjørndal og Tusvik (2018) og en analyse av kostnader med lukket teknologi av Grønvik og Grünfeld (2022).

Under vil vi oppsummere studiene og presentere konklusjonene fra hver av de numeriske analysene. De ulike studiene undersøker ulike aspekter ved investeringer i lav- eller nullutslippsteknologi. Den første analysen («Analyse 1: Valget mellom åpen eller lukket teknologi») undersøker hvilken konverteringsfaktor mellom lukket og åpen MTB en investor vil kreve for å være indifferent mellom de to teknologiene. De to neste analysene undersøker effektene av delvis lukking av et produksjonsområde («Analyse 2» og «Analyse 3»). Forskjellen mellom «Analyse 2» og «Analyse 3» er

¹¹ <https://www.kyst.no/cato-lyngoy-egget-pressemedling/andre-runde-med-postsmolt-tatt-opp-fra-egget/1574695>

¹² <https://www.landbasedaq.no/fishglobe-grieg-seafood-ryfish/gjennomforte-forste-deluttak-av-postsmolt/1492078>

¹³ Lerøy Seafood inngikk i 2010 samarbeidet med Preline Fishfarming System AS for å utvikle flytende lukkede anlegg for postsmoltproduksjon: <https://www.leroyseafood.com/globalassets/02--documents/preline/arsrapport-tubmerd-2016.pdf>

¹⁴ <https://www.kyst.no/aquafarm-equipment-teknologi/tar-lukket-merdteknologi-et-skrutt-videre/622124>

¹⁵ <https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2021/04/Stiim-Rapport-Flytende-Lukket-Oppdrett-i-sjo.pdf.pdf>

¹⁶ <https://stiimaquacluster.no/prosjekter/baerekraftig-arealbruk-i-havbruksnaeringen/>

¹⁷ <https://norcereasearch.brage.unit.no/norcereasearch-xmlui/handle/11250/3053738>

¹⁸ <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901526>

¹⁹ <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901833/>

at sistnevnte modellerer hvordan lukking av produksjonen på en lokalitet påvirker produksjon, dødelighet og lønnsomheten til de andre lokalitetene i produksjonsområdet.

Hva koster lav/nullutslippsteknologi?

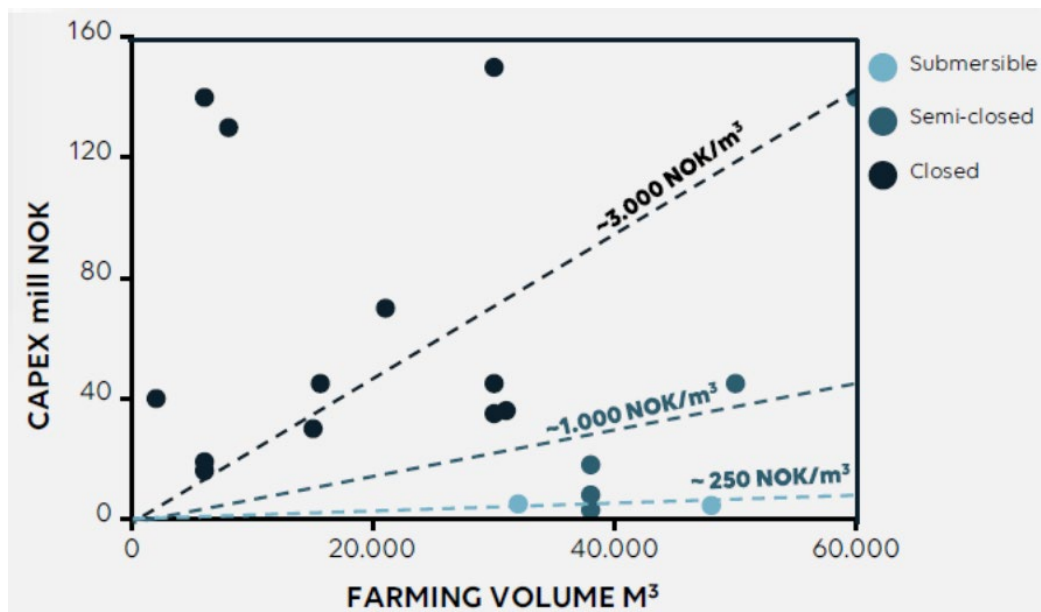
Som beskrevet i kapittel 3 er det utviklet flere titalls ulike konsepter for ny oppdrettsteknologi, som varierer i grad av lukking, byggemateriale, utforming osv. Estimer viser at det er en betydelig variasjon i investeringskostnadene for ulike konsepter for lav- eller nullutslippsteknologi (Figur 4.8). Nedsenkbare merder er den rimeligste teknologien med en CAPEX på rundt 250 NOK/m³. Standardstørrelsen på en akvakulturtillatelse (selskapstillatelse) er 780 tonn maksimal biomasse, som tilsvarer et totalt merdvolum på 15.600 m³ og en maksimal fisketetthet på 50kg/m³. Investeringskostnaden for denne teknologien er derfor relativt lav på rundt 3,9 MNOK. Prisen for åpne merder er rundt 3 MNOK²⁰. Det er imidlertid vanskelig å sammenligne disse prisene da det ikke er klart hva som ligger i beløpene. Er det kun merdene, eller er det inkludert nøter? Hva med fortøyninger? Det synes allikevel klart at nedsenkbar teknologi har en investeringskostnad som ligger i nærheten av ordinær åpen merdteknologi.

Det som i Figur 4.8 omtales som «semi-closed» samsvarer ikke med det som vanligvis kalles semi-lukkede anlegg. Ifølge Tveterås et al. (2021) er «Begrepet «semi-closed containment systems» (S-CSS) [...] etablert som en beskrivelse av lukkede merdsystemer med full adskillelse fra miljøet, det vil si både vegger og bunn - men uten full rensing av innløps- og avløpsvann (Calabrese, 2017, Rosten m.fl., 2011).». Det som i Figur 4.8 omtales som «closed» samsvarer bedre med denne definisjonen. «Closed-containment systems» brukes derfor om teknologi som både har en full adskillelse mellom det indre og det ytre vannmiljøet, men også har høy grad av resirkulering av både partikulært og oppløste organiske avfallsstoffer.

Det som i Figur 4.8 omtales som «semi-closed» fremstår å være varianter av merder med luseskjørt. Luseskjørt kan brukes separat kombinert med ordinær åpen merdteknologi og som integrert del av merden, f.eks. Aquatraz (Seafarming Systems)²¹. varierer mellom ~100 NOK/m³ til over 1.000 NOK/m³. De billigste variantene er separate luseskjørt som koster 100.000-300.000 kroner (Schei, 2022). Variantene hvor luseskjørtene er integrert i merdsystemet, f.eks. Aquatraz, vil være betydelig dyrere enn ved bruk av separate luseskjørt.

²⁰ Prisen er avhengig av størrelse.

²¹ <https://seafarmingsystems.com/en/aquatraz-semi-closed-fish-cage/>

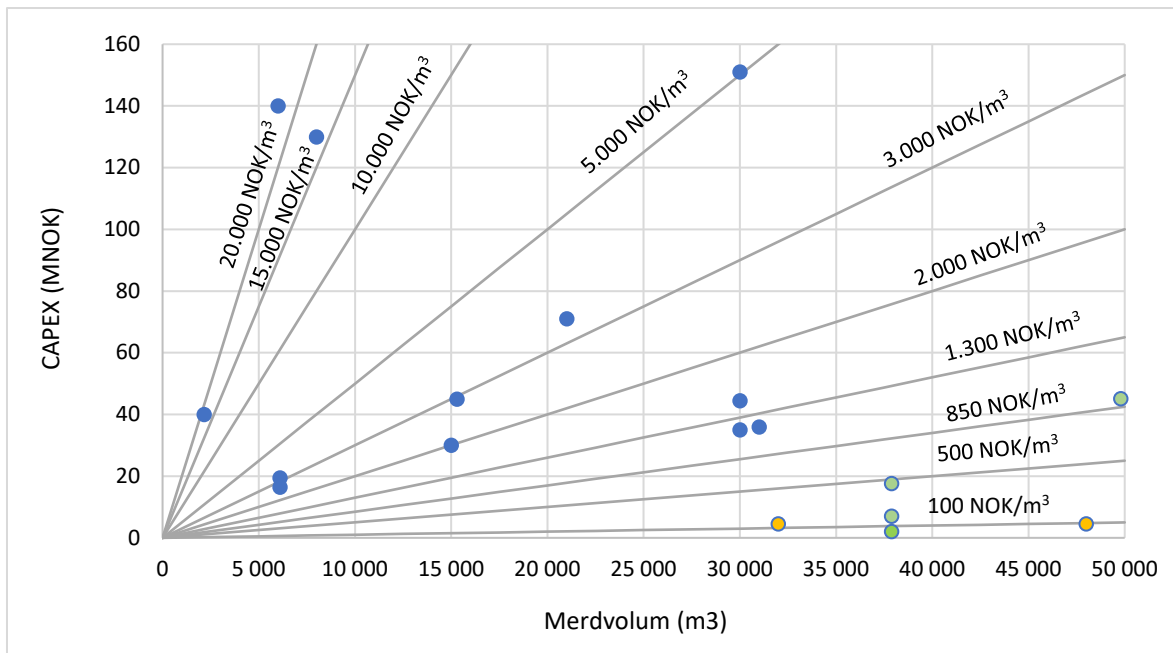


Figur 4.8. CAPEX estimater for ulike konsepter for alternative produksjonsformer. Submersible = Nedsenkbar, Semi-closed = merder med stive luseskjørt, men åpen i bunn (f.eks. Aquatraz), og Closed = Semi-lukkede anlegg (S-CCS). Kilde: Lerøy (2023).

Investeringskostnaden for semi-lukkede anlegg varierer betydelig mellom ~1.300 til rundt 20.000 kroner per kubikkmeter merdvolum (Figur 4.8)²². Dette tilsvarer en variasjon på mellom ~20 og 312 MNOK per standardtillatelse (gitt en maksimal tetthet på 50 kg fisk per kubikkmeter, dvs. ekvivalent med et «standardvolum» på 15.600 m³). Dette er en betydelig forskjell i pris mellom de billigste og de dyreste konseptene. De rimeligste konseptene er dukbaserte og de dyreste er større konstruksjoner i stål, kompositt og/eller sement hvor en del av driftsutstyret er integrert i merdsystemene.

Figur 4.10 er basert på Lerøy Seafood sine estimater supplert med egne innhentede estimater på CAPEX per kubikkmeter vannvolum.

²² I en studie fra 2018 estimerte Bjørndal og Tusvik (2018) investeringskostnader på ~2.000 – 6.666 NOK/m³.



Figur 4.9. CAPEX-estimer for ulike konsepter for alternative produksjonsformer. Gule sirkler = nedsenkbare merder, grønne sirkler = separate eller integrerte luseskjørt, og blå sirkler = semi-lukkede merder. Rekonstruksjon av data fra Lerøy (2023). I tillegg har vi innhentet investeringsbeløp for semi-lukkede merder for ytterligere to konsepter som koster hhv. ~10.000 NOK/m³ og ~15.000 NOK/m³.

I tillegg til merdene kommer investeringer i annet utstyr som fôrflåter, driftsbåter, landbase, strømtilførsel, oksygeneringsanlegg, pumpe/strømsettingsystemer, dødfiskoppesamling, og slamoppsamling- og behandlingssystemer. Det er uklart i hvilken grad disse kostnadene er inkludert i Capex-estimatene i Figurer 4.8 og 4.9. Ved en konvertering mellom åpen og lukket er det ikke alle disse elementene som er relevante. F.eks. kan en eksisterende landbase brukes, potensielt også annet utstyr som fôrflåter osv. Det kan være et lavere behov for kjøp av driftsbåter for enkelte konsepter da anleggene vil være konstruert slik at de kan driftes uten båter. Det vil også påløpe en kostnad for sleping av anlegget fra verft til lokaliteten og forankring/fortøyning. Denne kan være betydelig.

Ved utrustning av et nytt anlegg på en ny lokalitet kan det derfor påløpe betydelige ekstrakostnader utover merdskonstruksjonen. Ikke minst må nyetablerere kjøpe en akvakulturtillatelse til ~100-150 kroner. Som vi påpeker i kapittel 3 reflekterer ikke denne prisen de eksterne kostnadene som akvakulturvirksomhet har på samfunnet.

Tabell 4.1 gir en oversikt over kostnader som påløper ved utrustning av en ny lokalitet med alternativ produksjonsteknologi:

Tabell 4.1. Kostnader (MNOK) ved utrustning av en ny lokalitet med ulike produksjonsteknologier. Utrustning av en lokalitet med en MTB tilsvarende 3 standard akvakulturtillatelser (780 tonn MTB). Kilder: Egne innhentede estimater, Bjørndal & Tusvik (2018), Lerøy (2023). Verdiene innhentet fra flere kilder er konvertert til verdier tilsvarende 3 akvakulturtillatelser, og inflasjonsjustert til 2023.

Kostnad (MNOK)	Åpen	Nedsenkbar	Semi-lukket
Akvakulturtillatelse	300-450	300-450	300-450
Merd	7-9	10-12	60 - 936
Nøter	1-2	1-2	Integrert?
Sleping og fortøyning/forankring	?	?	10-12
Driftsbåter	4-5	4-5	Integrert?
Fôrflåte/fôringssystem	20-25	20-25	20-25
Landbase	16	16	16
Påkobling landstrøm	5-16	5-16	5-16
Dødfiskhåndtering			
Oksygeneringsanlegg	0	0	
Slamoppsamling og -behandling	0	0	10-11

5.3.1 Analyse 1: Valget mellom åpen eller lukket teknologi

I denne analysen undersøker vi lønnsomheten til semi-lukkede anlegg vs. åpen merdteknologi for en enkeltoppdretter²³. Spørsmålet er: gitt at det allerede er investert i selskapstillatelser og at lokaliteter er tilgjengelige, hvor stor må MTB være for at et oppdrettsselskap skal være indifferent mellom å investere i lukket og åpen merdteknologi. Med andre ord, hvor stor må en konverteringsfaktor være for at investor skal tjene like mange penger på investeringen i den lukkede teknologien som i den åpne merdteknologien?

I denne analysen anvender vi numerisk nåverdikalculer hvor vi gjør antagelser om disse størrelsene, og gjøre sensitivitetsanalyser. Da kan vi også finne forholdstallet mellom MTB for åpent anlegg og lukket anlegg som gir disse to alternativene lik nåverdi, som vi kaller konverteringsfaktoren. For enkelhets skyld gjør vi beregningene for ett tonn MTB.

Tabell 4.2 viser forutsetninger for beregning av nåverdier og konverteringsfaktor mellom lukket og åpen teknologi. Vi antar at oppdretter har ledig kapasitet i sine åpne anlegg og dermed har begrenset behov for å investere i ny åpen anleggskapital. Videre antar vi noe høyere netto kontantstrøm per kilo MTB i åpent anlegg, som kan være drevet av bedre biologisk ytelse, høyere MTB-utnyttelse og at det lukkede anlegget har høyere energi- og slambehandlingskostnader. På grunn av den høye risikoen setter oppdretter avkastningskravet til 12% for lukket anlegg, mens det er 10% for åpent anlegg.

Med disse basisforutsetningene blir nåverdien av ett kilo MTB 119 kroner for et åpent anlegg, og nåverdien av ett kilo MTB 39.7 kroner for et lukket anlegg. Dermed blir konverteringsfaktoren mellom

²³ Resultatene fra denne analysen er også publisert i Tveterås et al. (2023). Deler av teksten er også hentet fra denne referansen.

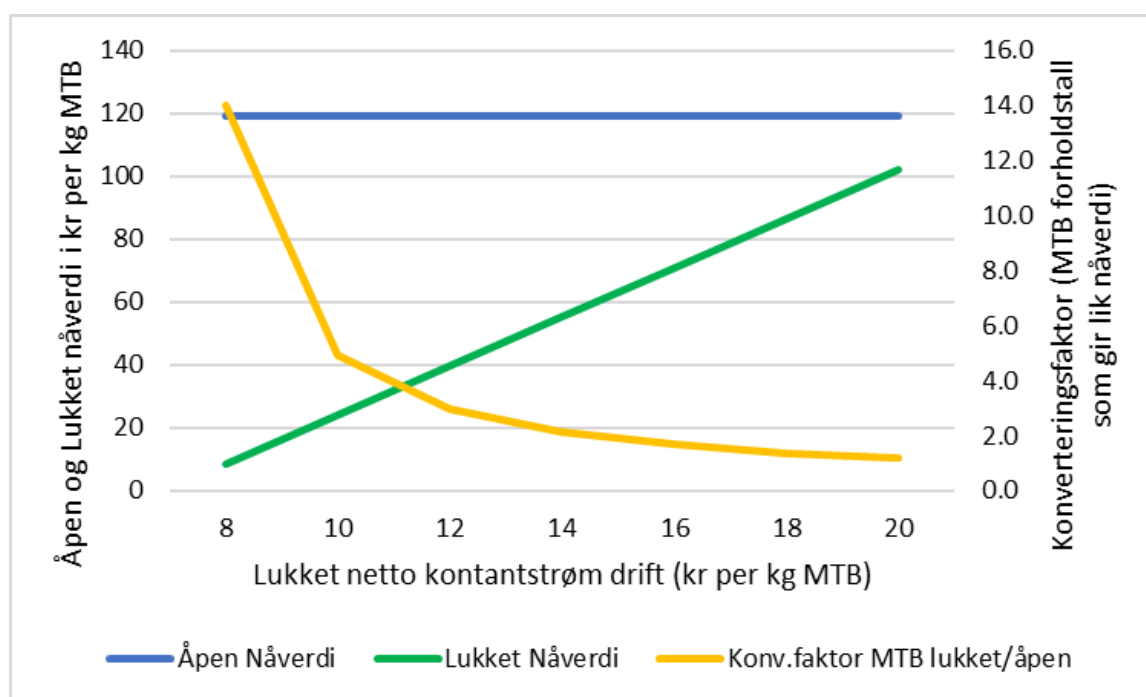
åpen og lukket MTB som gir samme kontantstrøm 3 tonn lukket MTB per tonn åpen MTB. Merk at med disse forutsetningene er oppdretter villig til å betale en positiv pris for lukket MTB hvis myndighetene legger ut for salg, men prisen er altså 3 ganger lavere enn det oppdretter er villig til å betale for MTB i åpent anlegg.

Tabell 4.2: Basis forutsetninger for beregning av nåverdier og konverteringsfaktor mellom lukket og åpen teknologi.

Variabel	Åpen	Lukket	Enhet
Diskonteringsrente (avk.krav)	10 %	12 %	Prosent
Investeringskostnad	10.00	54.00	kr / kg MTB
Netto kontantstrøm drift	15.00	12.00	kr / kg MTB
Nåverdi	119.09	39.73	kr / kg MTB
Konv.faktor MTB Lukket / MTB Åpen teknologi		3.00	tonn MTB

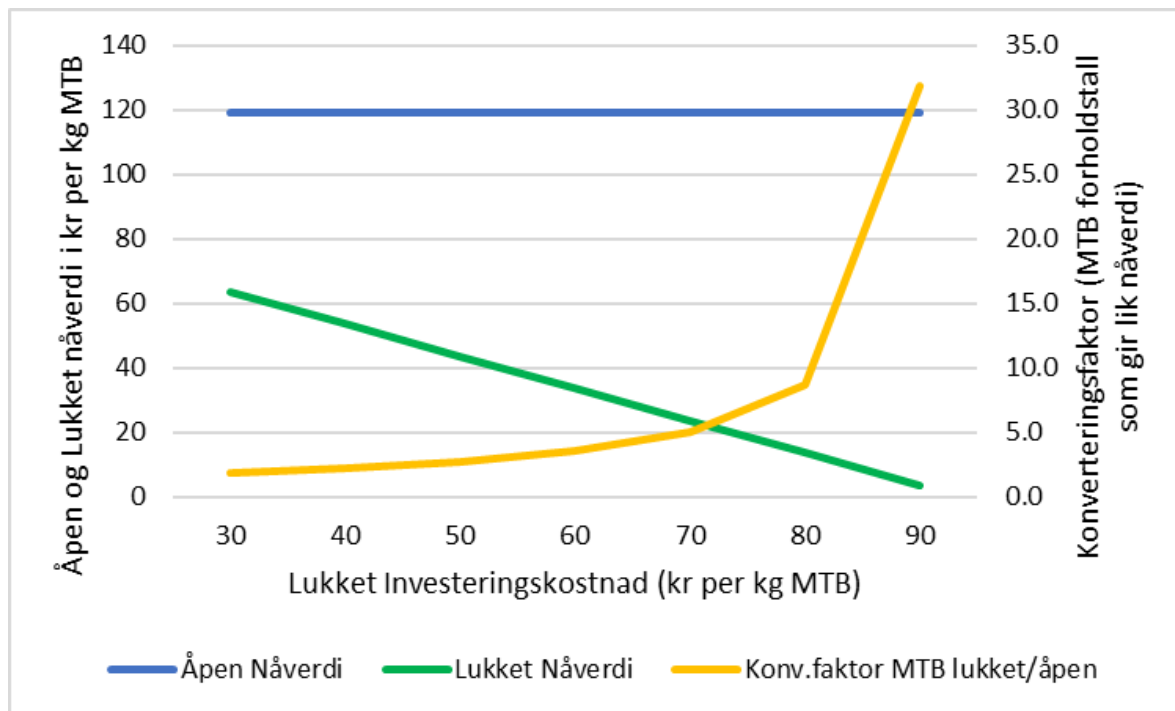
Vi gjør så sensitivitetsanalyser på alle de tre nøkkelfaktorene for lukket anlegg – netto kontantstrøm, investeringskostnad og avkastningskrav.

Først ser vi på netto kontantstrøm per kilo MTB, og lar denne variere fra et nivå som er vesentlig lavere enn for åpent anlegg til et vesentlig høyere nivå. Et lavere nivå enn åpent anlegg kan innebære bedre biologisk ytelse i form av overlevelse og dødelighet, høy MTB utnyttelsesgrad, lave energi- og slamkostnader. Vi ser av figur 4.10 at konverteringsfaktoren varierer fra 1:14 mellom åpen og lukket ved lav netto kontantstrøm til 1:1,2 mellom åpen og lukket ved høy netto kontantstrøm. Vi endrer ikke kontantstrømmen for åpent anlegg her, men innføring av miljøavgifter eller reguleringer som øker produksjonskostnadene (og dermed reduserer netto kontantstrøm) i åpne anlegg vil ha samme effekt som en tilsvarende økning i netto kontantstrøm til lukkede anlegg, altså at konverteringsfaktoren blir lavere.



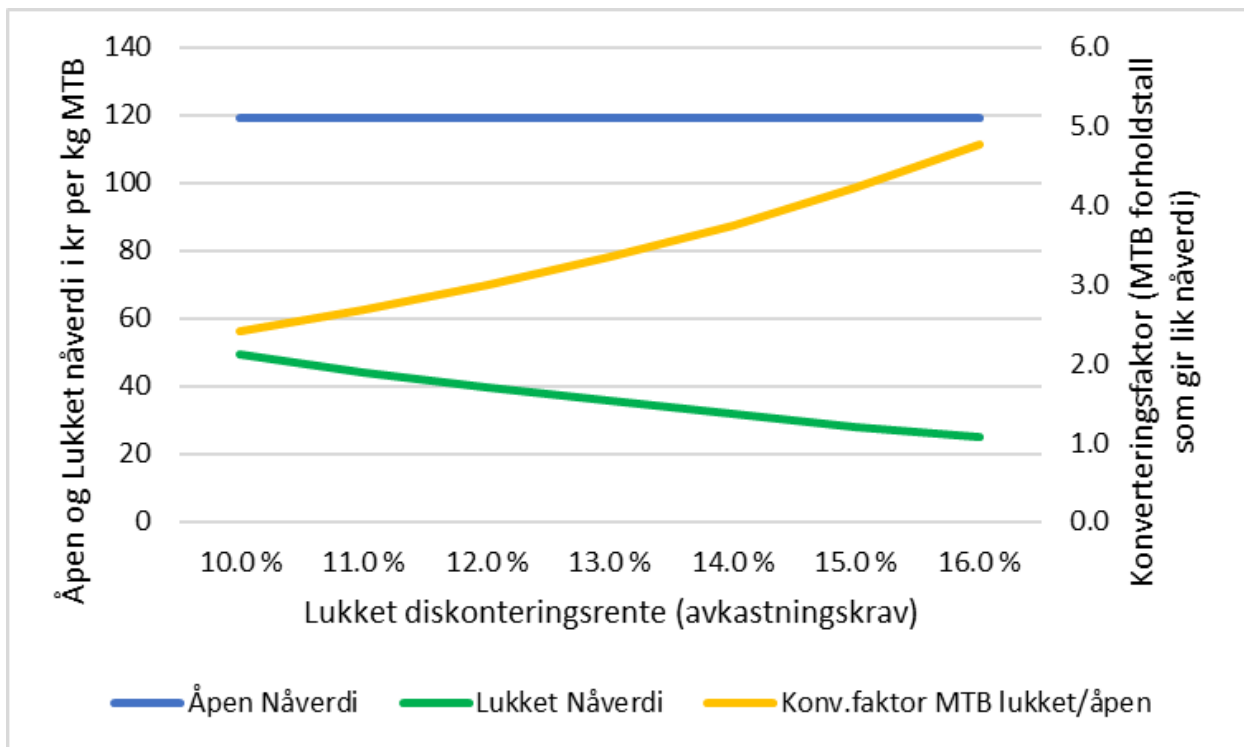
Figur 4.10: Sensitivitetsanalyse for netto kontantstrøm i lukket anlegg.

Deretter varierer vi investeringskostnaden per kilo MTB (Figur 4.11). Vi varierer denne fra 30 kroner per kilo MTB, noe som må anses som svært lavt, til 90 kroner per kilo MTB. Med den høye investeringskostnaden er konverteringsfaktoren hele 1:32 mellom åpen og lukket, mens med den lave (og nok litt urealistiske investeringskostnaden) er konverteringsfaktoren 1:1.9.



Figur 4.11: Sensitivitetsanalyse for investeringskostnad i lukket anlegg.

Så varierer vi avkastningskravet (diskonteringsrenten) per kilo MTB (Figur 4.12). Med andre ord, vi ser på ulike risikovurderinger av lukket teknologi. Vi varierer avkastningskravet fra 10%, som er samme nivå som åpent anlegg, til 16%, hvor risikoen anses som svært høy. Med det høye avkastningskravet er konverteringsfaktoren 1:4,8 mellom åpen og lukket, mens med det lave avkastningskravet er konverteringsfaktoren 1:2,4.



Figur 4.12: Sensitivitetsanalyse for avkastningskrav i lukket anlegg.

Man kan alltid diskutere basisforutsetningene i denne analysen. Det er stor usikkerhet rundt teknisk, biologisk og økonomisk ytelse til semi-lukkede sjøanlegg. Men sensitivitetsanalysen gir en indikasjon på at det nok er nødvendig med en konverteringsfaktor som er relativt høy, trolig en konverteringsfaktor som er høyere enn 1:2 mellom åpen og lukket MTB. I prinsippet er det mulig å ha auksjon på MTB-konverteringsfaktor, dvs. at havbrukselskapene gir inn bud på konverteringsfaktor som de vil akseptere og at det er et begrenset antall konverteringer som tillates. Da vil man få informasjon fra markedet om hvordan selskapene selv verdsetter åpen og lukket MTB.

Dersom man får realisert investeringer i semi-lukkede anlegg som gir mer praktiske erfaringer og forskningsbasert kunnskap om disse vil usikkerheten om ytelsene til denne type teknologi reduseres. Man vil lære mer om hvilke konsepter som fungerer best, og gjennom læring vil det bli foretatt ytterligere innovasjoner i konseptene. Over tid vil dette redusere investeringskostnad og øke kontantstrøm i driften. Dermed vil nåverdien av ett tonn MTB i lukket anlegg øke, og konverteringsfaktoren mellom lukket og åpen reduseres. Så over tid kan myndighetene redusere konverteringsfaktoren og øke prisen på MTB som tilbys for bruk i lukkede anlegg.

Konklusjoner fra de numeriske analysene:

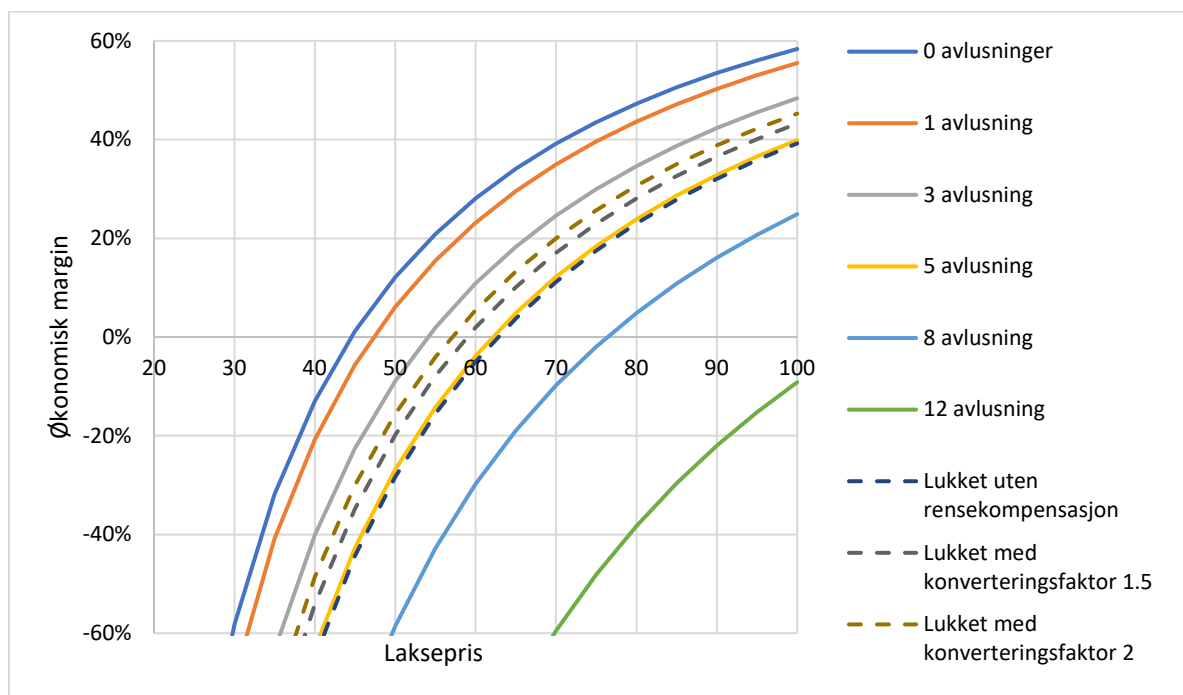
- Lønnsomheten til lukkede anlegg er svært følsom for forutsetninger om laksepris, biologisk performance og avkastningskrav
- En konverteringsfaktor på over 2-3 må til før at en konvertering mellom åpen og lukket MTB vil bli bedriftsøkonomisk lønnsomt.

5.3.2 Analyse 2: Analyse av bedrifts- og samfunnsøkonomiske effekter av lukking av lokaliteter

Denne analysen undersøker den bedrifts- og samfunnsøkonomiske lønnsomheten av å delvis lukke lokaliteter i et produksjonsområde. Analysene er en konseptuell studie av PO4 (Nordhordland og Stadt)²⁴. De bedriftsøkonomiske analysene er basert på en bioøkonomisk modell for vekst og dødelighet på lokaliteter med enten åpen eller lukket merdteknologi. Det er modellert en ekstra dødelighet knyttet til avlusning med mekaniske avlusningsmetoder på lokalitetene med lukket teknologi²⁵. Modellen åpner opp for økt MTB for lukkede anlegg som en kompensasjon for rensing av organiske utslipp.

Videre er det gjort samfunnsøkonomiske analyser for å undersøke verdikjede- og ringvirkningseffekter av ulike grader av lukking av lokaliteter i produksjonsområdet.

De numeriske analysene viser at antall avlusninger kan ha en betydelig innvirkning på lønnsomheten til åpne merder og at hvis lusestrykket blir for høyt og antall mekaniske avlusninger for mange, kan lønnsomheten i åpne merder være svakere enn for lukkede anlegg (Figur 4.13). Her bør det bemerkes at i praksis vil en oppdretter anvende ulike former for avlusningsmetoder. I denne analysen antas det at kun mekaniske metoder anvendes. Resultatene samsvarer med analysene til Grønvik og Grünfeld som viser at i enkelte tilfeller kan lønnsomheten i lukkede anlegg være høyere enn i åpne merder. Figur 4.13 viser også at ved lavt lusepress vil åpen merdteknologi være den billigste produksjonsformen.

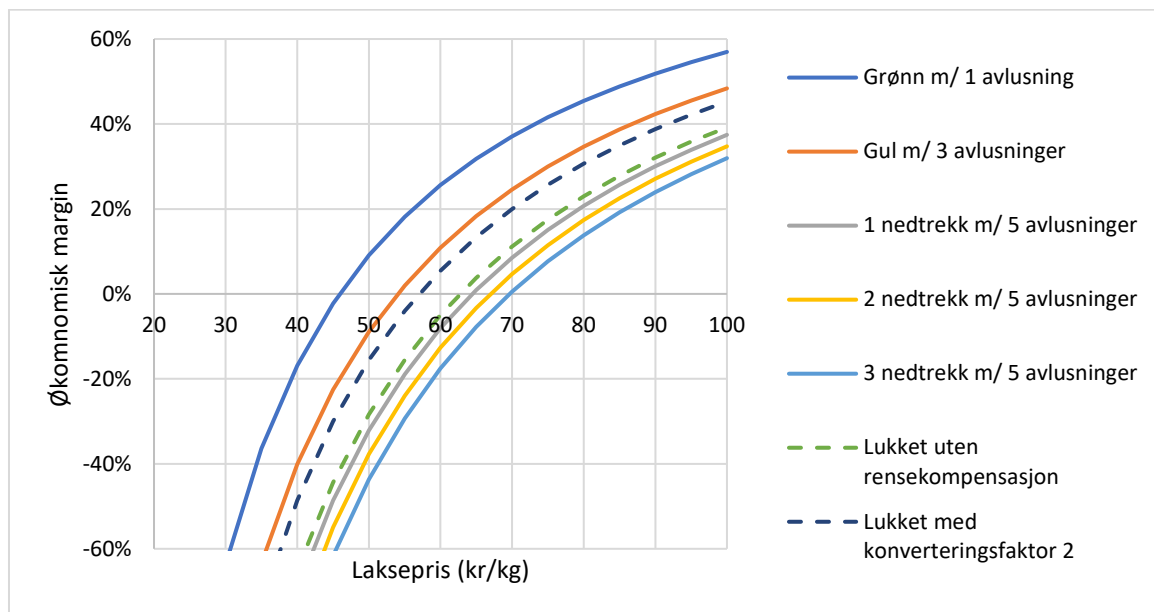


Figur 4.13. Lønnsomhet åpne merder med 0-12 avlusninger per generasjon vs. lukket. Basert på en standardtillatelse på 780 tonn MTB uten nedtrekk. Kilde: Misund et al. (2023).

²⁴ Analysene er publisert i Misund et al. (2023).

²⁵ Behandlingsdødelighet er bl.a. basert på en rekke studier (Walde et al., 2021, 2022, 2023)

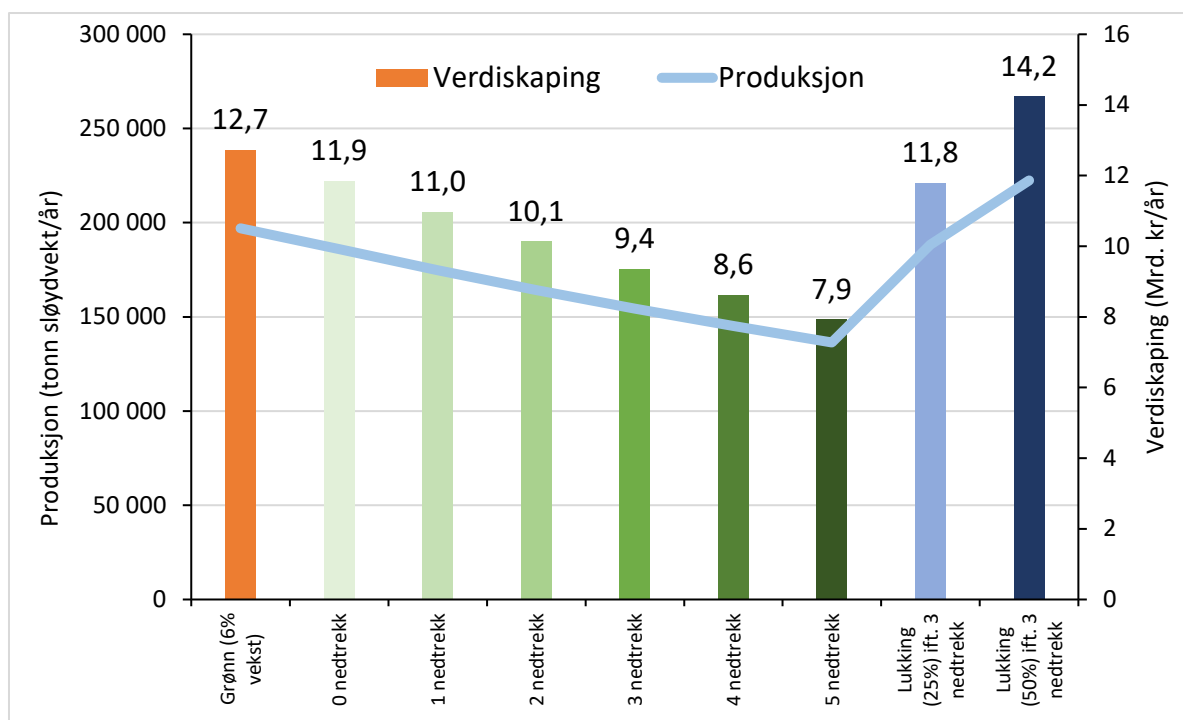
Figur 4.14 viser at lønnsomheten til lukkede anlegg vil øke hvis lokaliteten er i et produksjonsområde hvor det er gjennomført nedtrekk.



Figur 4.14. Lønnsomhet åpne merder med 3 og 5 avlusninger per generasjon vs lukket. Beregningene er basert på en standardtillatelse på 780 tonn MTB med 1-5 nedtrekk. En konverteringsfaktor på 2 betyr at MTB dobles ved en konvertering mellom åpne og lukkede merder på hele lokaliteten. Kilde: Misund et al. (2023).

Nedtrekk gir økonomiske tap både for oppdrettselskapene i produksjonsområdet og gir redusert verdiskaping i samfunnet²⁶. Den økonomiske gevinsten for en oppdretter ved å konvertere til nullutslippsteknologi fra en situasjon med biomassenedtrekk vil derfor være høyere enn hvis selskapet ikke er i et produksjonsområde med nedtrekk (Figur 4.15).

²⁶ I denne analysen er verdiskapingen en funksjon av størrelsen på produksjonen. Som beskrevet i kapittel 3 vil en utslipp av lus, sykdommer eller andre utslipp som har negative påvirkning på miljøet eller andre aktører ha samfunnsøkonomiske kostnader (effektivitetstap). Selv om et nedtrekk i produksjon isolert sett gir redusert verdiskaping som følge av produksjonsnedgangen vil det også potensielt også oppstå positive samfunnsøkonomiske effekter ved at utslippene reduseres.



Figur 4.15. Verdiskaping (MNOK) og produksjon (tonn sløydvekt) i PO4 med ulike scenario for nedtrekk/oppjustering av MTB, og effekten av lukking av 25 eller 50% av lokalitetene (ved laksepris på 70 kr/kg, 3 avlusninger per generasjon og rensegrad på 25%). Kilde: Misund et al. (2023).

Konklusjoner fra denne numeriske analysen

- Åpen merdteknologi den mest lønnsomme teknologien hvis smittepresset ikke er for høyt
- Nullutslippsteknologi kan være bedriftsøkonomisk lønnsomt gitt en viss kompensasjon for
- Nullutslippsteknologi vil være mer lønnsomt for bedrifter i produksjonsområder hvor biomassen har blitt trukket ned flere ganger enn i produksjonsområder med flere nedtrekk.
- Nullutslippsteknologi kan være lønnsomt for samfunnet i produksjonsområder med flere runder med nedtrekk.

5.3.3 Analyse 3: Økonomiske effekter av delvis lukking av lokaliteter i et produksjonsområde

Analyse 3 utvider de foregående analysene ved å også å undersøke og hensynta de positive økonomiske effektene lukking av enkeltlokaliteter har på andre anlegg i samme produksjonsområde. Denne analysen ble først publisert i Tveterås et al. (2023) og tekst, figurer, tabeller og resultater gjengis her.

Økonomiske analyser av investeringer i havbruk må, hvis resultatene skal være relevante for i praksis, i størst mulig grad ta utgangspunkt i en realistisk fremstilling av lokalitetsstrukturen og praktisk oppdrett av oppdrett. Det er imidlertid ikke mulig å fange opp alle elementer fra praktisk oppdrett i en modell, og det må gjøres forenklinger og gjøres forutsetninger. I den andre analysen anvender vi en modell som kombinerer ulike delmodeller for biologisk vekst, lusevekst og -smitte, med økonomiske modeller for bedriftenes investeringsbeslutninger og samfunnsøkonomisk verdiskaping. Ulike lag med modeller legges opp på hverandre, som øker kompleksiteten. Forenklinger er derfor nødvendig.

Under er en kort beskrivelse av de ulike komponentene i modellen:

Vekstmodell for oppdrettslaks: Vekstmodellen tar utgangspunkt i en vanlig bioøkonomisk modell for havbruk (Bjørndal, 1988; Guttormsen, 2008; Oglend & Soini, 2020; Thyholdt, 2014). Denne modellen beregner utviklingen i biomassen av et utsett av fisk fra utsett til slakting. Den biologiske vekstprosessen er basert på en Beverton-Holt modell for en enkelt årsklasse. I den klassiske bioøkonomiske modellen antas en konstant dødelighetsrate. Biomasseveksten kan modelleres som en funksjon av alder/størrelse, sjøtemperatur, antall fisk/tetthet, fôrmengde og daglengde. Utsett kan modelleres som en kontinuerlig prosess. Beslutningene som operatøren tar er tidspunkt for utsett, størrelse på fisken ved utsett, utføringsmengde og slaktetidspunktet. Et sentralt spørsmål i produksjonsplanleggingen er å bestemme den optimale roteringen, dvs. finne den beste sekvensen av utsett og slakt, og dermed kontantstrømmer og allokering av knappe produksjonsressurser som fôr, antall fisk, og ikke minst areal (Guttormsen, 2008). Det optimale sett med beslutningskriterier bestemmes i en optimeringsmodell hvor hensikten er høyest mulig overskudd målt i nåverdi.

I praksis vil en rekke av beslutningskriteriene være gitt. Ofte er utsettene av fisk begrenset til vår- og sommerutsett. Slaktetidspunktet bestemmes av en rekke faktorer som ikke fanges opp den matematiske modellen som risiko for kjønnsmodning, MTB-grenser, evne til å møte kundenes behov for jevne leveranser, samt krav til brakklegging osv. Rotasjonsproblemet blir da begrenset.

Lusesmittemodell: Lusesmittemodeller tar ofte utgangspunkt i matematiske modeller for lusevekst- og dødelighet, samt smitte til vertsorganismer. Slike modeller må fange opp både lakselusens biologi og påvirkninger på vertsorganismer. Lakselusen *Lepeophtheirus salmonis* går gjennom flere morfologiske livsyklustadier (Stien et al., 2005; Torrissen et al., 2013). Fastsittende modne hunnlus produserer egg som klekker til nauplielarver som lever i vannmassene. Lusa går gjennom tre planktoniske nauplie- og kopepodittstadier for den fester seg til laksen i fastsittende parasittiske stadier. I denne fasen går lusa gjennom 4 chalimus- og 2 preadultstadier før den blir en voksen fastsittende lakselus. Lakselusen skader oppdretts- og vill laksefisk ved å beite på fiskens skinn og blod (Fjelldal et al., 2022; Misund, 2018b; Torrissen et al., 2013).

Vekst og overlevelse av lakselusen (populasjonsdynamikk) påvirkes av en rekke faktorer som størrelse på populasjon, antall verter, sjøtemperatur, alder, avstand til verter, tid på året, saltholdighet osv. (Dalvin et al., 2020; Hamre et al., 2019; Kragesteen et al., 2021; Mordue & Birkett, 2009; Samsing et al., 2016; Stien et al., 2005; Torrissen et al., 2013). Stien et al. (2005) beskriver en modell for populasjonsdynamikk av lakselus. En av de viktigste faktorene som styrer utviklingen av lakselus er sjøtemperatur. Økende sjøtemperatur har en kraftig akselererende effekt på lakselusesmitte ved at lengden på de 10 utviklingsstadiene lakselusen går gjennom blir kortere i tid samt at eggproduksjonen til den modne hunnlusen blir hyppigere (Hamre et al., 2019; Samsing et al., 2016; Stien et al., 2005). Andelen egg som klekket er høyere ved 15-20 °C enn lavere sjøtemperaturer (Samsing et al., 2016). Samme studie viste at infeksjonssuksessen til lusen var mer enn 10 ganger høyere ved temperaturer på 10 og 20 °C enn ved 5 °C. Klekkefrekvensen på lakselusegg er 4,2 ganger høyere, og den samlede eggproduksjonen 3 ganger høyere, ved 18 °C enn ved 6 °C (Hamre et al., 2019). Forkorting av utviklingstiden kan føre til at høye sjøtemperaturer fører til mer lokal smitte mens lave sjøtemperaturer gir lavere smittepress, men over et større geografisk område (Hamre et al., 2019).

Tabell 4.3, hentet fra Hamre et al. (2019) under viser utviklingstiden fra infeksjon på laksen og til lakselusen er kjønnsmoden. For å regne ut lengden på hele livsyklusen må en i tillegg ta med klekketid for lakseluseggene, samt tiden mellom klekking av det første nauplietadiet til det kopepodittstadiet som infiserer verten.

Tabell 4.3. Utviklingstid mellom infeksjon og moden lakselus, og eggklekkefrekvens og eggproduksjon hos modne hunnlus. Kilde: Hamre et al. (2019), avrundet til nærmeste heltall.

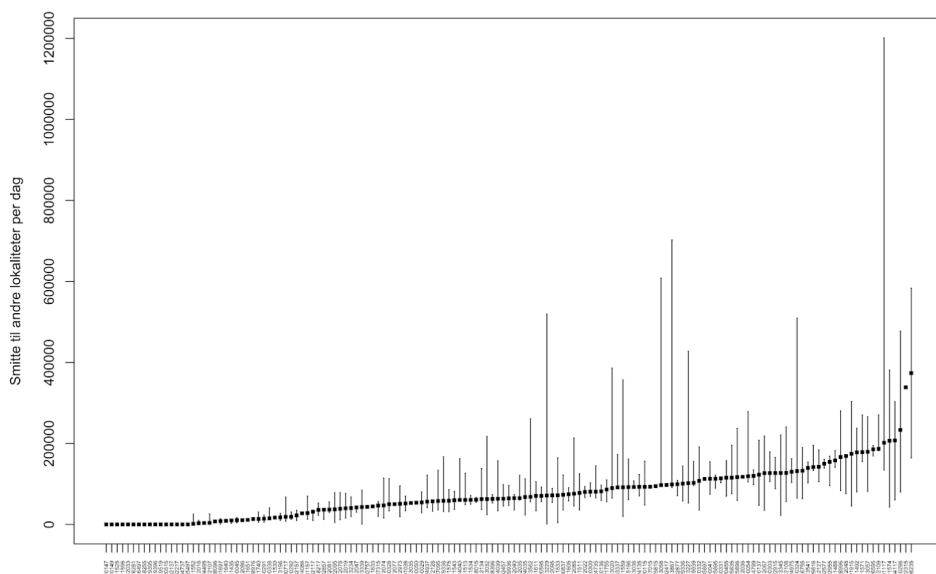
Sjøtemperatur °C	Antall dager mellom infeksjon og adult		Klekkfrekvens (dager mellom klekking)	Eggproduksjon (egg/dag/lus)
	Hannlus	Hunnlus		
3	110	135		
6	55	72	17	29
9	37	43		
12	23	29	6	81
15	16	21		
18	13	16	4	91
21	11	13		

I tillegg må en også modellere suksessen lakselusen har med å feste seg til vertsorganismen. Studier på andre larveorganismer viser at generelt er overlevelsen til planktoniske larver lav (Thorson, 1950) og avtar over tid (Graham et al., 2008).

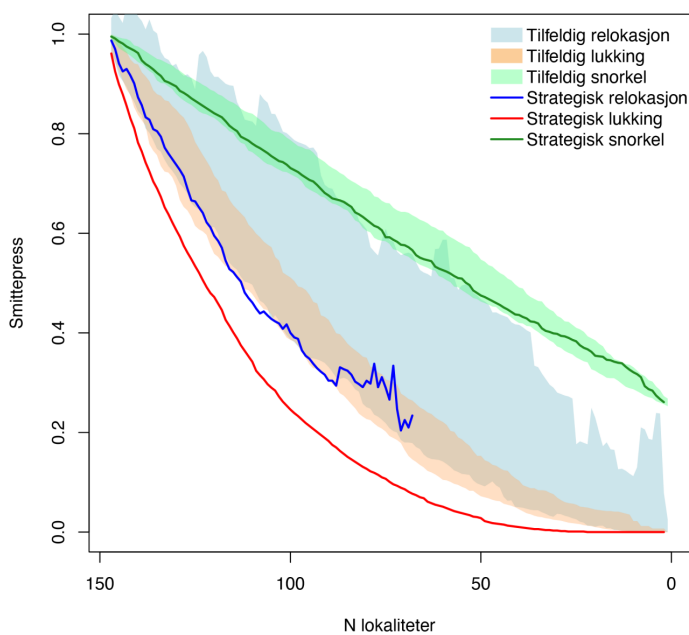
Matematiske modeller for populasjonsdynamikk og smittepress av lakselus er kompliserte, se f.eks. Stien et al. (Stien et al., 2005). I vår modell som også omfatter en bioøkonomisk modell for vekst og overlevelse er oppdrettslaksen, samt bedriftsøkonomisk investeringsanalyse og samfunnsøkonomiske verdikjedeeffekter, har vi forenklet populasjons- og smittedynamikken til lakselusen.

Infeksjonsmodell: Vi har valgt en forenklet smittemodell for lakselus. Flere studier av produksjonsområder 3 og 4 viser at det er områdene er inndelt i smittenettverk og at lokaliteter vil ha forskjellig bidrag til det totale smittepresset av lakselus (Huserbråten, Ådlandsvik, Bergh, Grove, et al., 2020; Huserbråten, Ådlandsvik, Bergh, & Johnsen, 2020; Huserbråten, Ådlandsvik, Øivind, et al., 2020).

Figur 4.16 (fra Figur 5 side 20 i Huserbråten et al. (2020)) viser at smittepresset fra lokalitetene til andre lokaliteter i PO3 varierer mellom medianverdier på 0 og 400.000 pelagiske lakselus per dag. Denne heterogeniteten i smittepress tilsier at en strategisk reduksjon av smittepress, enten ved å bruke teknologi med redusert eller fravær av lakselus eller omstrukturering av lokaliteter, vil være mer effektivt enn en tilfeldig «lukking» av lokaliteter eller endring av lokalitetsstruktur. Figur 4.17 viser at analysene til Huserbråten et al. (2020) bekrefter dette.



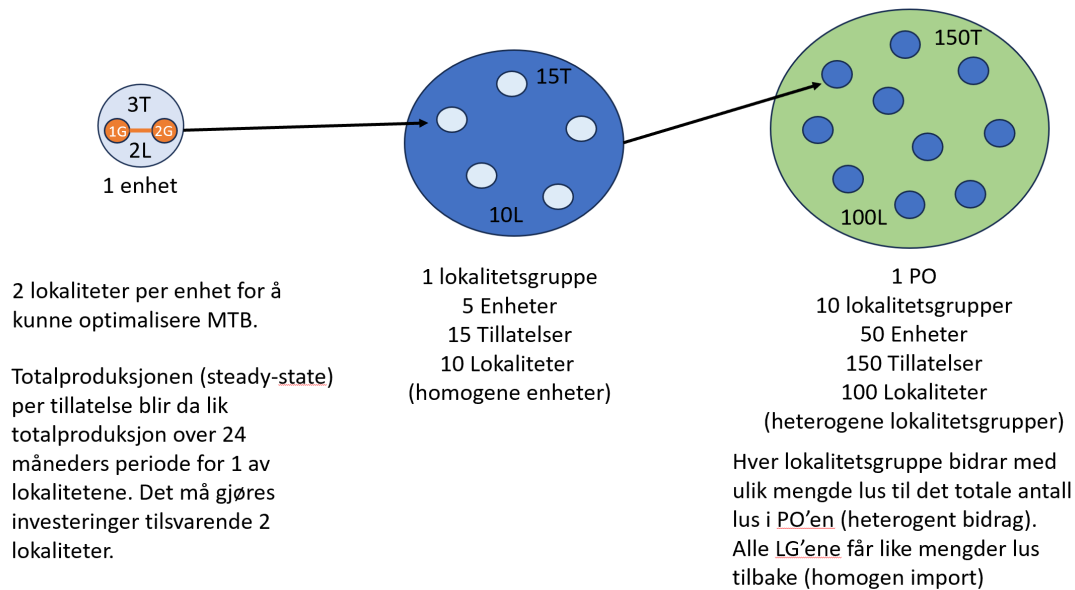
Figur 4.16: Smitte av pelagiske lakselus fra enkeltlokaliteter. Kilde: Huserbråten et al., (2020).



Figur 4.17: Endring i totalt smittepress mellom lokaliteter ved ulike strategier som endring av lokalitetsstruktur, lukking og bruk av snorkelmerder, enten tilfeldig eller ved å velge de lokalitetene som har høyest smittepress som vist i Figur 8.4. Kilde: Huserbråten et al., (2020).

I vår modell er resultatene fra Huserbråten et al. (2020) fanget opp på følgende måte. Et tenkt produksjonsområde har 100 lokaliteter som deles inn i 10 lokalitetsgrupper, som hver inneles i 5 enheter som består av 2 enkeltlokaliteter. Inndelingen i enheter som består av 2 lokaliteter siden en selskapstillatelse brukes på flere lokaliteter. Dette gjøres for å kunne øke kapasitetsutnyttelsen av selskapstillatelsene siden en produksjonssyklus i sjø varer mer enn 1 år, opptil 2 år inkludert minimum 2 måneders brakklegging. Vi omtaler kapasitetsutnyttelsen av selskapstillatelser lenger ned i teksten.

Hver enhet er tilkoblet 3 selskapstillatelser. Den modellerte lokalitetsstrukturen er beskrevet i Figur 4.18.



Figur 4.18: Lokalitetsstruktur i regneeksempelet.

Investeringsanalyse: Disse analysene forteller oss hvor lønnsom et investeringsprosjekt vil være sett fra ståstedet til en bedrift. Fordelen med investeringsanalyser er at de er fremoverskuende og gjør det mulig å sammenligne ulike investeringsbeslutninger, f.eks. valget mellom å investere i fortsatt åpen merdteknologi eller alternative produksjonsteknologier som semi-lukkede anlegg eller nedsenkbare anlegg. Siden fokuset her er på økonomien i konverteringer mellom åpne og lukkede anlegg ser vi bort fra elementer som er lik for de to investeringsalternativene, f.eks. kjøp av selskaps-MTB.

Vi analyserer de økonomiske effektene av lukking av enkeltlokaliteter på følgende måte. Utgangspunktet er en bioøkonomisk modell for produksjon av laks over en produksjonsyklus på 18-24 måneder. Vekstraten til fisken varierer med sjøtemperatur og fiskestørrelse, og fôrfaktoren øker med fiskens vekt. Det anvendes to bioøkonomiske modeller, en for produksjon i åpne merder og en for lukkede anlegg. Det som skiller de to modellene, er dødeligheten. Totaldødelighet er summen av en baseline dødelighet og avlusningsdødelighet, hvor sistnevnte bestemmes av antall avlusninger.

Kapasitetsutnyttelse er en viktig driver av lønnsomheten i oppdrettsanlegg. De mest produktive selskapene klarer å produsere mellom 1,5-2,0 tonn laks og ørret per tonn MTB. En slik kapasitetsutnyttelse fordrer imidlertid at selskapene besitter en konfigurasjon av lokaliteter, selskaps-MTB, muligheter for mange utsett, variasjon i smoltstørrelse, samlokalisering, selskapsamarbeid, interregional-MTB-fleksibilitet o.l. som gjør en slik optimalisering mulig. Et selskap med 1 selskapstillatelse og 1-2 lokaliteter har ikke muligheter til å oppnå en tilsvarende selskaps-MTB-utnyttelse som åpne anlegg i optimaliserte systemer har, spesielt ikke over en produksjonsyklus som dekker 2 kalenderår inkludert brakklegging. Økonomiske analyser av etablering av produksjon med havbruk til havs-teknologi viser at det er svært utfordrende å komme opp i kapasitetsutnyttelser på samme nivå som innaskjærs (Heskestad et al., 2023; Tveterås et al., 2021; Utror Industry Handbook, 2023). Ifølge Utror Industry Handbook (2023, side 101):

«I videre analyser legger vi derfor til grunn et produksjonsvolum på 1,5 ganger MTB for kystnært oppdrett. På grunn av andre driftsmodeller og operasjonsfilosier vil ikke disse mekanismene gjøre seg gjeldende på samme måte for havbruk til havs og landbasert oppdrett, og vi legger derfor til grunn et årlig produksjonsvolum på 0,8 ganger MTB. Ettersom både HTH og landbasert oppdrett er på et tidlig utviklingsstadium, er det knyttet større usikkerhet ved denne antagelsen.»

Analysen av konverteringer mellom åpen og lukket MTB må derfor også ta hensyn til hvilken kapasitetsutnyttelse som faktisk er mulig, både for eksisterende selskaper og for nyetablerere. Hvis en høy kapasitetsutnyttelse fordrer at selskapene bruker flere lokaliteter må investeringsanalysene ta høyde for det. Vi utdyper dette punktet i vedlegget til dette kapitlet. I analysen under antar vi at selskapet investerer i lukkede anlegg på to lokaliteter og driften er basert på 3 selskapstillatelser (3 x 780 tonn MTB) fordelt på de to lokalitetene, hvor det settes ut smolt på vårparten på de to lokalitetene annethvert år. Vedlegget diskuterer andre muligheter for økt kapasitetsutnyttelse, slik som bruk av postsmolt og høstutsett. I tillegg vil enkelt større selskaper ha muligheter for å anvende interregionale MTB-tak for ytterligere lokalitetsoptimering. Våre analyser fanger ikke opp effektene av den disse elementene.

Antall avlusninger bestemmes av lusepopulasjons- og smitte modellen. Smittepresset på de gjenværende lokalitetene med åpen merdteknologi vil avta når enkeltlokaliteter lukkes.

Lukket teknologi er fortsatt under utvikling, og en kan forvente en fallende kostnadskurve over tid etter hvert som innovasjoner bidrar til reduserte enhetskostnader. Vil forvente at etter hvert som teknologien modnes og utprøves vil kostnadene falle. Kostnader fra nåværende konsepter er ikke nødvendigvis beskrivende for den fremtidige lønnsomheten. For å fange opp effekter knyttet til teknologiusikkerhet kjører vi sensitiviteter med ulike avkastningskrav.

Samfunnsøkonomisk analyse: Investeringsmodellene beskriver de bedriftsøkonomiske effektene av teknologivalg. Den samfunnsøkonomiske analysen kombinerer verdiskaping i matfiskleddet (som er et resultat av den bedriftsøkonomiske analysen) med verdiskaping og ringvirkningseffekter i andre deler av verdikjeden for havbruk (Tabell 8.3). Denne modellen vil også fange opp effektene på de gjenværende lokalitetene med åpen teknologi av at enkeltlokaliteter lukkes.

Tabell 4.5: Verdiskaping (kr/kg, 2023-kroner). Kilder: Egne beregninger basert på Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse (matfisk og settefisk) og Johansen m.fl., 2021 (verdikjede og ringvirkninger)

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

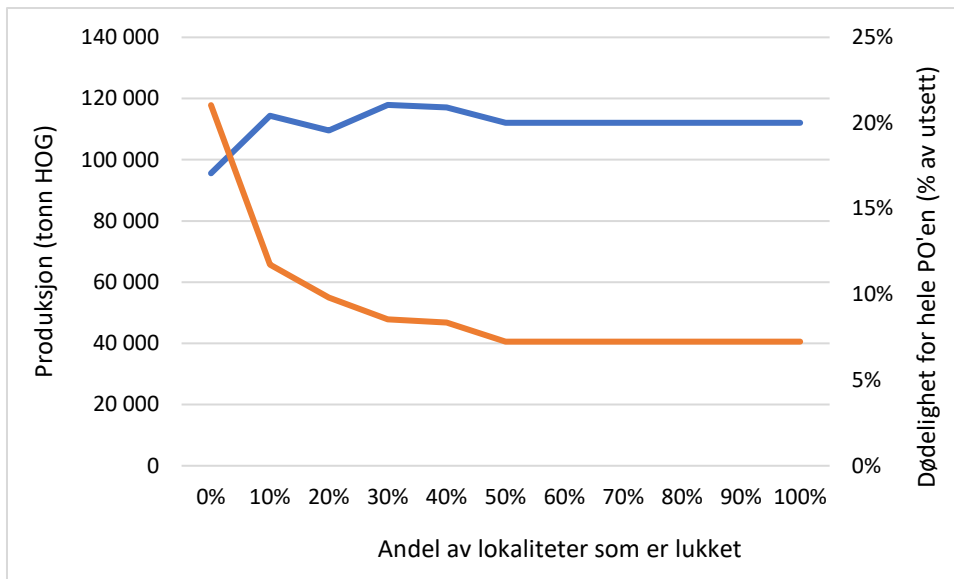
Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten beregnes som summen av verdiskaping i matfisk, settefisk og i andre deler av verdikjeden, samt ringvirkningseffekter.

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

I den samfunnsøkonomiske analysen tar vi også med effektene i andre deler av verdikjeden samt ringvirkningseffekter (se Tabell 4.5). En fullstendig samfunnsøkonomisk analyse bør ha med eksterne virkninger. Det gjelder både positive og negative eksternaliteter. I havbruk er det ofte de negative eksternalitetene fra smitte av lakselus og sykdom fra oppdrett til villaks, samt de negative effektene av rømt oppdrettslaks på villaksstammer som fremheves som de viktigste eksternalitetene. Lukking av oppdrettsanlegg vil redusere smittepress av lakselus på villaksen. Vi har også lagt til grunn at den semi-lukkede teknologien som anvendes har dobbel rømningsikring. I tillegg vil lukkede anlegg kunne samle opp sedimentert organisk materiale. Samfunnets kostnader med lukkede anlegg vil derfor være lavere enn med åpne anlegg. På den andre siden vil lukkede anlegg bruke mer energi. Samtidig kan produksjon i semi-lukkede anlegg gi lavere fôrfaktor og dermed mer effektiv utnyttelse av fôrressurser, og for havbruk er produksjon av fiskefôr en av de største kildene til klimagassutslipp. Samfunnets totale kostnader fra eksterne virkninger er derfor svært vanskelig å estimere. Men, når det gjelder lus, sykdom og rømning er det grunn til å anta lavere kostnader for samfunnet med lukkede fremfor åpne merder. Av den grunn vil våre analyser tendere til å gi for høyt bidrag til total samfunnsøkonomisk lønnsomhet fra åpne anlegg, og for lavt fra semi-lukkede anlegg.

Imidlertid vil vår modell fange opp de positive effektene lukking av enkeltlokaliteter har på de resterende lokalitetene med åpen merdteknologi, dvs. effektene av tiltak mot negative eksternaliteter knyttet til lakselus.

Under presenterer vi resultatene av modelleringen av den biologiske performance, samt bedrifts- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved ulik grad av lukking av lokaliteter i et tenkt produksjonsområde. Figur 4.19 viser at den totale produksjonen i produksjonsområdet øker betydelig ved lukking av 10% av lokalitetene, men at ytterligere lukking har marginale effekter etter dette. Det er avtagende marginaleffekter av lukking. Videre ser vi at den totale fiskedødeligheten faller med økende lukking, men effekten er størst for lukking av de første 10 av lokalitetene, og at effektene er marginale etter dette. Også her er det avtagende marginaleffekter (*diminishing returns*).



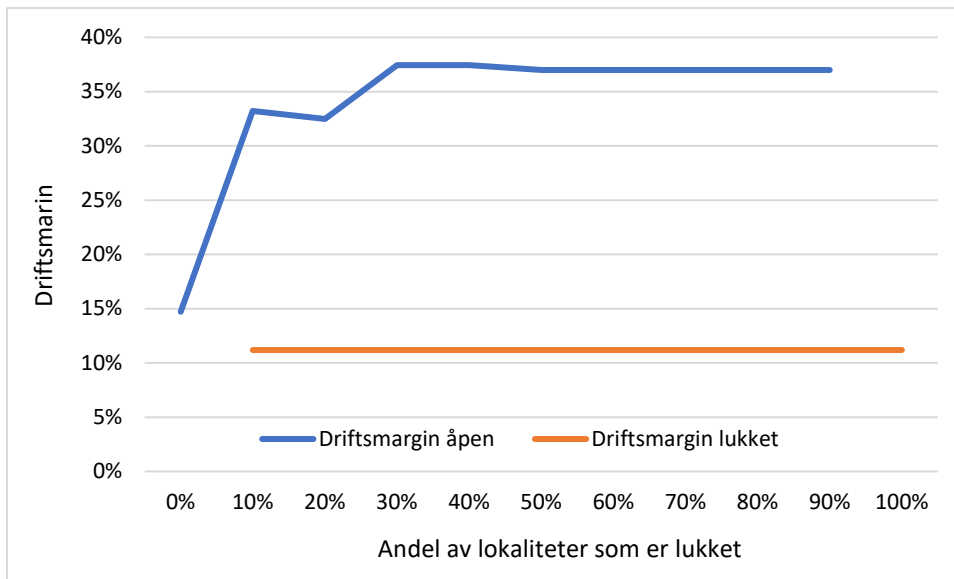
Figur 4.19: Produksjon og fiskedødelighet med økende andel av lokalitetene som lukkes.

Igjen vil vi peke på at dette er resultatene fra en konseptuell modell og resultatene må tolkes med forsiktighet.

Figur 4.20 viser at driftsmarginen for lukkede anlegg er lav, noe som skyldes at denne type merdteknologi er kapitalkrevende og har vesentlig høyere kapitalkostnader enn åpne merder. I våre modeller har lukkede anlegg lavere dødelighet og bedre biologisk performance enn åpne anlegg i samme produksjonsområde, men dette er ikke tilstrekkelig for å kompensere for den negative effekten av de økte kapitalkostnadene.

Vår modell er basert på et produksjonsområde med ca. 20% fiskedødelighet (før lukking). Figur 4.17 viste fallende dødelighet i hele produksjonsområde med økende grad av lukking, som resulterte i økt produktivitet og produksjon. Figur 4.18 viser at disse effektene forbedrer lønnsomheten i de åpne merdene selv med bare lukking av 10% av lokalitetene. Resultatene viser at eierne av åpne merdanlegg nyter godt av delvis lukking av lokaliteten. Med andre ord, de anleggene som ikke lukker sin produksjon høster en økonomisk gevinst som følge av den delvise lukkingen av lokaliteter. I vår modell doubles driftsmarginen med en 10% lukking. Ytterligere lukking gir kun marginale effekter på lønnsomheten. Årsaken er at en har tatt ut «de lavthengende fruktene» først, dvs. de lokalitetene som bidrar mest til det totale smittepresset i produksjonsområdet. De resterende åpne lokalitetene bidrar med mindre lusesmitte til de andre lokalitetene og fører til at det totale smittepresset faller.

Selv om driftsmarginen for lukkede anlegg er positiv betyr det ikke at investeringene er lønnsomme. Vi må også ta hensyn til selskapenes kapitalkostnader. Senere vil vi vise at nåverdien av å investere i lukkede anlegg i dette produksjonsområdet er negativt.



Figur 4.20: Driftsmargin for åpne og lukkede merder med økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket.

Produktivitetsforbedringene som delvis lukking gir fører til økt verdiskaping, men økningen er ikke monoton, men når en topp og er fallende etter dette med økende lukkegrad (Figur 4.21). Her er to effekter, den første er økt produksjon og redusert dødelighet som gir høyere lønnsomhet og verdiskaping, men motvirkes av en annen effekt som skyldes at lukkede anlegg har en lavere verdiskapingseffekt enn åpne fordi anleggstypen er kapitalkrevende og med lavere bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

Analysen over viser et eksempel på det fagøkonomer kaller *markedssvikt*. Investeringene i lukkede anlegg er ulønnsomme for bedriftene, men lønnsomt for samfunnet (gir økt verdiskaping, lavere fiskedødelighet og lavere smittepress av lus). Dette kalles tiltak som gir lavere *negative eksternaliteter*. Samfunnet, her eksemplifisert ved de andre åpne oppdrettsanleggene, oppnår høyere lønnsomhet og verdiskaping når lokalitetene i produksjonsområdet delvis lukkes. Vi så i Figur 4.20 at driftsmarginen til åpne anlegg ble doblet, fra 15% til over 30% når de 10% av lokalitetene som bidro mest til smittepresset av lus ble lukket. Denne økte lønnsomheten tilfaller utelukkende de åpne anleggene siden lønnsomheten til de lukkede anleggene ikke påvirkes av lusesmitte. De anleggene som investerer i de lukkede anleggene drar ikke nytte av den økte lønnsomheten i åpne merder, selv om det var de investeringene de gjorde som bidro til lønnsomhetsforbedringen. I en ideell verden skulle denne fordelingen vært priset inn i investeringsanalysen og beslutningen til de åpne anleggene. Nåverdien til investeringene i de lukkede anleggene var negative og det betyr at investeringen i henhold til finanst teori ikke skal gjennomføres, selv om kanskje den samfunnsøkonomiske verdiskapingen fra investeringen er positiv. Her skapes det et gap mellom det som er lønnsomt for bedriften og det som er lønnsomt for samfunnet. Myndighetene kan ha en rolle for å korrigere denne markedssvikten.

En vanlig læreboktilnærming for å korrigere for markedssvikten er å foreslå at det innføres en miljøeffekt på luseutslipp. Hvis luseavgiften utformes korrekt vil den skattlegge miljøskaden på en slik måte at bedriftene vil tilpasse seg slik at lusesmitten reduseres (mest for de lokalitetene med høyest

lusesmitte) og samfunnet innhenter samtidig et skatteproveny. Imidlertid er en korrekt utforming av luseavgifter svært krevende, og er avhengig av en rekke forutsetninger²⁷, slik som:

1. Avgiften må rettes mot den skadelige aktiviteten
2. Man må kunne måle/kontrollere det man avgiftsbelegger
3. Man må vite hvor høyt man verdsetter miljøgevinsten. Alternativt: Man må vite kostnaden ved miljøproblemet

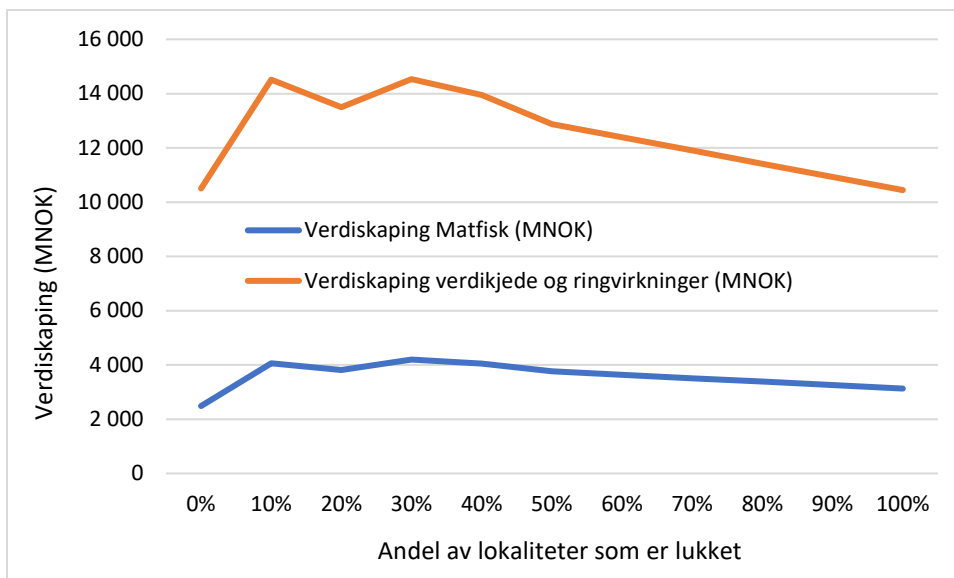
Imidlertid er utformingen av en luseavgift som effektivt skattlegger miljøskaden vanskelig. For det første vil miljøskaden fra lakselus variere geografisk (produksjonsområder, innenfor produksjonsområde) og gjennom året (vår/sommer for utvandrende villakssmolt, større deler av året for sjøørret). I tillegg kan mange av miljøutfordringene i havbruk, spesielt lakselus, karakteriseres som *non-point source pollution* (ikke-punktforurensning) (Jensen et al., 2024). Teoriene om miljøavgifter er utviklet med utgangspunkt i klassisk punkt-forurensning (*point source pollution*), dvs. forurensningen kommer fra et bestemt utslippspunkt og mengden og de økonomiske effektene av forurensningen kan enkelt måles. I følge en reviewartikkel av Xepapadeas (2011) er *non-point source pollution* (NPS) svært vanskelig å regulere eller skattlegge:

«the use of traditional environmental policy instruments such as emissions taxes or tradable quotas to regulate NPS pollution is very difficult»

I tillegg til at en luseavgift vil være svært vanskelig å utforme, være lite effektiv, vil avgiften ha noen negative samfunnsøkonomiske effekter ved at den fører til redusert produksjon, som både påvirker økonomien til oppdrettere negativt, men vil også ha negative effekter langs verdikjeden som følge av redusert aktivitet.

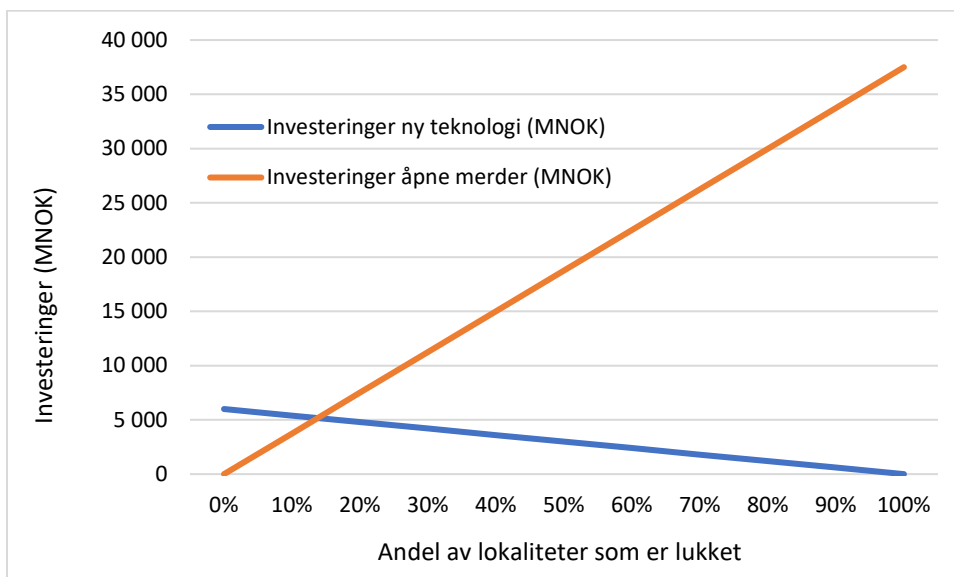
Gitt disse problemene med luseavgifter kan alternativet som er subsidier/risikoavlastning være, ihht. økonomisk teori, en relevant mekanisme som også kan redusere gapet mellom den bedrifts- og samfunnsøkonomiske lønnsomheten av investeringen. En riktig innrettet risikoavlastningsmekanisme kan gjøre at bedriftene tar beslutninger som også er lønnsomme for samfunnet. Det kan argumenteres for at risikoavlastningsordninger som stimulerer til økte investeringer i lukkede anlegg kan være enklere å innføre enn miljøavgifter på luseutslipp (se f.eks. Cojocar et al., 2023).

²⁷ Se Menonrapporten «Havbruk: Nye virkemidler for vern av miljø, bedre fiskevelferd, og økt verdiskaping» side 28: <https://www.menon.no/wp-content/uploads/2021-79-Nye-virkemidler-havbruk.pdf>



Figur 4.21: Verdiskaping i produksjonsområdet økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket. Konverteringsgrad = 1 (1:1 åpen til lukket MTB).

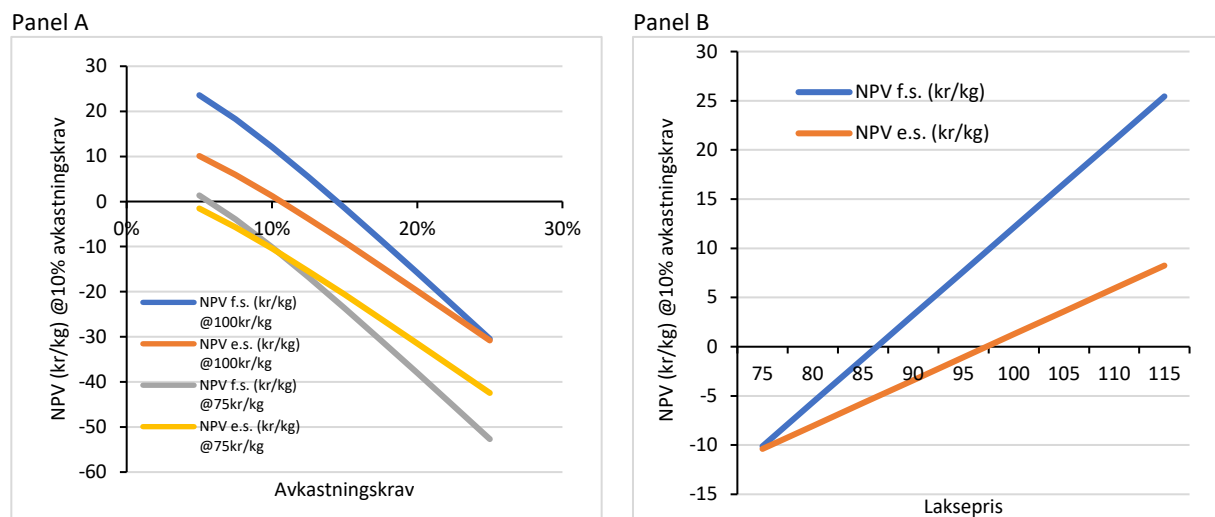
Figur 4.22 viser at hvis investeringene i lukkede anlegg gjennomføres vil det innebære en betydelig økning i investeringsnivået i produksjonsområdet siden lukket teknologi er langt mer kapitalkrevende enn åpne anlegg. Men, her er det viktig å bemerke at nåverdianalysen viser at investeringer i lukkede anlegg ikke er lønnsomme med den lakseprisforutsetningen, konverteringsraten og avkastningskravet som er valgt. I praksis betyr det at investeringene ikke blir gjennomført.



Figur 4.22: Verdiskaping i produksjonsområdet økende andel av lokalitetene i produksjonsområdet som er lukket (1:1 konvertering mellom åpen MTB og lukket MTB).

Figur 4.23 viser nåverdien av lukkede anlegg som funksjon av ulike avkastningskrav (Panel A) og laksepriser (panel B). Beslutningene tas av bedriftene basert på nåverdi etter skatt (NPV e.s.), mens nåverdi før skatt (NPV f.s.) viser lønnsomheten av investeringene for samfunnet. Analysene viser at

med en konverteringsgrad på 1, dvs. et 1:1 vekslingsforhold mellom åpen og lukket MTB vil lønnsomheten av lukkede anlegg være svak. Figur 4.23 Panel B viser at den langsiktige lakseprisforventningen må være over 100 kr/kg sløydevekt for at investeringer i lukkede anlegg er bedriftsøkonomisk lønnsomme med et avkastningskrav på 10%. Figur 4.23 Panel A viser investeringslønnsomheten for lukkede anlegg som funksjon av avkastningskrav. Figuren viser at kun med et avkastningskrav under 10% vil investeringene i lukkede anlegg være lønnsomme.

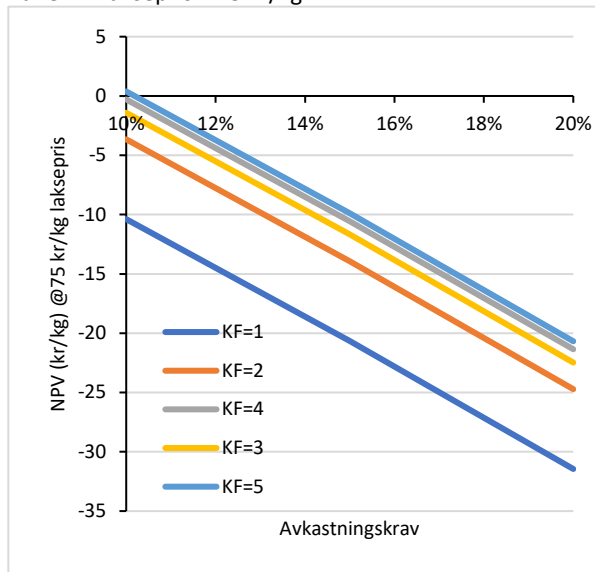


Figur 4.23: Nåverdi av lukkede anlegg med ulike avkastningskrav (Panel A) og laksepriser (panel B). Konverteringsgrad = 1 (1:1 konvertering mellom åpen MTB og lukket MTB).

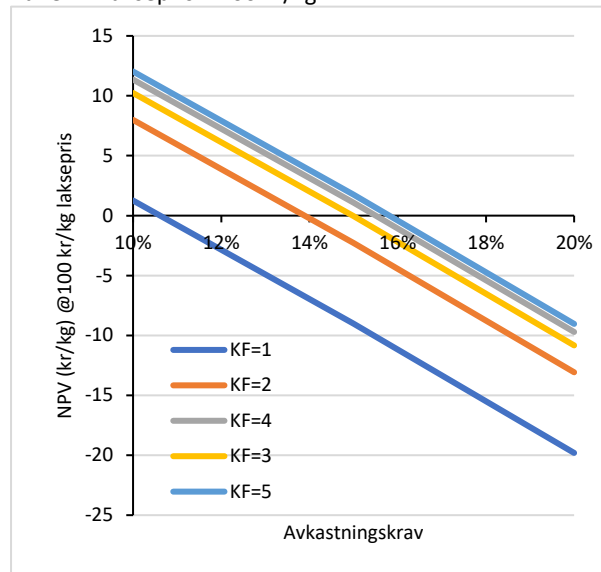
Det bør forventes at investorer anvender relativt høye avkastningskrav på investeringer i lukkede oppdrettsteknologi. I åpne anlegg vil avkastningskrav på mellom 7 og 10% være relevante (Folkvord et al., 2019; Misund, 2018a, 2018c; Misund et al., 2020; Misund & Nygård, 2018; Ruiz Campo & Zuniga-Jara, 2018). Investeringer i lukkede anlegg er preget av høyere teknologisk og biologisk usikkerhet, og avkastningskravet vil være høyere (Folkvord et al., 2019; Misund et al., 2020). Det finnes ikke offisielle estimater på avkastningskrav til ny akvakulturteknologi. Et avkastningskrav på 10% kan anses å være konservativt gitt den regulatoriske, teknologiske og biologiske usikkerheten. I delkapittel 4.3.1 ble det brukt et avkastningskrav på 12% for investeringer i lukkede anlegg. Gitt en høyere risiko ved investeringer i lav- eller nullutslippsteknologi bør lønnsomheten til semi-lukkede anlegg bør derfor vurderes med ulike avkastningskrav mellom 10 og 20%.

Figur 4.24 viser investeringslønnsomheten til lukkede anlegg med avkastningskrav 10, 15 og 20% kombinert med konverteringsfaktorer på 1:1 – 1:5 mellom åpen og lukket MTB, og for laksepriser på 75 og 100 kr/kg HOG.

Panel A: Laksepris = 75 kr/kg



Panel B: Laksepris = 100 kr/kg



Figur 4.24: Nåverdi av lukkede anlegg med ulike konverteringsrater

Konklusjoner fra denne numeriske studien viser at delvis lukking av et produksjonsområde kan:

- Gi økt lønnsomhet for de selskapene som ikke investerer i lav/nullutslippsteknologi
- Gi redusert avlusningsdødelighet for selskaper som ikke bruker lav/nullutslippsteknologi
- Gir økt verdiskaping for hele verdikjeden opp til et vist punkt

6 REFERANSER

- Bjørndal, T. (1988). Optimal Harvesting of Farmed Fish. *Marine Resource Economics*, 5(2), 139–159.
<https://doi.org/10.1086/mre.5.2.42628926>
- Bjørndal, T., & Tusvik, A. (2018). *Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett* (SNF-Rapport 07/18).
- Cojocar, A. L., Jensen, F., Nielsen, R., Pincinato, R. B., & Tveterås, Ragnar. (2023). A Flexible Policy Instrument to Encourage Externality Abatement Technologies in Salmon Aquaculture. *Working Paper*.
- Dalvin, S., Are Hamre, L., Skern-Mauritzen, R., Vågseth, T., Stien, L., Oppedal, F., & Bui, S. (2020). The effect of temperature on ability of *Lepeophtheirus salmonis* to infect and persist on Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*, 43(12), 1519–1529. <https://doi.org/10.1111/jfd.13253>
- Fjelldal, P. G., Fraser, T. W. K., Hansen, T. J., Karlsen, Ø., & Bui, S. (2022). Effects of laboratory salmon louse infection on mortality, growth, and sexual maturation in Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science*, 79(5), 1530–1538. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac078>
- Folkvord, B., Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Nystøyl, R., & Rolland, K. H. (2019). *Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag Delrapport 1*. UiS Scholarly Publishing Services. <https://doi.org/10.31265/usps.15>
- Graham, E. M., Baird, A. H., & Connolly, S. R. (2008). Survival dynamics of scleractinian coral larvae and implications for dispersal. *Coral Reefs*, 27(3), 529–539. <https://doi.org/10.1007/s00338-008-0361-z>
- Grønvik, O., & Grunfeld, Leo. A. (2022). *Kostnaden av lukket oppdrettsteknologi* (Menon Rapport).
- Guttormsen, A. G. (2008). Faustmann in the Sea: Optimal Rotation in Aquaculture. *Marine Resource Economics*, 23(4), 401–410. <https://doi.org/10.1086/mre.23.4.42629671>

- Hamre, L., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R., & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24°C. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 429–443. <https://doi.org/10.3354/aei00320>
- Heskestad, A., Ludvigsen, T., Vagle, A., Tveterås, Ragnar, & Misund, B. (2023). *Mulighetsstudie for norskerenna sør (2023/09)*.
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G. L., Qviller, L., Dean, K. R., Jensen, B. B., & Johnsen, I. A. (2020). *Changed structure of production sites in production area 3—Valuation of impact on the spread of salmon lice, pancreas disease and infectious salmon anemia (In Norwegian: Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3—Vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi)*.
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., & Johnsen, I. A. (2020). *Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4—Med fokus på forholdene i Nordfjord-Frøysjøen (28–2020; Rapport Fra Havforskningen)*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48>
- Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Øivind, B., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G. L., Qviller, L., Dean, K. R., Jensen, B. B., & Johnsen, I. A. (2020). *Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3—Vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi (12–2020; Rapport Fra Havforskningen)*. Havforskningsinstituttet. <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2685851/RH%2b2020-12.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Jensen, F., Tveterås, Ragnar, & Nielsen, R. (2024). The Traffic Light System. Is it a Solution to a Nonpoint Pollution Problem? *Aquaculture Economics & Management*, *Forthcoming*.
- Kragesteen, T., Simonsen, K., Visser, A., & Andersen, K. (2021). Estimation of external infection pressure and salmon-lice population growth rate in Faroese salmon farms. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, 21–32. <https://doi.org/10.3354/aei00386>

- Misund, B. (2018a). Common and fundamental risk factors in shareholder returns of Norwegian salmon producing companies. *Journal of Commodity Markets*, 12, 19–30.
<https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2017.12.007>
- Misund, B. (2018b). Rensefisk. In *Store Norske Leksikon*. <https://snl.no/rensefisk>
- Misund, B. (2018c). Valuation of salmon farming companies. *Aquaculture Economics & Management*, 22(1), 94–111. <https://doi.org/10.1080/13657305.2016.1228712>
- Misund, B., Landazuri-Tveteraas, S., & Oglend, A. (2023). *Tiltak for å øke produksjonen av laks og ørret i Nordhordland*. NORCE Norwegian Research Centre.
<https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/3053738>
- Misund, B., & Nygård, R. (2018). Big Fish: Valuation of the World's Largest Salmon Farming Companies. *Marine Resource Economics*, 33(3), 245–261. <https://doi.org/10.1086/698447>
- Misund, B., Osmundsen, P., Tveterås, R., Folkvord, B., Nystøyl, R., & Rolland, K. H. (2020). *Grunnrenteskatt i havbruk – Et kunnskapsgrunnlag Faglig sluttrapport*. UiS Scholarly Publishing Services. <https://doi.org/10.31265/usps.46>
- Mordue, A. J., & Birkett, M. A. (2009). A review of host finding behaviour in the parasitic sea louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Caligidae: Copepoda). *Journal of Fish Diseases*, 32(1), 3–13.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.01004.x>
- Oglend, A., & Soini, V.-H. (2020). Implications of Entry Restrictions to Address Externalities in Aquaculture: The Case of Salmon Aquaculture. *Environmental and Resource Economics*, 77(4), 673–694. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00514-0>
- Ruiz Campo, S., & Zuniga-Jara, S. (2018). Reviewing capital cost estimations in aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 22(1), 72–93.
<https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1300839>
- Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Johnsen, I., Vågseth, T., & Dempster, T. (2016). Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow

- universal models of temperature dependence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(12), 1841–1851. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0050>
- Stien, A., Bjørn, P., Heuch, P., & Elston, D. (2005). Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progress Series*, 290, 263–275. <https://doi.org/10.3354/meps290263>
- Thorson, G. (1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews*, 25(1), 1–45. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1950.tb00585.x>
- Thyholdt, S. B. (2014). The importance of temperature in farmed salmon growth: Regional growth functions for Norwegian farmed salmon. *Aquaculture Economics & Management*, 18(2), 189–204. <https://doi.org/10.1080/13657305.2014.903310>
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E., & Jackson, D. (2013). Salmon lice—impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 36(3), 171–194.
- Tveterås, Ragnar, Bruland, G., Bryde, M. H., Handeland, S., Misund, B., Nilsen, A., & Solberg, T. (2021). *Bærekraftig vekst med lukkede anlegg i sjø* (Stiim Aquacluster Rapport 01/21). <https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2021/04/Stiim-Rapport-Flytende-Lukket-Oppdrett-i-sjo.pdf.pdf>
- Tveterås, Ragnar, Bryde, M. H., Bruland, G., Misund, B., Walde, C. S., Akbas, K. K., & Søndena, A. V. (2023). *Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk—Finnes det tilgjengelig areal for vekst?* (Stiim Aquacluster Rapport 03/23).
- Walde, C. S., Bang Jensen, B., Pettersen, J. M., & Stormoen, M. (2021). Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*salmo salar*) in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 44(7), 899–912. <https://doi.org/10.1111/jfd.13348>
- Walde, C. S., Bang Jensen, B., Stormoen, M., Asche, F., Misund, B., & Pettersen, J. M. (2023). The economic impact of decreased mortality and increased growth associated with preventing, replacing or improving current methods for delousing farmed Atlantic salmon in Norway.

Preventive Veterinary Medicine, 221, 106062.

<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.106062>

Walde, C. S., Stormoen, M., Pettersen, J. M., Persson, D., Røsæg, M. V., & Bang Jensen, B. (2022). How delousing affects the short-term growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 561, 738720. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738720>

Xepapadeas, A. (2011). The Economics of Non-Point-Source Pollution. *Annual Review of Resource Economics*, 3(1), 355–373. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-083110-115945>

Oversikt over møter og samtaler i prosjektet

23.02.2023: Møte med oppdrettere arrangert av Mattilsynet i Bergen. Presentasjon av prosjektet, spørreundersøkelse (Slido)

24.03.2023: Møte i Knarvik med oppdrettere og forvaltning

20.04.2023: Foredrag på åpent formøte Litteraturhuset i Bergen

21.04.2023: Workshop i Bergen med oppdrettere og forvaltning med fokus Nordhordland og ytre Sogn

27.04.2023: Workshop i Florø med oppdrettere og forvaltning med fokus på Nordfjord og Sunfjord

05.05.2023: Foredrag på Hardangerfjordseminaret med presentasjon av prosjektet

16.05.2023: Workshop i Rosendal med oppdrettere og forvaltning med fokus på Sunnhordaland og Hardanger

23.08.2023: Frokostseminar med HI på AquaNor, presentasjon av prosjektet og foreløpige resultater

25.10.2023: Møte på Thon Hotel Flesland med noen oppdrettere for å diskutere konkrete case

02.11.2023: NCE Bergen, presentasjon av prosjektet – kort foredrag

14.11.2023: AquaNext konferansen, foredrag for ca. 300 deltagere og fiskeriministeren

08.12.2023: Tekmar Trondheim, foredrag om funn i prosjektet

14.12.2023: Bergen, HI Pynten. Presentasjon av våre funn og siste innspillsmøte

06.02.2024: Bergen. Presentasjon av konklusjonene i prosjektet for Vestland fylkeskommune

Frisk fisk



Sunne dyr



Trygg mat



Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!



Veterinærinstituttet
— Norwegian Veterinary Institute

Ås

Trondheim

Sandnes

Bergen

Harstad

Tromsø

postmottak@vetinst.no
www.vetinst.no