

FHF – 901652

~

Vurdering av luseskjørtets effekt basert på geografiske og lokalitetsspesifikke ulikheter

~

Beste praksis for bruk av luseskjørt



Dette er en blank side

Rapporttittel

FHF 901652 - EFFEKTIV – Beste praksis for bruk av luseskjørt

Forfatter(e):

Bård Harald Worum
Ola Kvaal Brandshaug
Sondre Veberg Larsen

Akvaplan-niva rapport: 2022 62335.01

Dato: 01-03-2022

Antall sider: 68

Distribusjon:
Offentlig

Oppdragsgiver:

FHF - Fiskeri- og Havbruksnæringens
forskningsfinansiering

Oppdragsgivers referanse

Kjell Maroni

Sammendrag

Prosjektet omfatter en beskrivelse av praktisk bruk av luseskjørt, basert på intervjuer av et bredt utvalg av deltagere fra oppdrettsnæringen og dens leverandører samt et studium av tilgjengelig litteratur. Materialet er bearbeidet av en arbeidsgruppe, og det er avdekket viktige funn som er av betydning for god bruk av luseskjørt. Resultatene er gruppert innenfor kategoriene strategiske forhold, driftsmessige forhold, eksponering og miljøforhold, fiskehelse og effekt. De omfatter dermed både ytre og indre faktorer som er av betydning for hvilken effekt som kan hentes ut av teknologien, alene eller i kombinasjon med andre forebyggende metoder mot lakselus.

Arbeidspakkeleder



Bård Worum

Prosjektleder og kvalitetskontroll



Albert K. D. Imsland

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	4
2	MATERIALE OG METODE.....	5
2.1	Kvalitative intervjuer	5
2.2	Litteraturstudium	7
3	RESULTATER.....	9
3.1	Strategiske forhold.....	9
3.1.1	Teknologisk beslutning	9
3.1.2	Deling av brukererfaringer	10
3.1.3	Vask og vedlikehold	11
3.1.4	Teknisk utvikling.....	13
3.1.5	Komplementerende metoder	14
3.1.6	Fôringsstrategi	14
3.1.7	Egne metodiske utprøvinger.....	15
3.2	Driftsmessige forhold	16
3.2.1	Materialvalg og design	16
3.2.2	Produktdokumentasjon	19
3.2.3	Opplæringsplaner og driftsrutiner	19
3.2.4	Påmonteringstidspunkt og brukstid	20
3.2.5	Av- og påmontering i produksjonsyklusen.....	21
3.3	Eksponering og miljøforhold.....	23
3.3.1	Strøm, bølger og vind	23
3.3.2	Oksygenforhold	24
3.3.3	Avrenning av ferskvann og sprangsjikt	25
3.3.4	Endringer i miljøtilstand (resipient)	26
3.4	Fiskehelse	27
3.4.1	Dødelighet	27
3.4.2	Skinnehelse og sårdannelse	27
3.4.3	Gjelleproblematikk	27
3.4.4	Predatorer, alger og maneter.....	28
3.4.5	Biomasse, tetthet og appetitt.....	28
3.4.6	Rensefiskens velferd.....	28
3.5	Effekt	30
4	LITTERATURSTUDIUM	32
4.1	Hydrodynamikk	32
4.1.1	Observert hydrodynamikk	32
4.1.2	Målinger av hydrodynamikk	32
4.1.3	Hydrografisk påvirkning på hydrodynamikk	33
4.2	Teknisk, krefter og løfting av skjørt	33
4.3	Oksygenforhold	34
4.3.1	Studier med lave oksygenverdier	34
4.3.2	Studier med gode oksygenverdier	34
4.3.3	Andre forhold som kan påvirke	34
4.4	Egenskaper lus.....	35
4.4.1	Døgnmessig variasjon (diurnalt mønster)	35
4.4.2	Salinitet.....	35
4.4.3	Temperatur.....	35

4.4.4	Spredningsmodeller og mulig seleksjon.....	36
4.5	Effekter skjørt.....	36
4.5.1	Studier som viser til effekt	36
4.5.2	Studier som viser begrenset/ fraværende effekt	36
4.6	Effekter av skjørt og andre preventive tiltak	37
4.6.1	Manipulering av svømmedyp	37
4.6.2	Rensefisk og luseskjørt.....	38
4.7	Hva påvirker effekten?	38
4.7.1	Variasjoner gjennom sesong og produksjonssyklus.....	38
4.7.2	Vertikal plassering av lus og laks	38
4.7.3	Variasjoner i effekt mellom lokaliteter.....	39
4.7.4	Skjørtedybde	39
4.7.5	Komplementær metode	39
4.7.6	Dynamisk strategi.....	39
5	DISKUSJON	40
6	KONKLUSJON.....	48
7	LITTERATURLISTE.....	51
8	VEDLEGG	57
8.1	Intervjuguide.....	57
8.1.1	Strategiske valg	57
8.1.2	Driftsrutiner	58
8.1.3	Fiskehelse	59
8.1.4	Effekt	60
8.1.5	Miljø	61
8.2	Oppsummering studier effekt.....	62
8.2.1	Studier for effekt av skjørt.....	62
8.2.2	Studier effekt av skjørt og andre preventive metoder.....	64

Forord

Etter ti år ser man fremdeles variasjoner i strategien rundt bruk av luseskjørt. Den praktiske bruken er adskillig mere tidseffektiv enn før, og vi hører stadig sjeldnere om skjørt som kasseres på grunn av håndtering eller for stor belastning fra bølger, strøm og vind. Dette skyldes både forbedrede materialer og sammenføyning av disse, men også en systematisk utvikling av metoder for korrekt håndtering. Luseskjørt har blitt en av de mest utbredte ikke-medikamentelle forebyggende metodene i norsk havbruk, men det er få publikasjoner som kan gi klare svar på hva den faktiske effekten er. Det har derfor vært vårt mål å innsamle den strategiske og praktiske erfaringen fra akvakulturnæringen, og sammenfatte en beskrivelse av god bruk av teknologien. Spredning av kunnskap, både innad i bedriftene og på tvers av disse, er essensielt for å hente ut all tilgjengelig effekt av en metode som har få negative konsekvenser.

Vi må overbringe en stor takk til alle oppdretterne og leverandørene som vi har hatt kontakt med i prosjektet. De har villig stilt opp til intervju og delt åpent av sine erfaringer. De har vist stor interesse overfor de andres besvarelser og kommet med forslag til hvordan man skal fortolke og sammenstille de innspillene som har kommet. Dette prosjektet er en gjenfortelling av næringas erfaring, og uten deres bidrag hadde det ikke vært mulig å gjennomføre dette prosjektet.

1 Innledning

Luseskjørt har vært brukt som ikke-medikamentell, forebyggende metode mot lakselus og skottelus siden 2010. Teknologien er blant få som ansees å være uten noen form for ukontrollerbar, negativ effekt på fiskehelse, rømningsfare eller miljø. Det har allikevel vært beskrevet variasjoner i både bruk og effekt, og vi har derfor i denne arbeidspakken hatt som mål å ekstrahere ut den praktiske erfaringen som gjør at vi kan optimalisere effekten av luseskjørt.

Arbeidspakken har omfattet:

1. Kvalitativt forskningsintervju av 26 aktører, med erfaring fra strategi og drift av oppdrettsanlegg, supplert med tjenestetilbydere og teknologileverandører.
2. Litteraturstudium av vitenskapelige publikasjoner om luseskjørt. Resultater fra intervjurunden ble vurdert opp mot hva som er dokumentert i litteraturen.

Som en del av leveransen har vi levert et foreløpig notat med hovedfunn, og basert på dette arrangert et webinar sammen med FHF for å diskutere våre funn. I webinarer ble fire deltagere utfordret til å innlede hvert sitt hovedtema, som ble etterfulgt av en åpen diskusjonsrunde. Arrangementet hadde om lag 90 påmeldte deltagere, og en god geografisk spredning.

Målet med arbeidspakken har vært å fremskaffe kunnskap om følgende hovedtema:

- Strategiske prosesser. Herunder innkjøp og beslutningsprosesser, design og teknisk utvikling, kunnskapsformidling, vask og vedlikehold.
- Driftsmessige erfaringer. Herunder praktisk bruk, montering og håndtering, produktdokumentasjon og opplæringssystemer.
- Eksponering og miljøforhold. Operasjonelle begrensinger, påvirkning på indre og ytre miljø
- Fiskehelse. Herunder dødelighet, rensefisk-velferd, biomassetetthet, predatorer, fysiske skader, patogener appetitt og adferd.
- Forventet og opplevd effekt, i form av egne utførte studier og registreringer.

På basis av dette har vi identifisert elementer som viser samsvarende og varierende praksis, og hvilke temaer som bør inngå i en konkretisering av satsningsområder for fremtidig forsknings og utviklingsarbeid.

2 Materiale og metode

For å vurdere erfaringer og den beste praksis innen bruk av luseskjørt har vi gjennomført kvalitative intervjuer av personer med erfaring fra bruk, håndtering og produksjon av luseskjørt, og så foretatt et studium av publisert litteratur innenfor temaet. Resultatene fra intervjuene er så bearbeidet og sammenlignet med relevant litteratur.

2.1 Kvalitative intervjuer

Intervjuene er gjennomført etter en metode beskrevet av Kvale og Brinkmann "Det kvalitative forskningsintervju"(2019). Metoden inneholder følgende elementer:

1. Tematisering
2. Planlegging av intervju
3. Gjennomføring av intervju
4. Transkribering av intervju
5. Analyse av besvarelse
6. Verifisering og validering av intervjubesvarelsene

Tematiseringene består av en identifisering av relevante tema for undersøkelsen. Prosjektgruppens sammensetting er av betydning for slik tematisering, og vi har derfor satt sammen en tverrfaglig gruppe bestående av rådgivere fra Akvaplan-niva AS med bakgrunn fra akvakulturforskning, fiskehelse, marin biologi og akvakulturteknologi. Herunder også fra produksjon av luseskjørt og drift av leverandørbedrift. Gruppen er supplert med en deltager fra en industripartner, som har erfaring fra driftsledelse og teknologiutvikling.

En intervjuguide ble utarbeidet for å avdekke respondentenes erfaringer fra innkjøp, leveranser, montering og drift med luseskjørt, se Vedlegg 8.1. Hovedtema i intervjuene var strategi rundt innføring av luseskjørt som preventiv metode, driftsmessige erfaringer, miljømessige forhold, fiskehelse og effekt. Vi ønsket at deltagerne skulle bidra med beskrivelser av sine erfaringer, metoder og prosedyrer for innkjøp, bruk, vask og vedlikehold. Vi ba dem også om å utdype operasjonelle begrensninger i forhold til bruk av luseskjørt, hvordan disse påvirket fiskehelsen, og både forventet og opplevd effekt. Spørsmålene var åpent formulert for å unngå at disse virket ledende, og for å strukturere besvarelsene ble de satt opp som hovedspørsmål og oppfølgende spørsmål. Intervjuguiden ble oversendt deltageren en tid forut for intervjuet.

Majoriteten av intervjuene ble gjennomført som digitale møter i Microsoft Teams, supplert av noen telefonintervjuer hvor dette har vært hensiktsmessig. Alle digitale intervjuer ble etter samtykke fra deltageren tatt opp og lagret, for på denne måten kunne kontrollere sitater og besvarelser. Notater ble tatt fortløpende under intervjuene og skrevet inn i intervjuguiden. Intervjuene er behandlet som konfidensielt materiale, deles ikke med uvedkommende utenfor prosjektgruppen og resultater fra besvarelsene presenteres anonymisert.

For å øke nytteverdien av informasjonen og korrigere for ulike geografiske forutsetninger, ble det valgt ut intervjudeltagere med spredning langs hele norskekysten, se Figur 1. Vi har deltagere med ulik yrkesbakgrunn, ulike roller i selskapene, store og små selskaper og en representativ spredning med hensyn til lokalitetenes eksponering. Vi har også valgt å inkludere selskap som har gått bort fra bruk av luseskjørt, for å avdekke hvilke forhold som fører til slike beslutninger. Gruppen er supplert med deltagere fra inspeksjons- og sertifiseringsorganer (iht. NS 9415), fiskehelsetjenester og servicestasjoner som utfører vedlikehold på luseskjørt og nøter. Vi har vært i kontakt med et utvalg av leverandører av luseskjørt, og de har bidratt med brukerhåndbøker og beskrivelser av sin produksjon og materialbruk.



Figur 1: Norgeskart med lokaliteter tilhørende de deltagende selskapene.

Antall intervjudeltagere avhenger av undersøkelsens formål, og basert på kombinasjonen av tid og ressurser samt loven om fallende utbytte (økt antall deltagere vil utover et gitt punkt tilføre stadig mindre ny kunnskap), valgte vi å holde antallet mellom 20 og 30. Vi har intervjuet 23 deltagere og deretter supplert med tre teknologileverandører.

Transkribering av den muntlige besvarelsen til tekst, og forberedelse av denne til analyse er utført enkeltvis for hver av deltagerne i etterkant av intervjuene, og denne er så sammenfattet i en matrise hvor de ulike besvarelsene kan sammenlignes. Besvarelsene har som oftest ulik form og ulikt innhold, og må derfor analyseres slik at fellestrekk og sprikende funn identifiseres.

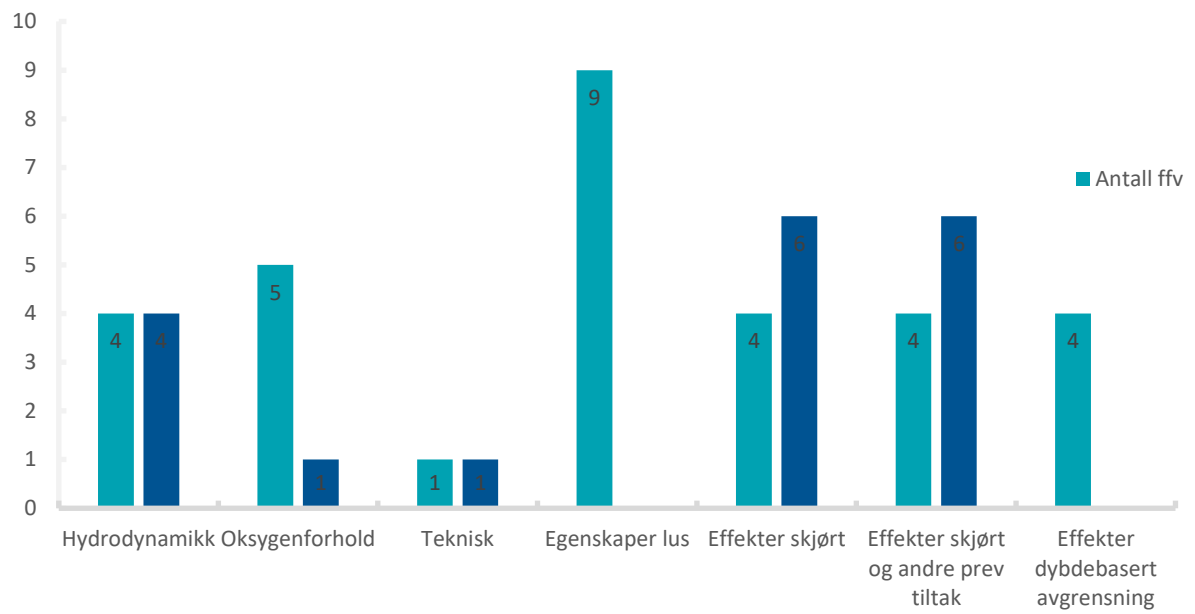
Analysene er utført av Akvaplan-nivas prosjektdeltagere, og det har vært foretatt gjenintervjuing av spørsmål og besvarelser som trengte spesifisering.

Vi fikk anledning til å presentere og diskutere våre funn i et FHF-webinar midtveis i prosjektet. I dette arrangementet ble foreløpige resultater presentert, og fire innledere fikk presentert hver sin hovedkategori. Det ble så åpnet for en åpen diskusjonsrunde, hvor deltagerne kunne stille spørsmål muntlig eller i et kommentarfelt. Akvaplan-niva AS var sekretariat og sammenfattet et notat av innspillene som har vært brukt videre i analysen.

Intervjubesvarelsene og analysen er verifisert og validert, for å unngå en skjev fortolkning av hvem – hvorfor – hvordan. Vi har forsøkt å finne våre feilkilder i materialet og hatt som ett av våre mål å se om funnene er generaliserbare og om besvarelsene er objektive. I rapporteringen forsøker vi å identifisere om våre spørsmål er relevante for intervjudeltageren og om besvarelsene og funnene er samsvarende eller sprikende. Enkeltobservasjoner er tillagt like høy verdi som de samsvarende beskrivelsene, og vi presenterer derfor i resultatene også elementer som understøttes av få observasjoner – men som samtidig er viktige for en god bruk av luseskjørt.

2.2 Litteraturstudium

Litteraturgjennomgangen tar for seg luseskjørt med hovedfokus på hva som finnes av dokumenterte effektstudier (både luseskjørt alene og i kombinasjon med andre tiltak), hva som kan påvirke skjermingseffekt, eventuelle hensyn som bør tas og mulige konsekvenser ved bruk. Det er også inkludert noe litteratur ifbm. lakselusa sin adferd, med hovedfokus på lusa sin evne til å vertikalvandre. Google Scholar gir 3220 treff på "salmon + skirt + lice. Til sammenligning gir det samme søket på Isi-Knowledge kun 18 treff. Ordet "luseskjørt" gir 136 treff på Google Scholar. Etter en gjennomgang i forhold til relevans har vi endt opp med 31 vitenskapelige fagfellelvurderte studier, og 18 publikasjoner fra den grå litteraturen som det refereres til. Det er inkludert studier og prosjekter regi av FHF el. Noen av disse har senere resultert i fagfellelvurderte publikasjoner. Det har blitt forsøkt å koble de samme studiene mot hverandre der dette er mulig. Publikasjoner av kommersiell art, fra f.eks leverandører av luseskjørt er med hensikt utelatt. Fordelingen av relevante fagfellelvurderte publikasjoner (ffv) og annen litteratur etter tema er presentert i Figur 2.



Figur 2: Oversikt over fordeling fagfelleverderte publikasjoner (ffv) og annen litteratur etter hovedtema.

3 Resultater

3.1 Strategiske forhold

Innenfor kategorien strategi har vi undersøkt beslutningsprosesser og omkringliggende prosesser som innkjøp, vask og vedlikehold, bruk av kompletterende ikke-medikamentelle løsninger, innovasjon og nytte/kostnadsanalyser.

3.1.1 Teknologisk beslutning

Teknologisk beslutning omfatter de prosessene som leder frem til valg av design. Vi har hatt et spesielt fokus på hvem som foretar beslutningene, og i hvilken grad de involverer deltagere fra andre deler av organisasjonen. Det ble også vurdert i hvilken grad det er gjennomført utprøving av ulike alternative design før større innkjøp. Temaet var relevant for majoriteten av intervjugruppen, og det var et godt samsvar i besvarelsene.

I større selskaper ble beslutningen tatt av en ledergruppe, eller en utnevnt lusegruppe bestående av representanter fra produksjon, fiskehelse og ledelse. I mindre selskaper ble beslutningen om bruk av luseskjørt tatt av dagligleder/direktør sammen med produksjonssjef, ofte i samråd med driftsleder for aktuell lokalitet. En deltager har beskrevet at det i deres selskap er besluttet at alle innkjøp skal gå via styret.

Vi ser en trend hvor det foretas benchmarking av kostnader både i form av pris, men også i form av livstidskostnader. I større selskaper er det også en økt grad av profesjonalisering i innkjøpsprosessene. En deltager beskriver at de har innkjøpskompetanse fra petroleumsindustrien, og at denne har vist seg å være overførbar til akvakulturindustrien.

De fleste deltagerne beskrev at beslutningen for innkjøp av luseskjørt ble tatt på produksjonsledernivå i selskapene. Det var ulik grad av involvering av drifts- og fagansvarlige, men under innkjøpsprosessene beskrev enkelte deltagere at drifts-, service- og fiskehelsepersonell ble bedt om innspill. Det ble også beskrevet at mange innkjøp ble initiert av denne gruppen, og at dette skyldtes at de har førstehåndskjennskap til driften ute på lokalitetene.

I enkelte av selskapene beskriver de at det i beslutningsprosessen involveres personell fra alle ledd i driften, fra røkter og til produksjonsledelse, slik at både det praktiske grensesnittet og den biologisk/teknologiske effekten ble ivarettatt. Graden av uttesting av ulike design varierte veldig mellom de ulike selskapene, fra de som har brukt samme type i over 10 år til de som etter utprøving har kommet frem til et design som de oppfatter som best for sine lokaliteter.

Ett selskap gikk de første årene grundig til verks ved uttesting av luseskjørt da de kjøpte inn flere ulike typer luseskjørt som de testet ut på en lokalitet. Målet med uttestingen var ikke nødvendigvis å komme fram til det luseskjørtet som hadde best effekt på forebygging mot lakselus, men mer å komme fram til det luseskjørtet som var lettest for røkterne å jobbe med.

Selskapets teori var at den forebyggende effekten av luseskjørtet ville komme som følge av god jobb fra godt motiverte røktere. Ettersom selskapene har fått mer erfaring og kunnskap om sine lokaliteter, kan de lettere skille mellom gode og mindre gode luseskjørtlokaliteter. Det har bl.a. ført til at enkelte selskaper har gått bort fra bruk av luseskjørt på sine eksponerte lokaliteter.

Det er viktig å få frem at vi ser at deltagerne har ulike innfallsvinkler med hensyn til innkjøp. Driftsteknikere har fokus på slitestyrke og grensesnitt mot annen teknologi, fiskehelsebiologer har fokus på fiskevelferd og vannkvalitet, mens innkjøpere fokuserer på kostnader (både for innkjøp og levetidskostnader). Dette er utslagsgivende for hvilke teknologiske valg som tas, da menneskelige faktorer vil kunne påvirke dette.

3.1.2 Deling av brukererfaringer

Med brukererfaring mener vi den praktiske kunnskapen som fremkommer etter hvert som en teknologi brukes, som overføres både muntlig og skriftlig. Temaet er relevant for alle deltagerne, hvor deltagerne som er tjenestetilbydere supplerer dybdeerfaringen med bredde fra sine kunder. Besvarelsene er samsvarende, og har sin variasjon gjennom forskjellen i størrelsene på selskapene.

Deling av brukererfaring har vi skilt i to hovedkategorier. Vertikal deling av brukererfaringer skjer innenfor en lokalitet eller regioner i et selskap. Horisontal deling av kunnskap skjer mellom selskapene. Vi har også undersøkt i hvilken grad deling av kompetanse er formalisert gjennom prosedyrer og sjekklister, eller om det foretrekkes en uformell, praktisk opplæring med veiledning under drift. Vi har ikke vurdert kvalitet på dette da begge tilnærminger har sine fordeler. Viktigst i undersøkelsen har vært å avdekke om slik kunnskapsdeling gjennomføres, hvor de deles og om det er en utvikling som fører til en bedre bruk av luseskjørt.

Majoriteten av deltagerne beskriver at det deles kunnskap internt i selskapene. Det er tro på at det må jobbes systematisk for å utnytte effekten av alle tekniske løsninger som er valgt. Deltagerne beskriver også et ønske om et større samarbeid, horisontalt på tvers av selskapene. Det anses å være en vinn-vinn-situasjon for alle at man høster av hverandres erfaringer

. Flere regioner har fellesmøter for å koordinere lusetiltak, men innholdet i disse dreier seg i mindre grad om bruk av teknologi. Det etterlyses at ikke-medikamentelle metoder og praktisk bruk gis større fokus her.

Det beskrives en bevisst bruk av interne prosedyrer som deles i regelmessige samlinger. Et eksempel til etterfølgelse: "Vi har et prinsipp hvor alle røktere får delta i alle ledd i produksjonskjeden på sjø, dette i forbindelse med fagbrevet. De får dermed en tverrfaglig og bred kompetanse som er viktig for god drift. Vi har tro på at man må jobbe systematisk for å få utnyttet effekten av de valgte tekniske løsningene.". Med et slikt prinsipp i bunn sørger man for å skaffe arbeidsstokken et absolutt best utgangspunkt for å gjøre en god jobb.

En aktør kom med følgende uttalelse: "Hele næringen er bygd opp på at man diskuterer problemstillinger på møter. Dialogen er viktig. Selskapene har blitt større og avstanden mellom selskapene har blitt større. Erfaringsutvekslingen var bedre før enn i dag. Tror ikke det er

mangel på motivasjon som ligger bak mindre dialog mellom selskapene. Det er mer mangelen på møteplasser som er problemet".

Det ble avdekket at enkelte regioner har et svært godt samarbeid, mens det i andre regioner er fravær av samarbeid. Dette kan være en følge av mange årsaker, både geografi og personlige relasjoner. Felles for alle er uansett et ønske om et bedre samarbeid.

Det pekes på at profesjonaliserte servicebåter kan være en kilde til formidling av praktisk kunnskap. Våre prosjektdeltagere kommer både fra selskaper med egne servicebåter og fra de som har valgt å kjøpe inn slike tjenester. Det pekes allikevel på at personell på disse fartøyene har mye erfaring fra håndtering av teknisk utstyr, og at de overfører kunnskap når de samhandler med lokalitetenes eget personell.

En deltager har en rolle som sensor i den regionale fagprøvenemnda, og reiser ut til kandidatene for evaluering av den praktiske prøven. På denne måten får han innsikt i metoder og prosedyrer hos en rekke selskaper. En annen bidragsyter er arrangør av fagsamlinger. Det faglige nivået på disse samlingene er høyt. Yrkesfaglig utdanning og fagbrev gir en sterk praktisk-teoretisk bakgrunn for arbeid innenfor akvakultur, og i forhold til vårt prosjekt er fagkompetanse viktig for å lykkes med bruk av teknologi. Fagutdanningen og deres samlinger er derfor være en god arena for deling av kunnskap.

Kommunikasjonen kan bli bedre gjennom at den formaliseres og at det legges til rette for plattformer for erfaringsdeling. Det er også et behov for at det legges til rette for en mer utstrakt dialog mellom personell som har samme ansvarsområde – men på tvers av regioner og selskaper.

Formidling av kunnskap har høyest verdi når den deles mellom personell som har samme grensesnitt til teknologi og biologisk effekt, og man unngår da at kunnskap deles gjennom personell som ikke har førstehånds kjennskap til relevante problemstillinger. Eksempelvis vil det normalt sett være uhensiktsmessig å la fiskehelsepersonell/biologer formidle erfaringer og forespørsler som er av ren teknisk karakter.

3.1.3 Vask og vedlikehold

Gjennomføring av vask og vedlikehold er undersøkt for å avdekke hvordan selskapene håndterer dette, og om tilbudet fra eksterne leverandører er godt nok utviklet. Vi har sett på hvilke tiltak som utføres internt i selskapene og hvor stort tilbudet av spesialiserte tjenester er. Temaet er i hovedsak relevant for de deltagerne som er involvert i praktisk drift av oppdrettsanlegg, samt tjenestetilbydere innenfor vask og vedlikehold. Det er spredning i besvarelsene.

Deltagerne beskriver behovet for vask og vedlikehold som sammenhengende med eksponering for vær og vind, materialkvalitet, montering, håndtering og begroing. Materialkvalitet og metoder for sammenføring har blitt forbedret siden de første generasjonene av luseskjørt ble produsert, og store skader inntreffer stadig sjeldnere. Korrekt innfesting mot flytekragen er nødvendig for en jevn belastning, og risiko for lokale skader som kan resultere i følgeskader reduseres. Utvikling av gode metoder for montering og demontering er viktig for å unngå overbelastning av materialenes rivestyrke. Alle servicebåter har løfte- og trekkekapasitet som

langt overskrider rivestyrken, og vi har fått beskrevet metoder for utsetting og opptak som gir lav belastning og høy effektivitet. Fra at utsett av et luseskjørt tok store deler av en arbeidsdag, har vi nå metoder som tar rundt en time per skjørt – uavhengig av design. Man kan derfor kle opp et anlegg med luseskjørt på én til to dager.

Et økende antall utfører spyling av skjørt mens de står i sjøen, gjerne i forbindelse med spyling av nota. Skjørtene har størst begroing på sin utside, siden friksjonen som mellom luseskjørt og nota forhindrer påslag og vekst og fordi alger, hydroider, skjell og andre organismer kommer drivende i strømmen utenfor merdene. Spyling av nota gjøres oftest fra innsiden og en del groe som sitter på skjørtet løsner ofte samtidig. De ulike materialene som brukes i luseskjørtene begroes i ulik grad av marine organismer, og alger sitter ikke så godt fast som for eksempel posthornmark, rur og blåskjell. Jo lengre man lar venter med å fjerne groe, jo vanskeligere er det å få den til å slippe. De deltagerne som har erfaring fra spyling beskriver bruk av ulikt utstyr, men størst suksess oppnås ved hjelp av ROV da disse har større manøvreringsdyktighet og er mest egnet til utvendig vask. Utvendig vask vil naturlig vis også gi størst effekt siden begroingen er sterkest her.

Det er beskrevet to ulike metoder for vask av skjørt på servicestasjoner. Det er få servicestasjoner med spesialiserte vaskemaskiner for luseskjørt, og de vaskes derfor ofte i trommelvaskemaskiner for nøter. Det er oppgitt at slik vasking i trommel kan ta opptil tre til fire timer, avhengig av begroing. Skjørtene må også ofte løftes ut og greies hvis de slår knute på seg. Siden skjørtene vaskes med fløyt og bly påmontert påføres de en betydelig slitasje som i mange tilfeller overgår bruksrelatert slitasje.

De spesialiserte vaskemaskinene for skjørt baserer seg på samme hovedprinsipp, hvor skjørtet trekkes i full bredde mellom en rekke av dyser som spyler av begroingen, se Figur 3. Den fysiske kontakten mellom skjørt og vannstrøm reduseres dermed til få sekunder, og den mekaniske belastningen reduseres til et minimum. Vask av ett skjørt er oppgitt til å ta om lag én time, avhengig av hvor begrodde de er. Inspeksjon av skjørtets paneler for videre reparasjon gjøres fortløpende mens skjørtet trekkes ut av maskinen.



Figur 3: Vaskemaskin for luseskjørt med roterende dyser (Foto: Remi Mathisen, Nordlaks Oppdrett AS).

Nettverket for servicestasjoner oppfattes som spredt, og flere deltagerne poengterer at det blir for lang og kostbar transport til nærmeste stasjon. Vask av skjørt og nøter sammenfaller ofte

tidsmessig, og det antydes at kapasiteten til servicestasjonene kunne vært høyere for å ta unna topper i servicebehovet.

En deltager var svært tydelig på at brukte skjørt må betraktes som en ressurs, og at de i innkjøpsprosessen også vektla mulighet for resirkulering. De inngikk da også avtaler om retur av skjørtene, og optimalt sett med leverandøren av luseskjørtene. Materialene ble da gjenbrukt direkte eller som delkomponent i andre produkter. I et fremtidsperspektiv forventet de at dette ville bli et krav.

Etter ti års bruk av teknologien har håndteringen av luseskjørt blitt profesjonalisert og effektivisert. Materialvalg og produksjonsmetoder har forbedret kvaliteten og slitestyrken har økt. Det er utviklet metoder for vasking i sjøen, noe som både forbedrer skjørtenes effektivitet og er tidsbesparende i forhold til demontering for vask. Det ønskes et bedre nettverk av servicestasjoner, og basert på erfaringene med vaskemaskiner spesielt tilpasset luseskjørt gir disse markant mindre vaskeslitasje og dermed forlenget levetid på luseskjørtene. Det bør settes et økt fokus på resirkulering og retur av brukte materialer.

3.1.4 Teknisk utvikling

Vi har undersøkt hvordan kommunikasjonen mellom kunde og leverandør resulterer i teknisk utvikling av produktene. Temaet er relevant for majoriteten av deltagerne, som alle har vært involvert i innkjøpsprosesser.

Det beskrives en stor variasjon i kontakt mellom leverandør og kunder i tidsrommet mellom innkjøpene. Enkelte deltagere beskriver en god dialog med leverandøren, mens andre sier den er fraværende. Innovasjonsfokuset mellom deltagerne har vært sprikende, men dette preges også av at gruppen består av personell med svært ulike roller.

De materialene som benyttes til produksjon av luseskjørt er i stor grad de samme som for 10 år siden. Toppseksjonene har hatt størst utvikling med forbedret innfesting og sterkere materiale. Det har vært prøvd ut en ulike materialer til lodd, fra herunder bly, kjetting og stein. Viktigst har vært at dette sikres slik at det ikke kan forskyves sideveis i luseskjørtet og gi skjev belastning og utspiling.

Det er ønske om ytterligere forbedring av holdbarheten og levetiden, da bruk av luseskjørt representerer en betydelig kostnad.

Det har hele tiden vært etterlyst en forbedring av metode for lukking, som i dag fremdeles nesten uten unntak består av prinsippet med omslagsskjørt. Den eneste variasjon i så tilfelle er lengde på den overlappende sonen og plassering av denne i forhold til strømretningen. Det er prøvd ut bruk av glidelås, lisser og maljer hvor man kunne feste sammen skjørtet med tau eller strips. Dette har vist seg å være tungvinte løsninger siden det fordrer at man må løfte opp skjørtets ender etter utsetting. På dypere skjørt blir det da vanskelig å få skjørtet til å omslutte nota godt. Det er derfor ønskelig at leverandørene legger et økt fokus på denne utfordringen.

I vårt spørsmål om bruk av skvettkant (forlenging av luseskjørtet over vann for å hindre at lus vaskes over med bølgene) så er det lite konsistens i besvarelsene. Enkelte deltagere mener det er viktig for skjørtenes effekt mens andre er av motsatt oppfatning. Lokale forskjeller i lokalitetenes eksponering for bølger kan være utslagsgivende, men det beskrives også utfordringer med å få til en god montering, siden en skvettkant kan komme i konflikt med

innfesting av notas hovedtau til flytekragen. En aktør har beskrevet en lite utprøvd løsning med løse skvettkanter som festes på flytekragenes rekkverk, og kun mot den himmelretningen hvor den største eksponeringen for bølger. Et interessant poeng som flere av aktørene i Nord-Norge påpekte var at skvettkant, som ofte er lagd i pvc-materiale, kan redusere mengden is på merden under vinteren. Pvc er et glattere materiale enn nota og flytekragen slik at mer vann renner av før det rekker å fryse.

Det er en noe svak innovasjonsgrad på luseskjørt, og oppdrettsnæringen kan stimulere denne gjennom økt kommunikasjon med leverandørene. Brukererfaringer er essensielt for å designe forbedrede løsninger, og siden leverandørenes kompetanse ligger innenfor bruk av materialer og sammenføring av disse må disse kunnskapene kombineres for å finne de beste løsningene.

3.1.5 Komplementerende metoder

Bruk av komplementerende løsninger er utbredt, og vi har bedt om beskrivelse av strategisk og praktisk tilnærming. Temaet er relevant for alle deltagerne, og vi har funnet variasjon i besvarelsene.

Bruk av rensefisk er utbredt langs hele kysten hvor ulike arter leppefisk og rognkjeks er de vanligste. Bruk av rensefisk i kombinasjon med luseskjørt er en strategi flere av prosjektdeltagerne benyttet. En deltager fortalte at de hadde gått helt bort fra bruk av rensefisk og satset fullt på luseskjørt, mens en annen fortalte at de hadde testet ut rensefisk i kombinasjon med luseskjørt, men opplevde ikke noe forbedret effekt og valgte å gå bort fra rensefisk. En tredje deltager fortalte at de vurderte å gå bort fra bruk av rensefisk. Årsaken til dette var ikke på grunn av effekt mot lakselus, men at de ikke klarte å etterleve krav fra Mattilsynet.

Noen av våre deltagere benytter laser som kompletterende teknologi sammen med luseskjørt. Det er åpenhet om at det er usikkert hvilket tiltak som har best effekt, men for deltagerne som bruker løsningene alene eller i kombinasjon så er fokuset å unngå avlusning. En prosjektdeltager bemerket allikevel at de hadde observert at lusetallene gikk opp når det var nedetid på laseren. Denne observasjonen var nok til at de valgte å supplere med flere noder (enheter med laser).

3.1.6 Fôringstrategi

Vi har bedt deltagerne beskrive hvilke tilpasninger de har foretatt med hensyn til fôring etter at de har tatt i bruk luseskjørt. Vi har diskutert både tekniske løsninger og tilpasninger i fôringsregimet. Temaet er relevant for majoriteten av intervjugruppen.

Mindre selskaper fôrer fisken ut fra en tabell på hvor mye fisken skal spise på de gitte snittvektene. Større selskaper har gjerne ansatte som fôrer fisken og bedømmer fiskens adferd på når de har fått nok å spise og ikke. Ved starten av fôringen svømmer fisken opp til overflaten for å spise fôret. Når fiskene har spist seg mett trekker de dypere i merden igjen. Dette blir ofte omtalt som et stoppsignal. Luseskjørt på merden har vist seg å endre fiskens adferd i ulike situasjoner. Den mest vanlige adferdsendringen er at fisk trekker dypere i merden, ofte under luseskjøret. En slik endring kan påvirke hvordan de som fôrer fisken tolker stoppsignalet. Ingen av prosjektdeltakerne hadde gjort forandringer på fôrsystem eller strategi for å kompensere for adferdsendring hos fisken. De forandringer som ble gjort var hos de som fôret fisken ved at de måtte være mer bevisst på måten de tolket stoppsignalet på.

3.1.7 Egne metodiske utprøvinger

Vi har i vår undersøkelse ønsket å avdekke om gruppens deltagere og deres tilhørende selskaper har hatt en metodisk tilnærming til valg av teknologi gjennom utprøving. Temaet er relevant for alle deltagerne, men med ulik vinkling avhengig av deres roller i selskapene.

Om lag halvparten av deltagerne har besvart at de i ulik grad har gjennomført en metodisk utprøving av luseskjørt. Majoriteten har valgt å prøve ut ulike leverandører og design, herunder skjørt med ulike dyp, materialer og vanngjennomstrømming. To av våre deltagere/selskaper fremstår som mere aktive enn de øvrige, og disse har bidratt i vitenskapelige forsøk sammen med ulike forskningsinstitusjoner.

Vi må skille mellom de rene effektstudiene og de teknologisk/driftsmessige studiene, men felles er at de hittil ikke har vært fortolket av oppdrettsselskapene som om de har gitt entydige svar. Det har også vært studert effekt med kompletterende metoder som luseskjørt, rensefisk og pumpesystemer for sirkulering av vann. Forsøkene har vært utført alene eller sammen med forskningsinstitusjoner. Flere beskriver varierende resultater, og vanskelig å trekke konklusjoner. Enkeltelskaper har hatt en langsiktig strategi på å løse teknologiens utfordringer, og brukt betydelige ressurser for å oppnå optimal bruk av luseskjørt.

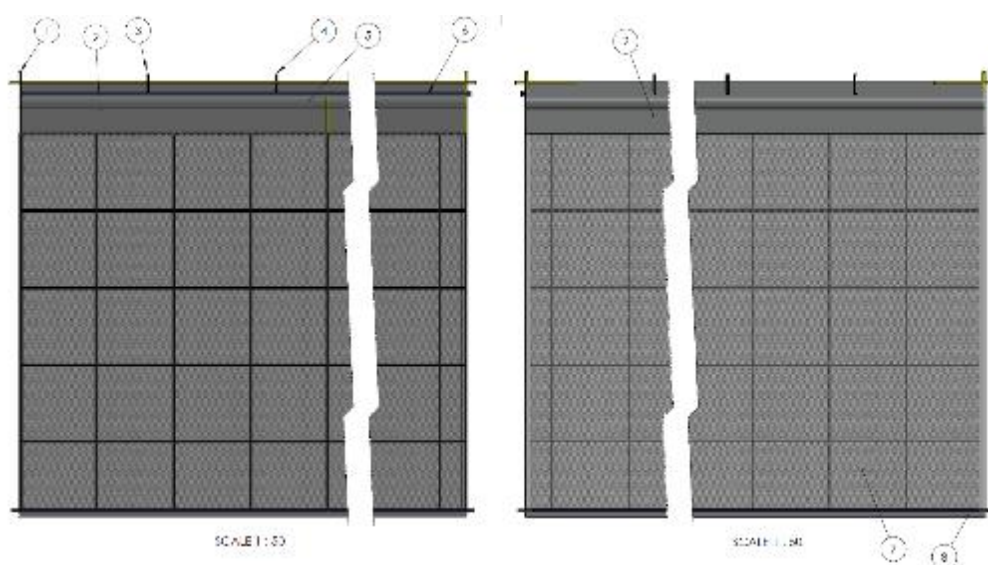
3.2 Driftsmessige forhold

Kapittelet omfatter den praktiske bruken av luseskjørt og de driftsmessige forholdene som påvirker denne. Vi har bedt om beskrivelser av teknologivalg, produktdokumentasjon, egne tiltak og metoder samt opplæring av personell.

3.2.1 Materialvalg og design

Vi har bedt deltagerne om beskrivelse av de designmessige valgene de har tatt med hensyn til luseskjørtets utforming og materialegenskaper. Temaet er relevant for alle deltagerne, og vi ser en variasjon i valg innenfor tydelige yttergrenser.

Et luseskjørt består av delkomponentene toppseksjon, fløyt, paneler med ulik grad av vanngjennomstrømming, innsydd lodd i skjørtets nedre kant, løftetau for å trekke skjørtet opp og påmonterte løkker for innfesting, trekking og løfting, se Figur 4.



Figur 4 Skjematisk fremstilling av luseskjørt. 1, 3 og 4: Løkker for trekking og innfesting. 2: toppseksjon. 5: Kanal for fløyt. 6: Innsydd forsterkningsbånd. 7: Panel av tett eller permeabelt materiale. 8: Lodd (Figur: Salgard AS/Calanus AS).

Luseskjørt brukes på alle typer nøter, herunder spissposer, sylindriske nøter og nøter med bunnring og løftetau. Sistnevnte har også en variant hvor bunnringens løftetau er en del av nota. Vi har ikke fått opplysninger om noen forntilpasning som innsøm av luseskjørtet. Det vil derfor være en varierende omslutning på de ulike notfasongene, som igjen vil kunne påvirke luseskjørtets effekt. Det er nærliggende å anta at det er mulig å sørge for en mer optimalisert tilpasning av design, men det vil samtidig kunne være kompliserende for både produksjon, bruk og vedlikehold.

I vår gruppe er det utelukkende beskrevet overlapping som metode for lukking av luseskjørtet. Metoden er beskrevet som omslagsskjørt, hvor den ene enden av skjørtet legges utenpå den andre. Andre løsninger er utprøvd, herunder glidelås, lisse- og maljesystemer samt strips for å

feste nedre hjørne til motsvarende ende. Dette har vist seg å ikke ha den ønskede effekten og samtidig være kompliserende under montering, drift og demontering.

Vi har avdekket en variasjon i hvor lang overlappende sone som velges, og hvor denne plasseres i forhold til strømretningen. Brukerhåndbøkene beskriver ofte at denne skal plasseres i forhold til strømretningen, men vi har fått beskrivelse av en praksis hvor den overlappende sonen plasseres både på leside, loside og på sidene med overlapping med strømretningen. Vi ser et behov for ytterligere studier av dette prinsippet da det vil være av stor betydning for luseskjørtets effekt. En deltager har beskrevet lokaliteter som har svært varierende strømretning, og hvor strømmen har åpnet opp skjørtet slik at vannutskiftingen blir total.

Luseskjørtets dybde varierer i vår gruppe fra 5 til 10 meter. Variasjonen er godt argumentert, og det har over tid blitt utprøvd og konkludert hvilken størrelse som antas å være beste løsning, hensyntatt lokalitetens forhold. Argumentasjonen for valgene omfatter både om hvilke størrelse som selskapenes fartøyer klarer å håndtere, risiko for oksygensvikt og opplevd effekt med ulike skjørtedybder. Eksponering for vind, bølger og strøm trekkes også frem, og siden luseskjørtene soliditet ofte settes til 100 % i fortøyningsanalysene så blir i mange tilfeller den totale strukturelle belastningen på konstruksjonen høy.

Bruk av dypere skjørt (8 og 10 meter) er oftest valgt på bakgrunn av ønske om høyere effekt. Det er hos disse brukerne ikke meldt om utfordringer verken med håndtering, vannkvalitet eller strukturell belastning på øvrige hovedkomponenter i anlegget. Vi har fått informasjon om at det også prøves ut 12 meter luseskjørt, men det var på intervju tidspunktet ingen tilgjengelige resultater eller erfaringer fra disse utprøvingene.

Vi ser en trend at brukere av 5 m dype skjørt oftere klarer å benytte luseskjørt gjennom hele produksjonssyklusen. Brukere av dypere skjørt beskriver oftere at de kun bruker skjørt deler av produksjonssyklusen som følge av uønskede bieffekter, herunder skader på utstyr, sviktende vannkvalitet og redusert tilvekst. Man kan dermed stille et spørsmålstegn ved at redusert effekt av et grunnere luseskjørt kan oppveies av en tilført effekt i form av forlenget brukstid.

Vi har også deltagere som bruker dype skjørt (8 til 10 m) hele generasjonen. Disse har oppgitt å produsere med lavere fisketetthet, eller så befinner de seg i den nordlige delen av landet.

Variasjonen i designet dreier seg i all hovedsak om materialbruk, herunder de ulike materialenes vanngjennomstrømmingsevne (permeabilitet) og deres styrke. Utover dette tilbys i hovedsak noen standardiserte opsjoner i design. Skvettkant, som er en forlenging av luseskjørtet over vannlinjen, har til hensikt å forhindre at bølger og sjøsprøyt kommer over flyterørene og innenfor luseskjørtet. Det er uenighet om denne har ønsket effekt, og en del av våre deltagere benytter seg av dette. Det beskrives at det er komplisert å få god innfesting av luseskjørt med skvettkant siden notas hovedtau festes inn til flytekragen i vannlinjen. Skvettkanten kommer dermed i konflikt med disse innfestingspunktene, og det fortelles om skjev vektbelastning og frykt for gnag mellom not og luseskjørt. Det er beskrevet bruk av egne skvettkanter som påmonteres rekkverket, uavhengig av luseskjørtet. Dette er basert på et ønske om å unngå gnag, men kunne beskytte mot overskylling/sjøsprøyt fra de eksponerte sektorene for bølger. En

deltager beskrev at de brukte skjørt med skvettkant som hadde egne åpninger for gjennomføring av notas innfestingsløkker (hovedtauet). Skjørtet ble innfestet som normalt til flytekragen, mens skvettkanten ble festet til rekkverket med strikk. De oppnådde dermed en jevn oppstramming av luseskjørtet, og minimerte risiko for gnag.

Luseskjørtene leveres med eller uten fløyt (egen oppdrift), og vi har fått gode beskrivelser av metode for utsett og opptak for begge varianter. Det er beskrevet en variasjon i tilfredshet med designet på fløyt, da den over tid kan miste sin oppdrift eller trenge ut av toppseksjonen. Vi har sammenlignet besvarelsene og synes å se en trend hvor dette kan skyldes for hard belastning under håndtering eller vask i maskin. Løsningen på disse utfordringene kan derfor ligge i design eller metode for vask og vedlikehold.

Det var i vår gruppe varierende hvor mye lodd per meter luseskjørt som ble foretrukket. Uavhengig av eksponering og regional tilhørighet brukes det fra 1,5 til 8 kg per meter, med et flertall på 4 kg. Mengde bly anses å være relevant for hvor godt skjørt holder fasongen i strømmen, men én aktør bruker 2 kg/m som standard, og har kun økt til 4 kg/m på sin mest strømsterke lokalitet.

Flertallet i gruppen beskriver bruk av løftetau, som muliggjør løfting av luseskjørtet opp til overflaten mens dette er påmontert flytekragen. Løftetauene er festet til skjørtets nedre kant, og ofte tredd gjennom ringer før det festes til toppseksjonen. Bruken beskrives i forbindelse med andre operasjoner som avlusning, men de muliggjør også periodevis løfting for å skifte ut vann fra nota som har uønsket vannkvalitet. Under demontering av luseskjørtet beskriver flere deltagere at løftetauene er nødvendige for å få tak rundt midten av skjørtet før det løsnes fra flytekragen, og deretter trekkes om bord servicebåten. Servicestasjonene har gitt tilbakemelding om at løftetau i mange tilfeller må demonteres før vask. Både under trommelvasking og i luseskjørtvaskemaskiner vil de kunne komplisere operasjonen ved at de filtrer sammen skjørtet eller setter seg fast i vaskemaskinen. De demonteres derfor i forkant av vasking, og påmonteres igjen etterpå.

Vi har avdekket en sprikende praksis i hvor den overlappende sonen for lukking av skjørt plasseres. Brukerhåndbøkene beskriver en plassering i forhold til hovedstrømretningen, og bruker begreper som "nedstrøms" og "...fra hovedstrøm". Dette for å få den overlappende sonen presset sammen både i hovedstrømretning og returstrømsretning. Brukerne derimot beskriver montering både slik som angitt i håndboken, men også på sidene av flytekragen. Felles for besvarelsene er at montering gjøres i forhold til strømretning, uten grundigere argumentasjon.

En deltager beskrev at de også benyttet løsninger med to skjørt per merd. Dette forenklet monteringen og muliggjorde utskifting av bare en seksjon ved skader. To åpninger i skjørtet per merd var en åpenbar nedside av prinsippet, men de mente at dette ville oppveies av økt fleksibilitet i bruken.

Majoriteten av deltagerne monterer luseskjørtet mellom indre flyterør og nota. De beskriver at dette kommer som en følge av et ønske om tett omslutning av nota. Det beskrives også at det er risiko for å påføre luseskjørtet skader dersom det kommer i klem mellom båt og flytekrage. Enkelte deltagere har prøvd begge alternativer, men over tid besluttet å plassere dem på indre flyterør. Kun to av deltagerne beskrev montering på ytre ring, og argumenterte med at flytekrager med bunnring kompliserte påmontering på indre flyterør.

3.2.2 Produktdokumentasjon

I henhold til NYTEK-forskriften skal leverandøren av ekstrautstyr sammen med produktet levere en brukerhåndbok som minimum inneholder beskrivelse av montering, drift og vedlikehold. Vi har undersøkt om denne dokumentasjonen er tilgjengelig, har tilstrekkelig innhold og om den brukes aktivt. Temaet er kun relevant for de deltagerne som er involvert i daglig drift på lokalitet.

Vi har avdekket en variasjon i bruk av brukerhåndbøker blant deltagerne. Gruppen vår består av personell med tilhørighet i alle ledd i selskapene, og behovet varierer fra en praktisk veiledning rundt håndtering til dokumentasjon av produktets egenskaper. Prosjektdeltagerne beskriver dem som "gode nok" etter å ha vært under kontinuerlig forbedring siden introduksjonen av teknologien. I henhold til NYTEK-forskriften og anleggssertifikat skal de være tilgjengelige for det personellet som arbeider på lokaliteten. Det beskrives allikevel at de allikevel brukes lite, og det er som et supplement utviklet egne, interne prosedyrer for å håndtere luseskjørt. Disse beskrives som mere konkrete for de enkelte arbeidsoperasjonene, med flere bilder og forklarende tekst. Men det beskrives som utfordrende å ha oversikt over håndbokens innhold mens operasjonene pågår. Tekst skal da konverteres til praksis, og egen metode for håndtering under installasjon skal knyttes sammen med brukerhåndbokens monteringsanvisning. Opplæring bør derfor gjennomføres som en kombinasjon av beskrivelser, veiledning og deltagelse fra den som er i opplæring.

Flere deltagere har ytret ønske om opplæringsvideoer, eksempelvis tilgjengelig gjennom Youtube eller lignende plattformer. Spesielt for personell med liten erfaring. Slike videoer brukes i mange sammenhenger i dag, og kan vise anbefalte metoder på en svært illustrativ måte.

Det er variasjoner i ekstrautstyrets design – også mellom ulike leverandører av luseskjørt, og ulike utgaver. Det vil det være variasjoner i metoder for håndtering under montering, bruk og demontering. Forskrift og standard sier heller ikke noe spesifikt om service og vedlikehold. Oppdrettsselskapene og servicestasjonene må derfor allikevel etablere og utvikle egne metoder og prosedyrer for slike operasjoner.

3.2.3 Opplæringsplaner og driftsrutiner

Vi har bedt deltagerne beskrive sine respektive selskaperes egne systemer for opplæring rundt bruk av hovedkomponenter og ekstrautstyr. Og vi har også fokusert på grensesnittet mellom brukerhåndbøkene og interne metoder og prosedyrer. Temaet er hovedsaklig relevant for de deltagerne som er involvert i daglig drift på lokalitet.

Det er stor spredning i hvordan deltagerne beskriver egne formaliserte systemer for opplæring. Gjentakende beskrivelse er at skriftlige prosedyrer kombineres med praktisk opplæring og veiledning. Det er fremdeles mye opplæring som gis gjennom at nyansatte settes i arbeid med de som innehar mest erfaring, men en stadig større andel av oppdrettsselskapene har kvalitetssystemer med detaljerte opplæringsplaner.

Det poengteres som nevnt innledningsvis at flere deltagere presiserer at det er ønskelig med en større erfaringsutveksling på tvers av selskaper og regioner for på den måten kunne utvikle og forbedre opplæringen av service og driftspersonell.

En deltager gav en beskrivelse av selskapets opplæringssystemer, hvor alle røktere/driftsoperatører skulle delta i alle operasjoner som omfatter drift av anlegg i sjø. De ansatte ble etter behov sendt rundt til andre lokaliteter for å høste kunnskap sammen med personell med erfaring. Det ble også gjennomført hospitering på servicebåter, som bistår i større operasjoner som avlusning, rigging av anlegg og håndtering av ekstrauststyr. Den brede opplæringen skulle derfor bidra til å oppnå fagbrev innen akvakultur.

Under oppbyggingen av et flytende oppdrettsanlegg kategoriseres komponentene som hovedkomponenter (forankring, flytekrager, nøter og flåte) og ekstrauststyr. I kategorien ekstrauststyr plasseres alle øvrige fastmonterte eller midlertidige installasjoner. Deltagere har beskrevet opplæringssystemer, men poengtert at det i kategorien ekstrauststyr er svært stor spredning på type utstyr og med varierende brukergrensesnitt. Frekvensen i håndtering av disse varierer fra en gang per generasjon til ukentlig, og det er ofte krevende å etablere gode prosedyrer og opplæringsplaner for disse. En generell opplæring bør derfor suppleres med tilgjengelige beskrivende prosedyrer for håndtering av slikt utstyr. Luseskjørt med sine variasjoner i design og grensesnitt representerer en risiko gjennom sin påvirkning på den strukturelle styrken, og det er derfor viktig å sørge for trygg bruk av disse.

3.2.4 Påmonteringstidspunkt og brukstid

Vi har bedt deltagerne beskrive prosessen rundt påmontering av luseskjørt og hvor lenge de får til å bruke dem. Vi har også bedt deltagerne å beskrive de kriteriene som brukes for beslutning om demontering og eventuelt ny påmontering. Temaet er relevant for majoriteten av deltagerne, men vi ser en variasjon som skyldes deres roller i selskapene.

Påmonteringstidspunkt har et stort fokus hos flere av prosjektdeltakerne. De aller fleste monterte luseskjørtet på flytekragen før nota, dette av praktiske årsaker siden dette forenkler arbeidsoperasjonen. Det beskrives også av majoriteten av deltagerne at det er ønskelig med en etablert beskyttelse før fisken settes i sjøen. Men det er deltagerne som har andre strategier, og en prosjektdeltaker forklarte at de satte ut fisk i januar, men ventet til april med å montere på skjørtene. Årsaken til dette var at lokaliteten var veldig eksponert, spesielt for bølger, som kunne ødelegge skjørtene. I april hadde det meste av vinterstormene roet seg og risikoen for at skjørtene ble ødelagt var mindre. Et viktig argument for denne beslutningen var også at lokaliteten lå i Nord-Norge, hvor luseutviklingen gikk sakte mellom januar og april som følge av lave sjøtemperaturer.

Brukstiden for luseskjørt varierte mellom de ulike prosjektdeltakerne, og den største variasjonen var mellom prosjektdeltakere på Vestlandet og prosjektdeltagere i Nord-Norge. Det var lettere å holde skjørtene på gjennom hele generasjonen i Nord-Norge enn på Vestlandet. Enkelte av prosjektdeltagere på Vestlandet fortalte også at de fjernet skjørtene fra mai/juni og satte de på igjen i oktober.

Flere deltagere i Nord-Norge har rapportert at de kjører eller har kjørt hele generasjoner med luseskjørtet påmontert, og de benytter både tette og gjennomstrømmingsskjørt. Dette uten å ha problemer med vannmiljø eller fiskehelse. En aktør benytter 5 m dype skjørt, mens de øvrige bruker 10 m dype skjørt. Av disse har én aktør økologisk produksjon med lavere fisketetthet, mens de øvrige følger ordinære produksjonssykluser med tetthet opp mot 25 kg/m³.

3.2.5 Av- og påmontering i produksjonssyklusen

Vi har bedt deltagerne om å beskrive deres prinsipper rundt av- og ny påmontering av luseskjørt i produksjonssyklusen. Temaet er relevant for en del av deltagerne, og vi ser en sprikende praksis rundt påmontering av luseskjørt når disse har vært demontert.

En rekke forhold er angitt som årsak til avmontering av luseskjørtene. Vi kan dele disse inn i tre hovedkategorier: Forhold som er av betydning for fiskehelse og tilvekst, operasjonelle forhold og tekniske begrensninger.

Med hensyn til fiskehelse så beskriver deltagerne at oksygensvikt er hovedårsaken til at luseskjørt tas av. Dette kan inntreffe når biomassen blir stor, sjøtemperaturen stiger og nettoproduksjonen av oksygen i sjøen er avtagende. Noen deltagere har også beskrevet at det ved fallende oksygenverdier sees en reduksjon i appetitt, og av frykt for redusert tilvekst tas derfor skjørtene av. Noen av deltagerne beskriver i denne sammenhengen et tiltak hvor de løfter skjørtene opp til overflaten for å skifte ut vannmassene i nota. Deretter slippes skjørtet ned igjen. På denne måten forlenger de brukstiden til luseskjørtet – om enn med risiko for et påslag av lus. Gjellehelse/gjellestatus er også av betydning for når luseskjørtene tas av. Dersom denne er redusert er det lavere terskel for å fjerne luseskjørtene.

Innenfor operasjonelle forhold legges det vekt på håndtering av luseskjørt i forbindelse med avlusning og sortering. Deltagerne beskriver operasjoner hvor luseskjørt løftes opp eller tas av for å unngå komplikasjoner. Spesielt under bruk av kuleline for fortrenging av fisken før avkast beskrives som utfordrende hvis luseskjørtet står påmontert. Det er da risiko for å påføre skjørtet skader, både når kulelina trekkes og dras av. Vi ser så en variasjon i besvarelsene rundt hvor stor verdi deltagerne ser i luseskjørtet når avlusninger iverksettes sent i produksjonssyklusen. Forventer de flere avlusninger avveies skjørtenes effekt opp mot merarbeidet som håndtering av disse medfører.

Dersom det må gjennomføres avlusninger tidlig i produksjonssyklusen løftes skjørtene opp til overflaten for så å slippes ned igjen etter avlusningen. Vi ser så en variasjon i nårtid luseskjørtene slippes ned. Enkelte deltagere beskriver at de slippes ned suksessivt i avlusningen av anlegget, mens andre beskriver at de venter med å slippe ned skjørtene til alle merder er behandlet. Det er omdiskutert hvilken betydning dette kan ha for re-smitte av eget anlegg. Og vi ser verdi i å undersøke hvilken effekt luseskjørt kan ha på å redusere gjensidig smitte mellom merdene.

Med hensyn til operasjonelle forhold er tidsbruk og arbeidsbelastning er oppgitt som et argument mot å skifte eller remontere luseskjørt. Men vi har fått en rekke beskrivelser av utvikling av metoder og bruk av teknisk utstyr. En deltager presiserte at de i starten, for snart ti år siden, brukte store deler av en arbeidsdag for montering av skjørt. I dag bruker de under én time – uavhengig om nota er påmontert flytekragen eller ikke. Han presiserer at dette er avhengig av korrekt klargjøring av luseskjørtet, tilstrekkelig bemanning og to båter.

Av tekniske begrensninger er begroing en utfordring for alt utstyr som står i sjøen, spesielt med hensyn til håndtering, og den gir en betydelig økning i egenvekt. Det er en berettiget frykt for overbelastning av innfestingspunkter, og det beskrives skader i form av materialer som revner og stropper som ryker under løfting ut av sjøen. Sterk begroing er også en utfordring på servicestasjonene, hvor rengjøring blir krevende når groe har satt seg fast i materialet. Brukere av gjennomstrømmingsskjørt beskriver brukssykluser hvor begroing overvåkes og skjørt skiftes ut for vask tidsnok til at vanngjennomstrømmingen opprettholdes. Nye skjørt må da være klare for påmontering kort tid etter for å opprettholde beskyttelsen av fisken.

Enkelte brukere av tette skjørt lar samme skjørt stå påmontert flytekragen i hele produksjonssyklusen uten renhold. Men de benytter da som oftest grunnere skjørt som ikke oppnår kritisk egenvekt som utfordrer materialenes og servicebåtenes kapasitet ved håndtering. Utvikling av teknologi og metoder for spyling av luseskjørt i sjø er tidligere beskrevet, og vil redusere behovet for utskifting av luseskjørt.

En deltager har beskrevet en metode hvor skjørt trekkes opp til overflaten for uttørking, slik at groen dør og slipper materialet etter nedsenking av skjørtet. Man må i slike operasjoner vurdere om flytekragen har tilstrekkelig oppdrift for dette, da vekten av groe med sitt vanninnhold vil være betydelig.

Eksponering for vind, bølger og strøm er også avgjørende for bruk av luseskjørt. En stor del av deltagerne har lokaliteter med stor eksponering, og flere beskriver bølger og strøm som utfordrende i deler av året. Luseskjørtene tas derfor av i vinterhalvåret, og monteres igjen på våren. Dette er forhold som i hovedsak beskrives å være en utfordring i den nordlige landsdelen.

3.3 Eksponering og miljøforhold

Bruk av luseskjørt er avhengig av kunnskap rundt lokalitetsspesifikke forhold som eksponering, variasjon i hydrografiske parameter som temperatur, oksygen og salinitet og endringer i strømforhold. Vi har bedt deltagerne om å beskrive sine lokaliteter, og hvilke forhold som påvirker bruken av luseskjørt.

3.3.1 Strøm, bølger og vind

Vi har bedt intervjugruppen å beskrive hvilke fysiske forhold i det omkringliggende miljøet som påvirker bruken av luseskjørt, og samtidig rangere disse i forhold til hverandre. Vi har også bedt deltagerne beskrive konsekvensene av spesielt ugunstige forhold. Temaet er relevant for alle deltagerne, og beskrivelsene fremstår som samsvarende.

Majoriteten av gruppen beskriver strøm som den faktoren som har størst betydning for bruk av luseskjørt. For mye strøm resulterer i deformasjon av nota, og en deltager beskrev at det i ytterste konsekvens også resulterer i deformasjon av flytekragen.

Oppdrettsanleggenes hovedkomponenter skal være dimensjonert for bruk av luseskjørt, og i fortøyningsanalysene settes notas soliditet opp for å modellere den tilleggsbelastningene som luseskjørt gir. Allikevel beskriver deltagerne at de i sine selskaper har enkelte lokaliteter hvor det ikke brukes luseskjørt på grunn av strømforholdene. Eksempel på deformasjon i sterk strøm er vist i Figur 5.



Figur 5: Viser deformasjon av not under sterk strøm (Foto: Lerøy Aurora AS).

En aktør beskriver at de har et kriterium for å avslutte bruk av luseskjørt hvis de opplever et tap av tilgjengelig volum i nota på 30 – 40 %. De har opplevd dette på lokaliteter med registrert

strømhastighet opp mot 80 cm/s, og påfølgende deformasjon av nota. Hvis slikt tap av volum gjentar seg demonteres skjørtene for resten av generasjonen.

Stor eksponering for bølger settes i sammenheng med skader som påføres skjørtene. Stropper kan slites av og toppseksjonen kan få riveskader. En aktør presiserte at dette gjaldt spesielt på lokaliteter eksponert for havsjø, og at de kunne oppleve skader som skyldtes utmatting av materialer. Som for strømssterke lokaliteter beskrev deltagere at de hadde eksponerte lokaliteter hvor skjørt ikke ble benyttet på grunn av bølger.

Vind kommenteres ofte sammen med eksponering for bølger, og enkelte deltagere beskriver forhold hvor skjørt blåses opp utenfor flytekragen, mellom flytekrage og not og inne i nota. Luft presses da under flyterørene og samler seg i lommer i luseskjørtet, og dette er påvist både på tette skjørt og gjennomstrømmingsskjørt.

Det er ikke rapportert om skader eller andre uønskede hendelser i denne sammenheng, men skjørtet mister naturligvis sin funksjon når slike forhold inntreffer.

3.3.2 Oksygenforhold

Utover eksponering for bølger, strøm og vind, ansees oksygenforhold for å være den største begrensende faktoren for bruk av skjørt. Problemstillinga oppstår gjerne når biomassen øker og i perioder med høy temperatur, dette inntreffer typisk sen-sommer 2. året i sjøen. I dette tidsrommet kan også døgnmessige variasjoner i primærproduksjon pga. kortere daglengde føre til svingninger i tilgjengelig oksygen på lokaliteten.

OksygenSVikt som følge av for dårlig vannutskifting i nota oppgis å være en indirekte konsekvens av for lav strøm og vannutskifting, og en uønsket bieffekt av luseskjørt. Alle deltagerne opplyser om at de har erfaringer med oksygenSVikt og et påfølgende tap av appetitt og tilvekst. Oksygen overvåkes derfor i merdene og tiltak iverksettes når metningen faller, enten ved at skjørtene tas av eller løftes opp inntil vannmassene er skiftet ut. Problemet tiltar med økende biomasse og temperatur, og dersom det forventes at dette er vedvarende så avsluttes bruken av luseskjørt.

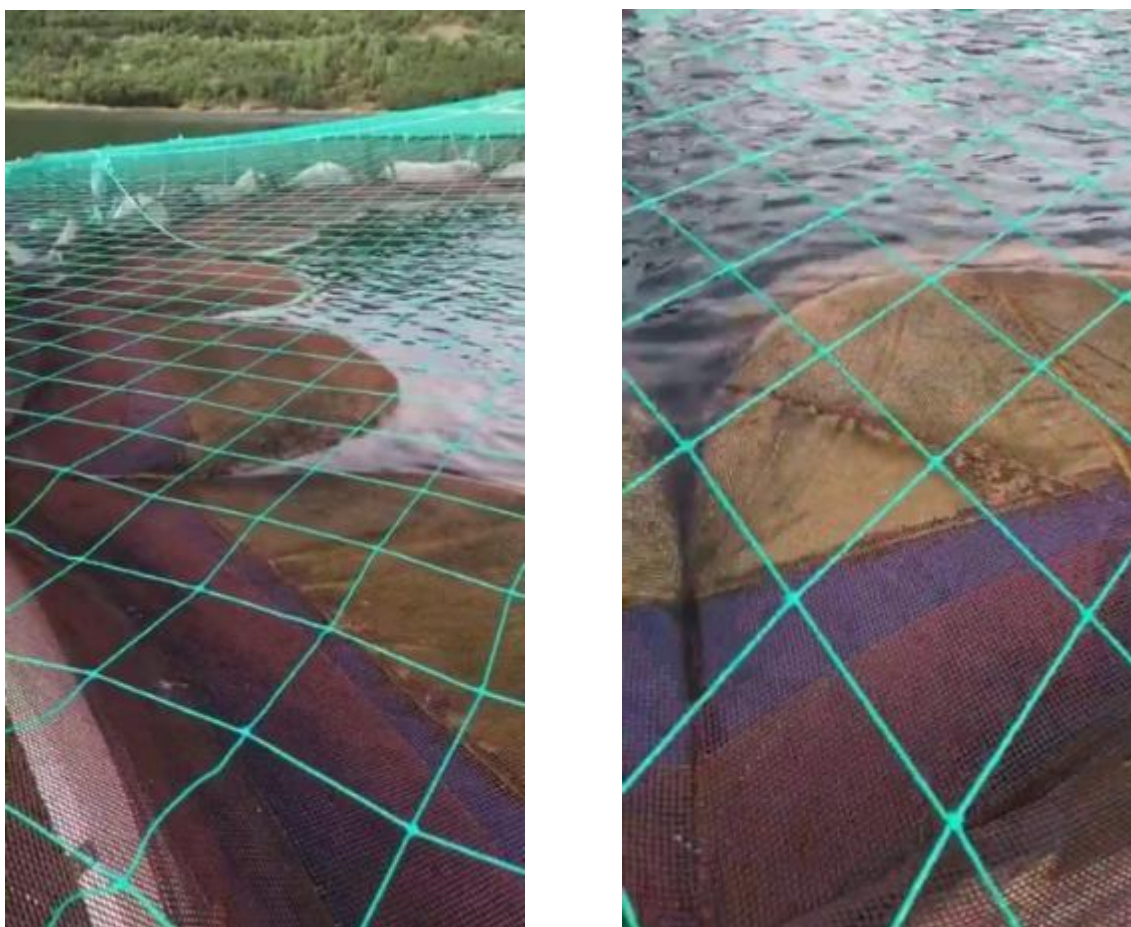
For å motvirke disse situasjonene benytter enkelte pumpeløsninger. Formålet med slike pumpeløsninger er å bedre miljøet inne i merden ved å øke vannutskiftingen. Få av deltakerne hadde testet ut pumpeløsninger, og blant disse var det både ulike erfaring og ulik tro på denne teknologien. En prosjektdeltager mente at pumping av vann virket mot sin hensikt, siden det fikk fisken til å stå høyere i merden og dermed mer utsatt for lusepåslag.

En positiv effekt av å bruke pumpeløsninger var at enkelte av prosjektdeltagerne så bedre tilvekst i merdene hvor slike pumpeløsninger ble brukt sammenlignet med de uten. Prosjektdeltagerne mente at i merdene med pumpeløsninger, så gikk ikke fisken like dypt og befant seg i et varmere vannlag. Vekstresponsen kan eventuelt også skyldes forbedret oksygenforhold i dette vannlaget. Ingen av prosjektdeltagerne brukte slike pumpeløsninger strategisk ut fra sesongmessige variasjoner.

3.3.3 Avrenning av ferskvann og sprangsjikt

Vi har deltagere som er lokalisert ytterst på kysten, mens andre er plassert inne i fjordsystemer med stor ferskvannsavrenning under snøsmelting og i flomperioder. Forekomst av tydelige halokliner er derfor varierende. Spørsmål rundt ferskvannets påvirkning på bruk av luseskjørt er derfor kun relevant for en del av gruppen som er intervjuet. Gruppen er også geografisk spredt fra nord til sør, og variasjonen i mengde innstrålt sollys (irradians) påvirker derfor tidspunktet for etablering og oppløsning av termokliner.

En del av gruppen beskriver et fenomen hvor luseskjørtet presser sammen nota fra alle sider, slik at den får en timeglassfasong, se Figur 6. Presset fra luseskjørtet kan da være så sterkt at folk har gått rundt på innsida av flytekragen. Det er begrenset med registreringer av temperatur, saltholdighet og strømhastighet når dette inntreffer, men det er kun registrert på lokaliteter inne i fjordsystemer. Ferskvann og dybde på ulike sprangsjikt antas å ha betydning for påslag av lakselus, men vi har ikke fått oppgitt strategier for å utnytte dette på en fordelaktig måte. Enkelte deltagere har oppgitt at de forsøker å unngå dette med bruk av pumpesystemer eller gjennomstrømmingsskjørt. Det er også beskrevet observasjoner som antyder at deformasjonen kan skyldes fiskens egenbevegelse og dens påvirkning på strømmen inne i nota. Stor fisk antas å sette i gang en sirkulær strøm og en sekundær vertikal strøm, som igjen resulterer i at nota suges sammen.



Figur 6: Viser deformasjon av not med timeglassfasong (Foto: Salaks AS).

3.3.4 Endringer i miljøtilstand (resipient)

Vi har bedt deltagerne om å vurdere om luseskjørt kan påvirke den lokale miljøtilstanden, som trendovervåkes gjennom resipientundersøkelser.

Kun én aktør mener at luseskjørt kan påvirke miljøtilstanden negativt. Spesielt på lokaliteter med god overflatstrøm og dårligere sprednings- og bunnstrøm. Dette ble eksemplifisert med at de hadde hatt drift på én lokalitet med slike strømforhold, og opplevd lokal overbelastning ved enkelte merder. Det ble derfor antatt at luseskjørtene påvirket strømforholdene i overflatelaget, som igjen resulterte i at spillfôr og fekalier sank rett ned. De hadde ikke opplevd en slik reduksjon i miljøtilstand i de forutgående produksjonssyklusene hvor de ikke brukte luseskjørt. De øvrige deltagerne hadde ingen observasjoner av forringet miljøtilstand som kunne tilskrives bruken av luseskjørt. Det ble derimot poengtert av en deltager at basert på skjørtenes dyp, og at fôr og fekalier normalt sett slipper ut av nota i nærheten av den bunn, så vil skjørtets betydning for spredning av organiske utslipp være uten betydning. Forringelse av miljøtilstanden i resipienten skyldes derfor overforing, dårlige strømforhold på lokaliteten eller én for grunn lokalitet.

3.4 Fiskehelse

All bruk av nye teknologiske løsninger som installeres på en lokalitet, må brukes slik at de ikke øker risikoen for redusert fiskehelse. Kapittelet omfatter ulike forhold av betydning for fiskehelse, hvor vi har bedt deltagerne vurdere om luseskjørtet kan ha positiv eller negativ effekt.

3.4.1 Dødelighet

Dødelighet som kan relateres til bruk av luseskjørt er et tema som er relevant for intervjugruppen, men vi har mottatt få konkrete besvarelser basert på deltagernes egne erfaringer.

Majoriteten av deltagerne har fortalt at det er lav risiko for dødelighet med bruk av luseskjørt. Et fåtall rapporterte at de hadde opplevd økt dødelighet på sine lokaliteter, men de kunne ikke relatere dette til bruken av luseskjørtet. En gjentakende kommentar er at siden luseskjørtet kun dekker en del av notas volum, så kan fisken trekke bort fra dette ved ugunstige forhold. Dette vil da gjelde ved både oksygensvikt, uvær og deformasjoner. Kun én av deltagerne mente at luseskjørtet hadde ved et tilfelle gitt økt dødelighet, under deformasjon av nota og plutselig endring av volum i sterk strøm.

3.4.2 Skinnhelse og sårdannelse

Sårdannelse hos fisk er et velferdsproblem. Sårdannelse kan oppstå som følge bakteriell infeksjon, men også som følge av mekanisk skade gjennom håndtering av fisken. Sårproblematikk kan være en større utfordring i Nord-Norge enn lengre sør på grunn av kalde vintertemperaturer som gjør at sår gror saktere. Hvor stort omfang sårdannelse var et problem for de deltagende hvor dette var relevant varierte. Hvorvidt luseskjørt kan ha negativ innvirkning på sårdannelse virker lite trolig. Erfaringene fra de intervjuede var samstemte på at luseskjørt ikke forårsaket økt sårdannelse hos fisk.

3.4.3 Gjelleproblematikk

Gjellene hos laksefisk er et ømtålig organ som på enkelte områder er kun et cellelag tykt. Det gjør dette organet sårbart for blant annet håndtering og bakterielle infeksjoner. Redusert gjellekvalitet kan også være stressende for fisken gjennom redusert oksygenopptak. Vi har spurt deltagerne om hvilken betydning gjelleproblematikk har for bruk av luseskjørt. Temaet var relevant for majoriteten av gruppen, men besvarelsene var sprikende ut fra hvor i landet de intervjuede oppholdte seg. Det er kjent at gjelleproblematikk er et større problem på Vestlandet enn i Nord-Norge. Svarene fra intervjuene ga ikke den samme geografiske gradienten på om luseskjørt forverret gjelleproblematikken da det var opptil flere av de intervjuede fra Midt- og Nord-Norge som hadde gjelleproblematikk i forbindelse med luseskjørt. En prosjektdeltager fortalte at de har valgt å endre sin strategi ved bruk av luseskjørt som følge av gjelleproblematikk. Det ser ikke ut til at luseskjørt forverret gjelleproblematikken i tilsvarende geografisk grad ut fra svarene fra intervjuene.

En alvorlig, og kanskje den mest diskuterte, gjellesykdommen de senere årene er Amoebic Gill Disease (AGD). AGD forårsakes av amøben *Paramoeba perurans* og har blitt påvist på Vestlandet og opp til sørlige deler av Helgelandskysten. Spørsmål om AGD var derfor relevant for halvparten av deltagerne. Om forekomsten av AGD økte i merden som følge av luseskjørt

var det stor usikkerhet om. En av deltagerne mente at luseskjørt hadde negativ beskyttelse mot AGD, mens de resterende deltagerne hadde ikke opplevd denne beskyttelsen.

3.4.4 Predatorer, alger og maneter

Ettersom luseskjørt er en ekstra barriere utenfor noten kan det tenkes at de kan beskytte laksen mot andre faktorer enn kun lus. Deltagerne har derfor blitt spurt om luseskjørt kan gi en ekstra fordel i beskyttelse mot predatorer (fugl, sjøpattedyr og rovfisk), alger og maneter.

Erfaringene fra deltagerne var sprikende der kun et fåtall hadde problemer med predatorer som skarv og pigghå, mens de øvrige hadde få eller ingen problemer. Intervjugruppen var derimot samstemt i at luseskjørt hadde ingen eller liten beskyttende effekt mot slike elementer.

Både brennmaneter og glassmaneter er nesledyr som har nesleceller som kan skade fisk. Tilbakemeldingene fra intervjugruppen tyder på at maneter generelt sett ikke er et problem i næringen, men enkelte av prosjektdeltagerne kommenterte at de hadde vært borti situasjoner hvor fisk hadde blitt skadet av maneter. Besvarelsene var allikevel så sprikende at det ikke kan konkluderes om det finnes en effekt.

Alger kan være en utfordring for fiskehelsen på flere ulike måter. Enkelte arter kan produsere toksiner som er giftige for fisken, mens andre alger kan ha tagger som kan feste seg på gjellene og irritere fisken. Noen av prosjektdeltagerne hadde opplevd problematikk med alger, men hvorvidt luseskjørt kunne redusere skaden var de usikre på. Noen av deltagerne mente at luseskjørt kunne ha en beskyttende effekt mot algebelter, men det kom an på hvor i vannmassene algebeltet befant seg.

3.4.5 Biomasse, tetthet og appetitt

Biomasse og appetitt var to temaer som var svært relevant for en stor del av intervjugruppen. Kontroll på biomasse er viktig for alle selskaper til dels på grunn av at det er myndighetskrav, men også fordi at det er dette selskapenes prestasjoner blir målt på. Svarene fra intervjugruppen var noe sprikende om når luseskjørtet ble tatt av. Ulike tidspunkt for utsett gjør at en når biomassetaket ved ulik tid på året. Det betyr at problemstillingen om høy biomasse ofte vil avgjøres av hvilken begrensning en møter først; vannkvalitet eller tetthet. Begge disse begrensningene kan også ha innvirkning på appetitten hos laks. God appetitt hos fisk gir god tilvekst som igjen vil gi rask økning i biomasse og dermed korte ned produksjonstiden i sjø. Kortere produksjonstid i sjø kan i tillegg redusere smittepresset for laksen. God appetitt blir brukt som velferdsindikator hos fisk og er et sunnhetstegn siden dette gir et godt grunnlag for at de metabolske prosessene skal fungere optimalt. Nedsatt appetitt kan gi vedvarende konsekvenser i form av stor variasjon i snittvekt, økt andel taperfisk i merden og økt risiko for sykdom. Flere deltagere hadde opplevd en reduksjon i appetitt hos fisk som følge av flere hendelser med reduserte oksygenverdier.

3.4.6 Rensefiskens velferd

Rensefisk er en felles betegnelse for flere ulike arter av leppefisk samt rognkjeks, og de brukes som lusespisere i merden. Rensefisk stiller andre krav til miljøforhold i merden enn det laks gjør, og bruk av luseskjørt kan derfor ha en annen påvirkning hos rensefisk enn hos laks. De senere årene har det blitt rettet en økt oppmerksomhet på rensefiskens velferd i merdene, og

hvordan luseskjørtets innvirkning har hos de ulike rensefiskartene er derfor diskutert. Temaet er relevant for en andel av gruppen som har erfaringer innen bruk av rensefisk og i kombinasjon med luseskjørt.

Laksens vertikale vandring i merden er godt dokumentert, og har vist at laksen kan stå dypere i merder med luseskjørt. Hvorvidt rensefisk trekker ned på samme måte er ukjent. Om rensefisk ikke trekker ned, men blir igjen i de øvre vannmassene i større grad enn det laksen gjør, kan det tenkes at rensefisken er mer utsatt for reduserte oksygenverdier. Majoriteten av gruppen brukte eller hadde brukt rensefisk sammen med luseskjørt. Ingen av deltagerne som hadde erfaring med rensefisk hadde opplevd luseskjørt som negativt for rensefisken. Faktisk hadde de aller fleste sett en positiv effekt, spesielt på eksponerte lokaliteter, siden luseskjørtet bremser strømmen. Rognkjeks er ikke en utpreget god svømmer, og kan være utsatt for sterk strøm. Det kan derfor tenkes at rensefisk i merder uten luseskjørt bruker mer energi på å svømme enn rensefisk i merder med luseskjørt.

All rensefisken har behov for fysiske skjul hvor den kan hvile. Rensefiskskjul har design tilpasset hvilken art som benyttes, da rognkjeks må suge seg fast for hvile mens de øvrige artene trenger kun en skjerming for de frie vannmassene. Skjulene henger på ulike dyp fra overflaten, og det er diskutert om deres plassering i merder med luseskjørt kan ha en betydning for fiskens velferd. Dette basert på en hypotese om skjul plassert i et ugunstig miljø kan resultere i redusert velferd. Ingen av deltagerne (med relevant erfaring) hadde plassert skjulene med hensyn til luseskjørtene, og de hadde heller ikke observert sviktende velferd som kunne relateres til disse problemstillingene.

Tilbakemeldingene fra deltagerne tyder på at det er forbundet lav risiko for forøket dødelighet ved bruk av luseskjørt. Få deltagere hadde opplevd forøket dødelighet som følge av bruk av luseskjørt. Funnene fra intervjurunden tyder på at luseskjørt utsetter gjellene for størst problematikk i form av skader eller redusert gjellekvalitet. Miljømessige betingelser ble sett på som en medvirkende faktor for økt risiko for dødelighet. Kombinasjonen redusert gjellekvalitet og suboptimale miljøbetingelser gir den største risikoen for redusert fiskehelse og fiskedød.

3.5 Effekt

Vi har bedt deltagerne om å beskrive hvilke forsøk de har gjort for å avdekke effekten til luseskjørt. Vi har også bedt dem om å beskrive hvilke forventninger de hadde, hvilken effekt de har klart å måle og eventuelt hva effekt skyldes. Deltagerne har presentert sine observasjoner og resultater fra egne studier, utført internt i selskapene eller sammen med forskningsinstitusjoner. Temaet er relevant for majoriteten av deltagerne i intervjugruppen, og besvarelsene sprer seg fra tallfestede resultater til anekdotiske tilbakemeldinger.

Vi har avdekket at det er to ulike oppfatninger rundt hvordan og hvorfor et luseskjørt fungerer. Den ene gruppen mener at effekten skyldes at luseskjørtet er en barriere mot de omkringliggende vannmassene, og at luseskjørtet forhindrer påslag ved at vannmassene med infeksiose stadier av lakselus ledes forbi merda. Dette er også omtalt som en skjermingseffekt. Den andre gruppen poengterer at fisk i merder med luseskjørt står dypere enn i merder uten. Den trekker derfor ned under vannmassene med lus (vert-parasitt "mismatch"). Resultatet vil uansett være det samme, ved at man forhindrer kontakt mellom laks og lus.

Vi har deltagere som startet med egne forsøk allerede fra 2010 og storskala bruk fra 2011. Det er utført et fåtall vitenskapelige forsøk i regi av eksterne forskningsinstitusjoner hvor det er utprøvd ulike design og andre preventive tiltak, med kontrollgrupper hvor fisk har stått uten beskyttelse. Resultatene av disse er presentert i kapittel 4.

Vi har også deltagere som har utført egne forsøk men disse er mer preget av å være en benchmarking av ulike design og leverandører, for å beslutte hvilken dybde og materialtype de skal gå til innkjøp av. De har da ikke hatt samme vitenskapelige kvalitet, og det er ikke brukt kontrollgrupper for å kvantifisere resultatene. Vi har også deltagere som ved tilfeldigheter har påvist effekt av luseskjørt, da ved at enkeltmerder ble stående uten beskyttelse.

Det var svært stort sprik rundt hva som ble oppgitt som forventninger til effekt. Det ble henvist til utførte forsøk, og erfaringer som i andre i havbruksnæringen hadde gjort seg. Men det har også vært en ærlighet rundt om at de er klar over at det vil være store lokale og regionale variasjoner, og at man ikke kan forvente samme resultater som andre. Luseskjørtet er allikevel ansett som en forebyggende metode med lav risiko for uønskede hendelser, og terskelen har vært liten for å prøve det ut på egne lokaliteter.

Et sitat fra en deltager beskriver en ytring med moderate forventninger til effekt: *"Vi vet for lite om hva som er forventet effekt. Vi er veldig gode på å bruke ting uten at det er godt dokumentert, men vi vet fortsatt ikke hvor god effekt vi kan forvente av skjørtene. Dette kommer an på området man er i, smittepresset totalt etc. Det er ekstremt mye mer vi skulle ha visst om bruk av luseskjørt enn det vi vet i dag."*

Med hensyn til målt effekt har en deltager fortalt at de ved et uhell hadde bestilt ett skjørt for lite, og en merd ble da stående ubeskyttet – og som en ufrivillig kontrollgruppe. Denne fikk betraktelig mere lus enn de øvrige merdene, og er en av årsakene til at de har valgt å satse videre på luseskjørt.

Vi har spurt deltagerne om hvordan de har dokumentert effekten av luseskjørt og besvarelsene var veldig sprikende. Enkelte av deltagerne beskriver en effekt på luseskjørt mellom 20 og 30 %, mens andre har opplevd en effekt opp mot 80 %. Men det er da ikke presisert hva denne effekten står i forhold til. Det er som oftest ingen reelle kontrollgrupper involvert, og effekten kan være oppgitt i forhold til forutgående generasjon eller en annen lokalitet. Resultatene har

begrenset verdi for andre områder enn den aktuelle lokaliteten, og den fanger heller ikke opp variasjoner fra år til år med ulikt smittepress.

En annen deltager presenterte en annen interessant metodisk tilnærming til beregning av effekt, hvor han i stedet for å regne effekt i prosent så på antall dager fra utsett til første lusebehandling, og så intervallet mellom hver påfølgende behandling. Dette var basert på en konkretisering av at luseskjørtet har en forsinkende effekt på utvikling av lus i anlegget, og målet måtte være å forskyve første behandling så langt som mulig i tid, og kanskje unngå en eller flere behandlinger i produksjonssyklusen. Metoden er utprøvd på flere lokaliteter i deres selskap, og kan den kan enkelt implementeres hos alle brukere av luseskjørt for å se om effekten kan sammenlignes. Deltageren har beskrevet ett av sine innledende forsøk som følgende: "*...Vi har prøvd å bruke skjørt på én av to lokaliteter som ligger nært hverandre, med seks merder på hver. Lokalitetene hadde litt forskjellig utsettstidspunkt. Vi så at vi hadde 29,8 dager i sjø per behandling i snitt på anlegget med luseskjørt, og 21 dager i sjø per behandling i snitt på anlegget uten luseskjørt. Antall dager før første behandling var 123 dager med skjørt mot 60 dager på anlegget uten skjørt.*".

Det er et stort sprik i deltageres beskrivelse av effekt. Noen få har opplevd fullstendig fravær av effekt og deretter gått bort fra luseskjørt, mens andre har sett god effekt og utvikler metode og teknologi videre. Generelt sett har deltagerne oppsummert sine erfaringer med at de anser luseskjørtet å gi en forsinkende effekt på utviklingen av lusesmitte, og at de forskyver tidspunktet hvor de iverksetter andre tiltak.

Egensmitte i forbindelse med lusebehandling oppgis av flere deltagere å være en utfordring. Under fortrenging av fisken faller en andel av den voksne lusen av, og så lenge denne ikke samles opp vil den kunne slå seg på annen laks i eget eller andres anlegg i området. Det beskrives en varierende praksis rundt demontering eller løfting av luseskjørt i forbindelse med annen lusebehandling. Enkelte aktører velger å la skjørt stå på under behandling mens andre demonterer dem. Enkelte løfter opp skjørtet under behandling for så å slippe dem ned umiddelbart etterpå, andre venter med å slippe dem ned til behandlingen er gjennomført. Enkelte avslutter generasjonens bruk av luseskjørt når første behandling gjennomføres, mens andre fortsetter bruken til utslakting eller at andre forhold gjør at skjørtene må tas av.

Beskrivelse av egen praksis viser at avveiningene om skjørt skal brukes etter behandling blir en kombinasjon av forventning om videre effekt, tilvekst og hvor arbeidskrevende den resterende håndteringen blir.

Vi har spurt deltagerne om luseskjørtet kan gi en negativ skjermingseffekt i form av at luselarver blir holdt inne i merden tilstrekkelig lenge til at de utvikler seg og blir infeksiose. Én deltager var veldig bevisst på at luseskjørt kunne ha en negativ effekt gjennom en slags drivhuseffekt som økte egensmitten i merden. Etter denne hendelsen hadde de implementert i sine prosedyrer at luseskjørtene skulle av om snittet for kjønnsmodne hunnlus oversteg 0,15. Tilbakemeldinger fra andre deltagere var at de ikke hadde sett den samme trenden.

4 Litteraturstudium

4.1 Hydrodynamikk

Hydrodynamikk er væsker og gasser sine bevegelser på makronivå og innebærer forståelse av strømningsmønster, virvler og turbulens (snl.no). Hydrografi er havvannets kjemiske og fysiske forhold, eksempelvis saltholdighet og temperatur som vil påvirke tettheten og derav den vertikale sjiktningen og sirkulasjon av vannmassene. I denne sammenheng er det valgt å bruke hydrodynamikk om hva som skjer på innsiden av skjørtet, da dette kan sees på som et delvis lukket system, mens hydrografi er den vertikale sjiktning og egenskaper i havvannet på utsiden av skjørtet.

4.1.1 Observert hydrodynamikk

Den direkte effekten av skjørt på hydrodynamikken ble studert i et storskalaforsøk ved bruk av fargemarkør (fluorescein) og høyoppløste bilder i tidsserie fra drone (Frank et al., 2014). Strømningsmønster ble sammenlignet mellom merd med skjørt og merd uten skjørt, og under forskjellige værforhold. Studiet viste at skjørt påvirker strømningsmønster mellom og rundt merder. Vann føres rundt og langsmed skjørtet og redusert trykk oppstår på nedstrømssiden av skjørt (en skjermingseffekt). I tillegg til endringer av vannutskiftning horisontalt, ble det også observert endringer av vannstrømmen vertikalt. Overflatevann presses under skjørtekant og går inn i merda. Oppsummert ble det konkludert med at utbytting av vann i de øverste vannlagene reduseres ved bruk av skjørt, og man får endrede strømforhold. Litteratur publisert i etterkant støtter oppunder disse funnene (Lien et al., 2014; Volent og Jónsdóttir, 2019; Volent et al., 2020; Klebert et al., 2020; Jónsdóttir et al., 2021a:2021b).

4.1.2 Målinger av hydrodynamikk

Nyere studier har i større grad benyttet strømmålere, som er en mer indirekte metode for å karakterisere strømningsmønstre og hydrodynamikk (Jónsdóttir et al., 2021a:2021b; Klebert et al., 2020). Det ble observert svakere strøm i en 160 m merd med spissnot og bruk av 10 m permeabelt skjørt. Svakest strøm ble observert ved 6 m dyp (86 % reduksjon innside sammenlignet med utside skjørt) (Jónsdóttir et al., 2021a). Etter 6 m dyp økte strømmen ved økende dyp. Det var en klar reduksjon i strømmen nedstrøms av skjørtet, med høyest reduksjon rett bak skjørtet. Ingen blokkeringseffekt ble observert (fra not) under 22 m dyp, som kan være en konsekvens av at det var spissnot. Til sammenligning ble det observert høyest reduksjon i strømmålinger ved 2 m dyp i sylindernot ved bruk av 6.7 m upermeabelt skjørt (Jónsdóttir et al., 2021b). Gjennomsnittlig reduksjon var 56.9 % sammenlignet med en reduksjon på 32 % uten skjørt. Reduksjon av nota i seg selv, vil avhenge av begroingsgrad og forholdet mellom arealet av notmaterialet og totalarealet av nota (Gansel et al., 2015). Effekten av fisk (5.5 kg i snitt) på strømningsmønster i merd med 10 m upermeabelt skjørt er også undersøkt (Klebert og Su, 2020). Fisken endret ikke strømmønster betydelig (retning vertikalt og radially pga svømmemønster) innenfor skjørtet, men reduserte farta på strømmen. Det ble også observert en reduksjon på strømmen nedstrøms på utsiden av merda (ca. 2 x diameteren av merda) pga

skjørtet (Klebert og Su, 2020). Skjørtedybde, type skjørt, notfasong og soliditet, samt biomasse er faktorer som kan påvirke og eventuelt redusere strømmen i merder med skjørt.

4.1.3 Hydrografisk påvirkning på hydrodynamikk

Flere studier har observert endret strømmønster vertikalt og mer turbulens i de øvre vannlagene ved bruk av skjørt (Frank et al., 2014; Lien et al., 2014; Klebert og Su 2020; Jónsdóttir et al., 2021b). I regi av SINTEF og FHF- prosjektet SKJERMTEK (2017-2020) har man klart å koble disse hydrodynamiske effektene innenfor skjørtet til hydrografiske miljøforhold og betydningen av lokalitetens vertikale tetthetsprofil. Spesielt tilstedeværelse av et definert sprangsjikt og pyknoklin (stor økning i salinitet over begrenset dybde) er av viktighet (Volent og Jónsdóttir, 2019; Volent et al., 2020; Jónsdóttir et al., 2020). Ved sammenligning av to lokaliteter med forskjellig vertikalprofil, ble det funnet mer vertikale strømmer og turbulens i lokaliteten med homogen/ usjiktet vannmasse (Volent og Jónsdóttir, 2019; Jónsdóttir et al., 2020). Lite energi kreves for å flytte en vannpartikkel fra overflaten og ned under skjørtet, og med påtrykk av strøm på duken kan vannpartikkelen bli presset ned og opp under skjørtet. Ved sterk pyknoklin og vertikal sjiktning på den andre lokaliteten, var det begrenset utskiftning av vann og mer forutsigbare strømforhold. De hydrografiske forholdene vil påvirke de hydrodynamiske forholdene på innsiden av skjørtet, vannutskiftning påvirker oksygenforhold og mulig også skjermingseffekten av skjørtet mot lus (Bui et al., 2019; Volent og Jónsdóttir, 2019; Jónsdóttir et al., 2020).

4.2 Teknisk, krefter og løfting av skjørt

Det er utført modellforsøk i strømningstank med nedskalert modell (1:17) for vurdering av krefter som virker på fortøyning, deformering av skjørt og vannstrøm (Lien et al., 2014; Volent og Bekkevoll, 2017). Modeller av 157 m merder både med flat bunn og spissnot, ulike skjørtedybder, duktype, ekstra nedlodding og sammensying/ plassering av skjørtekant er undersøkt ved ulike strømhastigheter, bølgehøyder og perioder.

Hovedfunn fra disse er at skjørtet øker kreftene i spissnot og sylindernot med bunnring med ca. 30 %. I bakkant, nedstrøms for skjørtet løfter ikke skjørtet seg før strømhastighetene kommer opp i 33-41 cm/s. I fremkant forflytter duken seg lite vertikalt (både for 5 og 10 m skjørt), før strømhastigheten passerer 20 cm/s. Den naturlige deformasjonen av merda er stor også uten bruk av skjørt ved økende strømstyrke. Innenfor normale strømhastigheter (<30 cm/s) ble det observert liten forskjell mellom planktonduk og tett duk mtp vertikal forflytting av skjørtet. Ekstra nedlodding, plassering av overlapp duk (motstrøms, medstrøms eller sydd sammen) gav liten effekt på krefter. Sammensying anbefales for å unngå at store mengder vann strømmer inn i merden og anbefalt nedlodding er mellom 5 og 8 kg/ m tørrvekt.

Til sammenligning er det observert i kommersielle merder under forsøk at skjørtet løfter seg ved strømhastighet på 8 cm/s (etter en periode med over 20 cm/s en time tidligere) (Jónsdóttir et al., 2021a). Ved bruk av trykksensorer ble det observert løfting av skjørt ved 13 cm/s, og løftet var høyest i bakkant, nedstrøms. Dette stemmer ikke helt med modellforsøkene, og kan

skyldes strømmens angrepsvinkel eller et mer variert strømbilde i virkeligheten sammenlignet med modellforsøkene (Volent et al., 2020).

4.3 Oksygenforhold

Grenseverdien for hvor lave oksygennivå fisken kan tolerere både med tanke på prestasjon (appetitt og vekst) og stressrespons, synker med økende temperatur (Remen et al., 2016). Perioder med høy temperatur, som sensommer og tidlig høst kan derfor være ekstra utfordrende mtp oksygen og bruk av skjørt. Det er observert lave oksygenverdier ved bruk av skjørt (Stien et al., 2012; Frank og Lien, 2015; Jónsdóttir et al., 2020), mens andre studier har vist til tilstrekkelige nivåer (Næs, Heuch og Mathisen., 2012; Næs et al., 2014; Lind, 2015; Stien et al., 2018; Midtlyng et al., 2019).

4.3.1 Studier med lave oksygenverdier

Stien et al., 2012 observerte reduksjon i oksygen ved bruk av kun 3 m dypt tett skjørt. Etter tre dager falt medianverdiene innenfor skjørtet til 51 til 62 %, sammenlignet med 89 % i en referansemerd. Temperaturen var rundt 15°C i overflatelaget. Forsøket som var tiltenkt å gå over en periode på 6 mnd ble avbrutt etter 7 dager. Fisken i forsøket hadde påvist PD og plasserte seg høyt i overflaten, mulig også motivert av temperatur (Johansson et al., 2006). Den vertikale profilen med høy temperatur og lavere salinitet i overflaten indikerer et høytliggende sprangsjikt. Begge disse scenarioene kan ha bidratt til å skape situasjonen der oksygenverdiene falt. Tilsvarende verdier ned mot 52-53 % er også observert i andre studier (Frank og Lien, 2015; Jónsdóttir et al., 2020; 2021b). Den direkte koblingen av skjørtet til reduserte oksygenforhold har blitt verifisert i to av studiene der man har fjernet skjørtet og målt effekten av dette ved en økning i oksygen i etterkant (Frank og Lien, 2015; Jónsdóttir et al. 2021b). Oksygenverdiene steg fra 59 til 81 % i løpet av kun 30 minutter til tross for lave strømverdier i studien til Jónsdóttir et al. 2021b.

4.3.2 Studier med gode oksygenverdier

For to av studiene som har rapportert gode oksygennivåer (minimum > 77 %) er lokalitetene plassert geografisk langt nord, og gjennomsnittlige temperaturer forventes å være noe lavere (Næs et al., 2014; Lind, 2015). Tidevannsforskjeller, strømforhold og primærproduksjon (Lind et al., 2015) vil også variere geografisk og gjennom sesong og kunne påvirke oksygenforhold. I studiet til Stien et al., 2018 i Nordland, observerte man reduksjoner i oksygen fra 5 til 35 % fra juli til august i merd med skjørt sammenlignet med referanse uten, men nivået var fremdeles over 70 % ved temperatur på 14°C. Reduksjonen syntes å sammenfalle med dybden på skjørtet (10 m permeabelt skjørt) (Stien et al., 2018).

4.3.3 Andre forhold som kan påvirke

Lokalitetens topografi, anleggsutforming, biomassestatus og begroing på nøter kan også påvirke oksygenforhold (Volent et al., 2020; Jónsdóttir et al., 2020; Gansel et al., 2015). I tillegg vil laksens svømmeadferd og vertikale plassering påvirkes av miljøfaktorer, f.eks har man vist at den har en preferansetemperatur på 16-18°C, og kan aggregere i høye tettheter i overflaten (Oppedal et al., 2011; Johansson et al., 2006). Dersom fisken samler seg i høye tettheter bak det skjermede skjørtet, vil det kunne føre til et høyt forbruk av oksygen.

Nyere studier viser også at innløsning og tilgjengelighet av oksygen innenfor skjørtet i stor grad er påvirket av hydrodynamikk og hydrografi. Tetthetsgradienter og pyknoklin over skjørtedypet vil påvirke vannutskiftning og oksygenforhold. Dette kan som tidligere nevnt variere på lokalitetsnivå (Jónsdóttir et al., 2020;2021b; Volent et al., 2020).

4.4 Egenskaper lus

Skjermingseffekten til skjørtet for å redusere lusepåslag vil i stor grad avhenge av lusa og fisken sin plassering vertikalt i vannsøylen (Frenzl et al., 2014). Adferden til de planktoniske stadiene av nauplius og det infeksiose kopepoditt stadiet har blitt undersøkt i flere studier (Heuch et al., 1995; Nelson et al., 2018; Crosbie et al., 2019; Coates et al., 2020) og vertikal plassering av lusa i vannsøylen har blitt koblet opp mot effekt i modeller for spredning (Johnsen et al., 2014; Samsing et al., 2016; Coates et al., 2021).

4.4.1 Døgnmessig variasjon (diurnalt mønster)

Det ble observert døgnmessig variasjon (diurnalt mønster) i vertikal plassering for kopepoditter, hvor de samlet seg i overflaten om dagen og spredde seg til dypere lag om natten (Heuch et al., 1995). Vandringen så ut til å være styrt av lysintensitet, og i mindre grad av temperatur eller salinitet. Dette migrasjonsmønsteret er motsatt av hva som er observert for villaksen, og kanskje en strategi for å øke sannsynligheten for parasitt-vert interaksjoner. Et annerledes diurnalt mønster ble observert for nauplius larver hvor de befant seg i dypere vannlag om dagen (10-17 m), og grunnere om natten (1-6 m). Tettheten av luselarvene (nauplius) syntes å være høyest innenfor 100 m avstand fra produksjonsområder med oppdrett (Nelson et al., 2018).

4.4.2 Salinitet

I senere studier er det observert at salinitet også kan påvirke vertikalvandringen. Kopepoditter forsøker å unngå saliniteter under 27 ppt ved å endre svømmeadferd og synkerate (Bricknell et al., 2006). Crosbie et al., 2019 fant en mer gradvis reduksjon for kopepoditter ved synkende salinitet, noen individer ble også observert på 16 til 20 ppt. Nauplius larver ser ut til å unngå saliniteter under 30 ppt. Begge stadier syntes å aggregere rundt haloklinen/ spransjiktet (Crosbie et al., 2019).

4.4.3 Temperatur

For temperatur er det vist at nauplius vandrer mot overflaten når temperaturen er 10°C eller kaldere, men vandrer nedover og aggregerer på thermoklinen dersom temperaturen går over 12°C. Temperatur syntes ikke å påvirke vertikalvandringen til kopepodittene (Crosbie et al., 2019). Det er også observert at ved trykkøkning i seg selv (simulerer økende dyp), så migrerer kopepoditter mot overflaten (Coates et al., 2020). Men her ble det observert variasjoner mellom familier, hvor andelen som migrerte mot toppen varierte mellom 17 og 79 %. Dette indikerer at familier med svakere svømmerespons kan plassere seg dypere i vannsøylen (Coates et al., 2020).

4.4.4 Spredningsmodeller og mulig seleksjon

Spatiale spredningsmodeller bla i Hardangerfjorden indikerer at dersom lusa responderer på miljøvariabler som lys, salinitet og temperatur og vertikalvandrer, så reduseres utviklingstiden og de sprer seg lengre horisontalt (Johnsen et al., 2014; Samsing et al., 2016; Coates et al., 2021a). Da lakselusa er vekselvarm, og holder samme temperatur som omgivelsene, er den spesielt viktig for utviklingstiden. En utviklingstid på 35 døgnggrader til kopepoditt stadiet og mulig vertikalvandring (oppsøker vannlag med høyere temperatur) gav bedre samsvar i modell enn 50 døgnggrader utviklingstid, sammenlignet med reelle lusedata (Samsing et al., 2016). Ved en temperatur på 10°C tilsvarer dette en utviklingstid på 3.5 dager.

Det er også blitt spekulert i om variasjoner i lusa sin evne til å vertikalvandre kan utgjøre et seleksjonstrykk (Coates et al., 2020; 2021a; 2021b). Eksempelvis dersom kopepoditt-larven sin preferanse og mulighet for vertikalvandring påvirkes av dybdebasert metoder for avgrensning, kan metoder som bruk av skjørt få redusert behandlingseffekt i fremtiden (Barrett et al., 2020).

4.5 Effekter skjørt

Det er begrenset med studier som har vurdert effekten av skjørt på lusepåslag om vi tar utgangspunkt i fagfellekvurdert litteratur (Cerbule og Godfroid., 2020). Vedlegg 8.2.1 oppsummerer funn fra fire studier. Effekstudier er svært utfordrende i kommersiell skala da mange faktorer vil påvirke samtidig, og kan være en medvirkende årsak til at så få studier er fagfellekvurdert.

4.5.1 Studier som viser til effekt

De to studiene som viser til effekt er utført i Nordland, og rapportert effekt varierer fra 30 % reduksjon i ukentlig lusepåslag (Grøntvedt et al., 2018) til 80 % reduksjon på fisk etter 12 uker (Stien et al., 2018). En forskjell mellom disse to studiene, er at Grøntvedt et al., 2018 estimerte effekt ut fra fem lokaliteter i et område i Nordland, mens Stien et al. 2018 estimerte effekten ved kun én lokalitet i Nordland. Det kan indikere mer variasjon i dataene til Grøntvedt et al., 2018, og/ eller at miljøbetingelsene på lokaliteten til Stien et al., 2018 var gunstige for bruk av skjørt (f.eks salinitet > 30 ppt i hele vannsøylen). Disse studiene var også grunnlaget for Barrett et al., 2020 sin beregning av effekt ved forskjellig type barriereteknologi. Skjørt gav moderat effekt (median 33 % og variasjon 30 - 81 % n=2), snorkel var høyere (76 % og variasjon fra 8 til 95 %, n = 9) og i et lukket merdssystem (Nilsen et al., 2017) var reduksjonen 98 til 99.7 %.

4.5.2 Studier som viser begrenset/ fraværende effekt

Det er i senere tid utført to studier som indikerer fravær/ redusert effekt. Jevne og Reitan., 2019 fant ikke signifikant effekt av skjørt da de studerte lusedata fra et produksjonsområde i Frøya fra 2013 til 2018. Mellom to produksjonssykluser fra år 2016 til 2017, økte antall luseskjørt i bruk med x 5, men mediansnittet på lus var høyere for merder med skjørt. Forfatterne påpeker at disse funnene må tolkes varsomt, da det er mest observasjoner fra kun en produksjonssyklus og det kan foreligge geografiske variasjoner.

Hvilke stadie på lusa man måler effekt på kan også være av betydning. Det ble funnet små forskjeller i tetthet av planktonisk nauplius stadie ved sammenligning innside og utside skjørt (Jevne et al., 2021). Studien indikerte også en sammenheng mellom adulte holus på innsiden av skjørtet og tettheten til planktonisk nauplius på innsiden og utsiden av skjørtet, spesielt andre året i sjø. Sammenhengen var ikke like klar for lokaliteter uten skjørt. Dette kan indikere at lus produsert innenfor skjørtet spres mindre ut fra lokaliteten pga skjørtet skjerner for dette. Temperatur, årstidsvariasjon og brakklegging var også av betydning for tettheten av nauplius larver (Jevne et al., 2021).

4.6 Effekter av skjørt og andre preventive tiltak

Oversikt over fagfellevurdert litteratur som har sett på skjørt i sammenheng med andre preventive tiltak viser til fire studier. To av disse studiene i review format sammenligner effekt av ulike tiltak fra allerede publisert materiale (Barrett et al., 2020; Cerbule og Godfroid, 2020). Studien til Gentry et al., 2020 baserer seg på materiale fra forsøket til Bui et al., 2020, så totalt er det i realiteten en studie å vise til, se vedlegg 8.2.20.

4.6.1 Manipulering av svømmedyp

I flere studier har man forsøkt å manipulere laksen sitt svømmedyp vertikalt (f.eks ved bruk av undervannsfôring og lys) og mulig skape avstand i sted og over tid (mismatch) mellom vert og parasitt (Bui et al., 2019; Geitung et al., 2019; Wright et al., 2019). Effekten av preventive metoder som leppefisk, funksjonelt fôr, manipulering svømmedyp og luseskjørt ble undersøkt av Bui et al., 2020. Konseptet for vert-parasitt "mismatch" fungerte delvis da laksen i merder med undervannslys og fôring plasserte seg 6 m under haloklinen over tid, og ved bruk av skjørt i tillegg til de andre preventive metodene reduserte man lusepåslaget av fastsittende lus med 51,3 % sammenlignet med merder som kun hadde leppefisk. Det samme ble ikke observert for bevegelige stadier av lus, og det var lik frekvens på antall medikamentelle avlusninger gjennom studien. Samspillet mellom laksen og lusa sin vertikale plassering og preferanse i merden, påvirkes i stor grad av lokalitetens miljøforhold, som tilsvarende forsøksoppsett også avdekte ved to andre lokaliteter (Bui et al., 2019).

Selv om laksen tiltrekkes med undervannslys og fôring mot et dypere vannlag, hjelper det lite om lusa følger etter pga f.eks et brakkvannslag i overflaten (Bui et al., 2019; Trengereid et al., 2020). Effekten av et brakkvannslag ble studert av Wright et al., 2019. Men her forsøkte man å "lokke" laksen opp i de øvre vannlagene med kunstig brakkvann ved hjelp av et lys på en meters dyp. Det ble ikke observert forskjeller i lusepåslag mellom vanlige merder med skjørt, og merder med brakkvannslag og skjørt. For kort oppholdstid og ikke tilstrekkelig lave nok saliniteter kan ha vært medvirkende til dette resultatet, da senere laboratorieeksperiment viste at saliniteten være under 4 ppt over 3 timer eller lengre for å ta livet av kopepoditter (Wright et al., 2020).

Til sammenligning har andre studier vist og predikert god effekt ved dybdebasert avgrensning og teorien rundt vert-parasitt "mismatch" (Frenzl et al., 2014; Samsing et al., 2016; Barrett et al., 2020). Som et eksempel ble det observert 75 % redusert lusepåslag gjennom en 12 måneders produksjonssyklus ved bruk av snorkelmerd, men også her vises det til begrensninger ved bruk

i perioder med pyknoklin, høye temperaturer og brakkvann i overflaten om sensommer/ høst (Geitung et al., 2019).

4.6.2 Rensefisk og luseskjørt

Flere studier viser til bruk av leppefisk eller rognkjeks i kombinasjon med luseskjørt (Grøntvedt og Kristoffersen, 2015; Jevne og Reitan, 2019; Bui et al., 2020). Det fine med kombinasjon av disse metodene er at rensefisk kan bidra med å fjerne lus dersom den først kommer på innsiden av skjørtet (Holan et al., 2017). Bruk av grønngylt (*Symphodus melops*) i kombinasjon med skjørt resulterte i forskjellig svømmedyp og færre interaksjoner mellom laksen og grønngylten og derav redusert/ fraværende estimert beiteeffektivitet (Gentry et al., 2020).

4.7 Hva påvirker effekten?

Litteraturen viser til et begrenset antall studier og varierende grad av målt effekt av skjørt for å redusere lusepåslaget. Det er utfordrende å trekke slutninger, men videre følger noen gjentakende tema fra studiene som det er verdt å fremheve:

4.7.1 Variasjoner gjennom sesong og produksjonssyklus

Barriereteknologi og luseskjørt viser til variasjoner i effekt gjennom sesong (Samsing et al., 2016; Holan et al., 2017; Stien et al., 2018; Geitung et al., 2019; Bui et al., 2020; Jevne et al., 2021). Det antas at effekten syntes å være best på sommerhalvåret, med stabile vertikale temperatur og salinitetsgradienter og liten vertikal bevegelse av vannet (Holan et al., 2017). Høy temperatur og mye lys kan også bidra til å trekke luselarvene opp i denne perioden (Samsing et al., 2016). Utover høst og vinter vil temperatur og salinitetssjiktningen endres til en mer homogen vannmasse i de øvre vannlagene. Usjiktet vann har vist seg å lettere la seg blande inn under skjørtet (Volent og Jónsdóttir, 2019; Jónsdóttir et al., 2020) og effekten av luseskjørtet kan bli redusert. Mengden lus kan variere gjennom sesong og produksjonssyklus. Jevne et al., 2021 fant variasjoner i tetthet av planktoniske nauplius stadier med $\sim 0.4\text{--}2.5$ ind/m³ om sommer over 9°C og reduseres til 0.02–0.21 ind/m³ om vinteren under 9°C. I en tilsvarende langtidsstudie ble det også funnet variasjoner i mobile lus gjennom året og produksjonssyklus, med en økning mot slutten av produksjonssyklus (Bui et al., 2020). En effekt av brakklegging ble observert av Jevne et al., 2021, det ble ikke funnet planktoniske stadier av hverken lakselus eller skottelus (*Caligus elongatus*) etter 3 mnd uten fisk. Dette viser en viktig metode for å redusere internt smittepress mellom generasjoner og utsett.

4.7.2 Vertikal plassering av lus og laks

Lakselus har som tidligere beskrevet vist evne til å vandre vertikalt i vannmassene ut ifra en rekke miljøfaktorer som lys, salinitet, temperatur og trykk i seg selv (Heuch et al., 1995; Crosbie et al., 2019; Coates et al., 2020). Tilsvarende har laksen sine preferanser for miljøfaktorer som vil påvirke dens svømmeadferd og vertikale plassering (Oppedal et al., 2011; Johansson et al., 2006). Dette har nok bidratt til at noen studier som har forsøkt å manipulere svømmedyp og skape vert-parasitt "mismatch" i visse tilfeller har hatt begrenset suksess (Bui et al., 2019; Wright et al., 2019; Trengereid et al., 2020). Det er blitt foreslått at fisken sin avstand fra

haloklinen er av større betydningen enn faktisk svømmedyp (Crosbie et al., 2019; Bui et al., 2020). Sprangsjiktet er dynamisk og kan sammen med laksens avstand fra det påvirke infeksjonstrykket av lus fra dag til dag (Bui et al., 2020).

4.7.3 Variasjoner i effekt mellom lokaliteter

Variasjoner i effekt mellom lokaliteter er observert i flere studier (Bui et al., 2019; Volent og Jónsdóttir, 2019; Jónsdóttir et al., 2020). Spesielt syntes viktigheten av hydrografi og kjennskap til lokalitetens egnethet for bruk av skjørt å være av betydning (Stien et al., 2018; Grøntvedt et al., 2018; Jónsdóttir et al., 2020; Bui et al., 2019:2020). Det vil være forskjeller i vertikalprofil mellom en lokalitet inne i en fjord med høy ferskvannstilførsel sammenlignet med en lokalitet plassert langt ute i et fjordsystem med jevnere salinitet. Vertikalprofil er av betydning for oksygenforholdene innenfor skjørtet og vurderes som en av de største utfordringene ved bruk av skjørt (Holan et al., 2017; Jónsdóttir et al., 2020: 2021b; Volent et al., 2020), og påvirker trolig også skjermingseffekten mot lus (Stien et al., 2018; Jónsdóttir et al., 2020; Bui et al., 2020).

4.7.4 Skjørte dybde

Skjørte dybde antas å ha betydning for skjermingseffekten mot lus. 10 m dype skjørt viste seg å redusere andelen fastsittende lus mer sammenlignet med 6 m ved undersøkelse av 5 lokaliteter i Nordland (Næs et al., 2014; Johansen, 2014). Senere ble det samme materialet benyttet videre i en fagfellevurdert publisasjon (Grøntvedt et al., 2018), og her ble det vist til for få observasjoner til at man kunne konkludere med forskjeller mellom ulike dybder på skjørt. Forfatterne påpeker behovet for å undersøke ideelt skjørtedyp for optimal skjermingseffekt, og dette bør tilpasses den enkelte lokalitet (Grøntvedt et al., 2018).

4.7.5 Komplementær metode

Flere publikasjoner viser til at bruk av luseskjørt må betraktes som en komplementær metode og brukes ilag med andre preventive tiltak og det må iverksettes medikamentell behandling dersom lusegrensen overskrides (Holan et al., 2017; Grøntvedt et al., 2018; Bui et al., 2018:2019:2020; Cerbule og Godfroid., 2020; Barret et al., 2020). Dette er også i samsvar med litteraturen som viser til variabel effekt ved bruk av skjørt.

4.7.6 Dynamisk strategi

Studier viser til at en mer dynamisk strategi med mulighet for å variere skjørtedypet ifht lusa og fisken sin vertikale plassering kan være gunstig (Bui et al., 2018:2020; Crosbie et al., 2019). F.eks kan det være ønskelig å senke luseskjørt dypere dersom det er et brakkvannslag i overflaten og fisken står dypt, eller fjerne de helt dersom laksen står grunt i de øvre vannlagene med brakkvann (Bui et al., 2020). Bedre forståelse av samspillet mellom endringer i miljøet på lokaliteten og fisken og lusa sin vertikale plassering vil trolig øke effekten ved bruk av luseskjørt.

5 Diskusjon

Evaluering av metode

Vi har i denne arbeidspakken valgt å benytte en kvalitativ, intervjubasert metode hvor deltagerne er gitt mulighet til å beskrive sine egne erfaringer og opplevelser rundt bruk av luseskjørt. Intervjuene er basert på en standardisert intervjuguide, med like spørsmål til alle deltagere, men det er også presisert at denne guiden er veiledende og at deltageren står fritt til å holde sitt eget fokus. For å gi en uforpliktende frihet i besvarelsene er disse anonymiserte, og opptak som er utført er kun brukt til vår kontroll av innhold og sitatsjekker. Vi har hatt et sterkt fokus på å unngå vitenskapelige bias, og har prioritert å få deltagere med god geografisk spredning, ulike faglige roller, bedrifter av ulik størrelse og drift på lokaliteter med ulik eksponering. Leverandørene har sammenfallende markeder med en god geografisk spredning. Besvarelsene er transkribert til skriftlig form, og resultatene sammenlignet og vurdert av vår interne faggruppe med ulik erfaring og faglig bakgrunn. Det er så foretatt et bredt litteraturstudium innenfor relevante tema. Basert på dette kunnskapsgrunnlaget med kombinasjon av driftsmessig erfaring og resultater fra vitenskapelige forsøk har vi sammenstilt det vi mener er en beskrivelse av beste praksis i bruk av luseskjørt. Vi anser metoden å ha vært velegnet til formålet, og gitt oss en bred innsikt i de temaene vi har valgt å undersøke. Vi har i prosjektperioden vært forhindret fra å gjennomføre fysiske besøk hos kunder og leverandører av varer og tjenester, men intervjuer og møter på digitale møteplattformer har fungert godt.

Strategiske forhold

Innkjøpsprosessene og de teknologiske beslutningene preges av hvem som tar beslutningene og hvilken rolle eller faglig bakgrunn de har. Vi har avdekket at det i de fleste tilfellene er små grupper eller enkeltpersoner som iverksetter innkjøp, og det er stor variasjon i hvem som involveres. Siden de ulike faglige rollene har eget fokus i valg av metode og design vil det være fordelaktig å gjennomføre benchmarking med et utvalg av kriterier for teknologiens egenskaper før beslutning om innkjøp tas.

En effektiv bruk av teknologi fordrer god opplæring av brukerne. Et interessant funn er at deltagerne ønsker et større samarbeid med mer informasjonsflyt på tvers av selskapene. For å imøtekomme dette ønsket kan det legges til rette for etablering av digitale møter, fagkonferanser og forum. Røktene og driftsledere vil da gis en mulighet til å diskutere teknologiske utfordringer og erfaringer fra bruk. Vi har også fått et innblikk i gjennomføring av fagutdanningen, og vi ser at en tidlig introduksjon rundt bruk av oppdrettsteknologi vil ha en stor praktisk nytteverdi.

Utfordringer rundt eksterne tjenester som vask, reparasjon og vedlikehold har vært fremhevet i samtaler, og det er påpekt at disse er svært arbeids- og kostnadskrevende. Selv om materialkvaliteten har blitt forbedret, medfører slitasje i forbindelse med vedlikehold en betydelig forkortning av produktets levetid. Det etterlyses derfor bedre og mer skånsomme metoder for vask og vedlikehold, og det er i denne sammenhengen også presentert et økt fokus på produktenes levetid og mulighet resirkulering av kasserte materialer. Det er etablert et fåtall

servicestasjoner som har spesialisert seg på vask av luseskjørt med skånsomme metoder. Brukerne av disse tjenestene rapporterer om mindre slitasje og lengre levetid.

Ti år med bruk av luseskjørt har resultert i en teknisk forbedring, men vi kan nå se at innovasjonsgraden er avtagende. Luseskjørt har fått et standardisert design med et utvalg av tilleggsløsninger for tilpasning til lokale og regionale forhold. Det prøves ut kompletterende metoder for å øke effekten av luseskjørtet eller for å unngå negative forhold som oksygensvikt. Pumpeløsninger for å sirkulere vann inne i nota vil kunne forlenge brukstiden og dermed den akkumulerte effekten til luseskjørt. Men vi ser utfordringer i forbindelse med grensesnitt mot andre komponenter og tilknyttet øvrige operasjoner som krever både teknologisk og metodisk utvikling. Dette er presentert i påfølgende diskusjon av driftsmessige forhold.

Konklusjonen vår med hensyn til strategisk bruk er at et bredere faglig fokus kan gi en bedre tilpasning av luseskjørtene til den aktuelle lokaliteten, siden både praktiske, tekniske, fiskevelferdsmessige og økonomiske forhold må avveies for å oppnå gode og langvarige effekter. Egen eller felles benchmarking av ulike varianter basert på et tilstrekkelig antall kvalitetsmål vil være et viktig verktøy for å anskaffe det produktet som er optimalt for egne lokaliteter.

Driftsmessige forhold

Vi har avdekket en variasjon i materialvalg og design blant deltagerne. De har forsøkt å tilpasse utforming og størrelse til sine lokaliteter, men denne er i de fleste tilfeller basert på hva som er teknisk mulig og ikke basert på hvilken effekt de har. Vi har stilt spørsmål ved hvordan luseskjørtene er tilpasset de nøtene som de brukes på, og vi har ikke fått opplysninger at det er foretatt noe for å optimalisere luseskjørtets omslutning av nota. Luseskjørtet er tilpasset sylindriske nøter, og det foretas ingen innsøm på skjørt som skal brukes på spissposer. For å lukke luseskjørtet brukes utelukkende omslagsprinsippet, hvor skjørtets ender overlapper hverandre. Men det er varierende hvor langt endene overlapper hverandre og hvor denne lukkingen plasseres i forhold til strømreringen på lokaliteten. Brukerhåndbøkene vi har mottatt beskriver at den overlappende sonen skal plasseres på notas leside, men allikevel så har vi deltagere som plasserer denne på strømsida og på notas sider. Det er åpenbart at luseskjørtets skjermingseffekt avgjøres av hvor godt dette forhindrer vannutskiftingen i notas overflatelag, og dette påvirkes av både hvor godt skjørtet omslutter og hvordan det lukkes. Det bør derfor legges et økt fokus på å optimalisere dette. Flere deltagere beskrev at de hadde utprøvd ulike alternativer for lukking av skjørtene, men ingen har blitt kommersialisert eller anvendt i større skala.

Vi har også avdekket variasjon i luseskjørtenes dybde, og argumentasjonen for valg av grunne versus dype skjørt er også sprikende. Korte skjørt prefereres av tekniske årsaker når det benyttes nøter med innsydde løftetau for bunnring. Skjørtene må da tres på innsiden av disse, og kan derfor ikke være dypere enn den dybden hvor løftetauet går inn i nota. Korte skjørt brukes også i hele produksjonssyklusen, da negative forhold som oksygensvikt inntreffer sjeldnere. Brukerne av dypere skjørt argumenterer med at de ønsker en bedre beskyttelse, og aksepterer at de må overvåke vannkvaliteten. Et sentralt element i diskusjonen blir derfor om bruk av

dypere skjørt i et kortere tidsrom gir en annen akkumulert effekt enn langvarig bruk av kortere skjørt. Vi har funnet en fagfelle-vurdert studie hvor skjørtedyp er vurdert, men resultatene avdekket at forsøket hadde for få observasjoner til å trekke en entydig konklusjon (Grøntvedt et al., 2018). En vurdering av ideelt skjørtedyp bør avveie eksponeringsgrad (strøm og bølger), skjermingseffekt (hydrografi og vertikal sjiktning) og fiskens velferd (oksygenforhold og partikler). Dette bør vurderes for den enkelte lokalitet, gjennom året og utover i produksjonssyklus.

Produktdokumentasjon som brukerhåndbøker skal ha et spesifisert innhold i henhold til *NS 9415 Flytende oppdrettsanlegg*, og sammen med egne interne prosedyrer og metoder skal de gi driftspersonellet tilstrekkelig informasjon til korrekt montering og bruk. Deltagerne beskriver brukerhåndbøker som tilstrekkelige til sitt forhold, men fremhever samtidig viktigheten med egne prosedyrer. Prosedyrene er utviklet over tid, og som oftest lagt inn i bedriftens kvalitetssystem, men det er viktig å fremheve at kvaliteten på disse vil kunne heves gjennom et bedre samarbeid på tvers av selskapene. Som presentert under diskusjonen av strategiske forhold så poengterer deltagerne at de ønsker et bedre samarbeid, og dette vil igjen kunne forbedre kvaliteten på bruken av all teknologi på lokaliteten. Gode prosedyrer forenkler arbeid, det minimerer risiko for skader på personell og utstyr og det øker effekten av den teknologien som er tilgjengelig. Et konkret forbedringspotensial vil derfor være at man i fellesskap samler gode rutiner og presenterer dem i et format som er tilgjengelig mens de ulike operasjonene foregår. Skriftlige dokumenter tas sjelden ut på merdkanten, og er derfor ikke tilgjengelige hvis uventede forhold eller situasjoner inntreffer. Flere deltagere **poengterer** at bilder og video er langt mer virkningsfullt enn tekst. Og det bør også være nedlastbare for å være tilgjengelige i områder uten mobildekning.

Vi har undersøkt hvordan luseskjørt brukes i produksjonssyklusen, og forsøkt å avdekke når tid de settes ut og hvor lenge de står påmontert. Normalt sett monteres skjørt på før fisken settes i sjøen, slik at den har en beskyttelse fra starten av produksjonssyklusen. Det er en praktisk fordel å sette ut skjørt før nota, og siden biomassen i det første året er såpass lav så er det få utfordringer med lite oksygen og redusert tilvekst. Når tettheten begynner å tilta i siste del av produksjonssyklusen ser vi at stadig flere tar av luseskjørtene. Det vises da til de to nevnte forholdene, men vi har selskaper som lykkes med å kjøre hele generasjonen ut med luseskjørt påmontert. Vi ser her geografiske forskjeller, og det er kun i Nord-Norge at skjørt brukes hele generasjonen. Det har også sammenheng med at enkelte av disse bruker kortere luseskjørt på 5-6 meter. Kortvarig løfting av skjørt for å skifte ut oksygenfattig vann er et tiltak som vi ser et potensiale i, og dette kan være en metode som forlenger brukstiden og dermed forhindrer utviklingen av lusesmitte.

Det er stor spredning i hvordan skjørt håndteres under avlusning eller når flytting av fisk skal gjennomføres. Noen velger å ta av skjørtene når avlusningene igangsettes, andre løfter dem midlertidig opp for så å slippe dem igjen. Hvis fisken skal fortrenge i operasjonen benyttes det en kuleline, og det kan oppfattes som problematisk at skjørtet står på når denne trekkes inn under nota. Enkelte design av luseskjørt er heller ikke dimensjonert for denne ekstra belastningen, og vil kunne skades av dette. De som velger å ta skjørtene helt av argumenterer for dette med at biomassen begynner å bli stor, de forventer at det kan komme flere avlusninger og det er tidkrevende å håndtere skjørtene. Andre som velger å løfte dem opp for så å slippe dem ned har

et ønske om å hente ut all effekt av skjørtene, og avventer til fiskens biologi krever andre miljøforhold. Vi vil allikevel påpeke at vi ser en varians i hvordan skjørtene løftes og senkes ned igjen, som kan være av betydning for re-smitte av fisken etter avlusning. Dersom man ikke hever og senker skjørt merd for merd under prosessen, så vil lus som faller av kunne slå seg på fisk som allerede er behandlet. Vi anser det derfor som viktig at man etablerer metoder hvor luseskjørtet også skjermer for lus fra egen lusebehandling. Vi ønsker derfor også å adressere en problemstilling rundt et behov for å samle opp lus som faller av fisken under fortrenging. Man ønsker ikke at denne skal komme i kontakt med egen fisk, men samtidig må ikke denne slippes fritt ut slik at den kan slå seg på andre anlegg i regionen.

Vår konklusjon er at det er et potensiale for optimalisering av hvordan luseskjørt brukes, og vi oppfordrer til en bevisst strategi for å utnytte all tilgjengelig effekt i skjørtene, både ved å få teknologien best mulig tilpasset nøtene og de lokale forholdene, men også ved at man forsøker å hente ut lengst mulig brukstid.

Eksposering og miljøforhold

Lokalitetens eksposering for strøm, bølger og vind setter fysiske begrensinger for anvendelsen av luseskjørt. Rangert i forhold til hverandre beskriver deltagerne at strøm er det miljøparameteret som er av størst betydning for muligheten til å anvende skjørt, både direkte gjennom den fysiske påvirkningen på skjørtet og de hovedkomponentene det har et grensesnitt mot - men også indirekte gjennom relasjonen mellom luseskjørtets soliditet og fortøyningsanalysen. Lokalitetsundersøkelser i henhold til NS 9415 er foreløpig basert på måling av strøm i én måned og denne fanger nødvendigvis ikke opp årstidsvariasjoner, selv om det benyttes sikkerhetsfaktorer på toppen av maksimal strømhastighet. I modellforsøk er det påvist at skjørtet øker kreftene i nøtene med inntil 30 %, og det er også observert at skjørtene løftes mot overflaten ved strømhastigheter på 20 cm/s. I kommersielle forsøk har man observert et slik løft av not inntreffer allerede fra 8-13 cm/s (Volent og Bekkevoll, 2017; Jónsdóttir et al. 2021a). Kombinasjonen av at nota presses sammen – med risiko for en fisketetthet utover det forsvarlige - og en redusert effekt i form av et løftet skjørt som gir en begrenset beskyttelse, gjør at man på eksponerte lokaliteter bør vurdere om luseskjørt er en egnet teknologi.

Bølger er av deltagerne oppgitt til å være mest relatert til skader på luseskjørtene. På de mest eksponerte lokalitetene tas skjørt ofte av i vintersesongen, for så å remontere dem i vårsesongen. Hyppig overskylling av luseskjørtet vil naturligvis kunne resultere i en redusert effekt, og enkelte aktører velger å forsøke å unngå dette ved å benytte luseskjørt med en skvettkant.

Vind kan presse luft under flytekragen (se rapportens forside) og blåse opp luseskjørtet, slik at dette løftes mot overflata. Skjer dette inne i flytekragen får man et redusert notvolum slik som ved sterk strøm, mens dersom det skjer på utsiden får man kun en redusert beskyttende effekt.

Det er beskrevet et fenomen som omtales som timeglasseseffekt, hvor nota presses inn fra alle sider, og da så mye at det er mulig å gå på notveggen på innsida av rekkverket. Det er ikke bevist hva dette skyldes, men det antas at årsaken kan være spesielle strømforhold, mye ferskvann i overflatelaget eller andre hydrografiske forhold. Og på samme måte som ved sterk ensrettet strøm kan det resultere i at man mister store deler av tilgjengelig volum inne i nota.

Enkelte lokaliteter har naturlig lave oksygenverdier i deler av året, og et luseskjørt kan forverre dette. Fra litteraturen og prosjekter i den senere tid har det blitt fokusert på den enkelte lokalitet og de omkringliggende vannmassenes vertikale sjiktning. De hydrografiske forholdene (temperatur, oksygen, salinitet og tetthet) vil påvirke de hydrodynamiske forholdene (vertikale strømmingene) på innsiden av skjørtet, ved at tilstedeværelse av en pyknoklin kan begrense innstrømming av vann. Redusert vannutskiftning vil igjen kunne påvirke oksygenforhold og mulig også skjermingseffekten av skjørtet mot lus (Bui et al., 2019; Volent og Jónsdóttir, 2019; Volent et al., 2020; Jónsdóttir et al., 2020).

For å kunne bruke luseskjørt på lokaliteten må man derfor kjenne de fysiske forholdene godt. Både eksponering og hydrografiske forhold er av betydning for om og når du kan bruke skjørt, og hva effekten kan være. Noen av deltagerne har testet ut pumpe- og vannutskiftningssystemer for å bedre vannkvaliteten. Et FHF-prosjekt som ble ferdigstilt i 2019 så på effekten av et vannutskiftningssystem og luseskjørt (Midtlyng et al., 2019). Prosjektet sammenlignet ikke effekten av vannutskiftningssystemet mot en kontroll med bare bruk av skjørt. Det er derfor vanskelig å vurdere den konkrete effekten av systemet på eventuell forbedring av oksygenforhold. Potensialet i slike systemer er uansett at de kan forbedre vannkvaliteten i deler av året, og forlenge brukstiden på luseskjørt.

Fiskehelse

For alle oppdrettere som investerer i nytt utstyr vil det være av interesse om utstyret påvirker fiskehelsen negativt eller positivt. Tilbakemeldingene fra intervjurunden viser at risikoen for dødelighet ansees som lav. Oppdretterne sitter på mye erfaring med luseskjørt, og dødelighetshendelser i forbindelse med luseskjørt har vært veldig lavt i den perioden skjørtene har vært i bruk. Et godt eksempel på at risiko for dødelighet ansees som lav er at en av deltagerne valgte å gå all-in på luseskjørt uten særlig testforsøk i forkant. Hadde risikoen for fiskehelse blitt ansett som høy hadde det blitt gjennomført flere og mer omfattende testforsøk i forkant for å avdekke ulike risikofaktorer som kan spille en viktig rolle for fiskehelsen. Det har blitt gjort noen studier som har sett på luseskjørtets påvirkning på fiskevelferden. Disse studiene indikerer at bruk av skjørt ikke påvirker velferden negativt (Stien et al., 2018; Trengereid et al., 2020; Bui et al., 2020).

Luseskjørt henger utenfor noten og, ved normale omstendigheter, ikke påvirke fisken direkte. Men luseskjørtene kan påvirke miljøforholdene indirekte. Endring av oksygenforhold i merden betegnes som den største faren for redusert fiskevelferden. Den største faren for fiskevelferden er oksygensvikt. Hvor stor oksygensvikt fisken tåler avhenger av flere faktorer som blant annet: Hvor robust fisken er, hvor fort den oppstår, hvor stor den er og hvor lenge den varer. Nedsatt gjellehelse reduserer oksygenopptaket hos fisken og vanskeliggjør mestring av stress. Flere årsaker kan forårsake nedsatt gjellehelse. Alger kan forårsake oksygensvikt ved stort omfang, mens enkelte algearter kan også være toksiske og dermed skade gjellevevet som igjen fører til dårligere oksygenopptak. Enkelte patogener forårsaker gjellesykdommer, slik som AGD. AGD er en gjellesykdom som først og fremst var aktuell fra Midt-Norge og sørover. Kun én deltager mente at luseskjørt kunne føre til økt forekomst av AGD i merden. Andre deltagere i samme

område så ikke den samme trenden og det er derfor knyttet usikkerhet om luseskjørt endret sannsynligheten for redusert gjellehelse.

Det funnet som gav mest samsvar, var at oksygensvikt i merden kan føre til hendelser hvor fisken fikk nedsatt appetitt. Flere av deltagerne hadde opplevd at i perioder hvor det var økt fare for reduksjon i oksygen, oppsto reduksjonen hyppigere i merder med luseskjørt sammenlignet med merder uten luseskjørt. Dette samsvarer også med studier fra litteraturen, der den direkte effekten av skjørt er koblet til reduksjoner i oksygen (Stien et al., 2012; Frank og Lien, 2015; Jónsdóttir et al., 2021b). For å unngå nedsatt appetitt og tapt tilvekst bør oppdrettere kjenne til hvilke miljøforutsetninger som kan gi oksygensvikt. Det er i tillegg viktig at oppdrettere har gode rutiner og prosedyrer på hvordan de håndterer slike situasjoner slik at slike hendelser blir redusert til et minimum.

En interessant hendelse som en av deltagerne hadde var at de opplevde oksygendropp hos en av sine lokaliteter med luseskjørt. De var overbevist på at dette skyldtes luseskjørtene og fjernet disse fra merden. Oksygenverdiene i merden steg ikke etter at skjørtene var fjernet. I etterkant av hendelsen konkluderte deltageren med at de var ikke luseskjørtet som forårsaket oksygensvikten, men at oksygensvikten skyldes miljøforandringer på hele lokaliteten. Deltageren mente de var for snar med å fjerne skjørtene. En slik hendelse kan oppstå ved flere lokaliteter og det er viktig å gjør en grundig vurdering, aller helst med flere oksygenmålinger i og utenfor merden, før man konkluderer med at det er luseskjørtene som er årsak til oksygensvikten.

Rensefisk kan stille andre miljøkrav enn laks som igjen gjør at bruk av luseskjørt kan ha en annen påvirkning hos rensefisk. Opplevelser fra deltagerne tyder på at luseskjørt har en positiv effekt på rensefisk på eksponerte lokaliteter. Spesielt rognkjeksene ser ut til å dra nytte av luseskjørtet ettersom rognkjeksene ikke er noen utpreget god svømmer. Luseskjørtet bremser havstrømmen og gjør at rognkjeksene ikke trenger å bruke like mye energi på å svømme mot strømmen. Oppbremsing av havstrømmen vil også være gunstig for rensefiskskjulene som vil holde seg mer i ro.

Rensefisk i kombinasjon med luseskjørt kan være en fordel i lusebekjempelsen. Luseskjørt kan sees på som et førstelinjeforsvar som har hensikt å stoppe luselarvene og kopepoditten før de fester seg på fisken. Rensefisken er andrelinjeforsvaret som spiser lus som kommer seg forbi førstelinjeforsvaret. På mindre eksponerte lokaliteter med dårligere vannutskiftning kan vandringsmønsteret hos laks og rensefisk forandres. Deltagerne opplevde at laksen kunne trekke dypere i vannmassene, mens rensefisken fortsatt ble stående høyere oppe. Dette kan ødelegge interaksjonen mellom laks og rensefisk og dermed lusebeitingen. Hvorvidt dette hadde en negativ effekt på lusebeitingen eller ikke visste ikke deltagerne siden de ikke hadde målt noe på dette. Fra litteraturen er det en studie som viser til at grønngylt fikk færre interaksjoner med laksen på grunn av ulike svømmedyp (Gentry et al., 2020). Ved bruk av leppefisk i kombinasjon med skjørt, må man være sikker på at arten, adferd og system fungerer hensiktsmessig og gir effekt uten å redusere fiskevelferden til leppefisken (Gentry et al., 2020; Trengereid et al., 2020).

Effekt

Vurdering av effekt og dokumentert redusert lusepåslag bør være et sentralt kriterium for valg av luseskjørt. Til tross for at noen av aktørene har utført systematisk uttesting, og det fra enkelte områder og lokaliteter (spesielt i Nordland) har blitt publisert konkrete tall på effekt, må denne informasjonen betraktes som begrenset. Variasjon og usikkerhet rundt dokumentert effekt fra deltakerne samsvarer også med hva litteraturen viser til. Effekstudier er utfordrende i kommersiell skala og det er få fagfellevurderte artikler på tema. Den utstrakte implementerte bruken av luseskjørt kan kanskje være fordi: Teknologien er lett anvendelig, luseskjørt har et godt rykte, lav risiko for redusert fiskevelferd, fungerer som en "føre var strategi" og at det økonomisk lar seg forsvare. Disse momentene virker å være av større betydning enn faktisk dokumentert effekt.

I dagens akvakulturnæring er det et stort fokus på kjønnsmodne holus, da dette må rapporteres inn til myndighetene. Effekstudier legger også mye vekt på reduksjon av kjønnsmodne holus. Men luseskjørt og annen barriereteknologi baserer seg i større grad på å beskytte fisken mot tidligere stadier av lakselus. Litteraturen viser at dersom man måler på tidligere stadier, så er ikke effekten nødvendigvis tydelig (Jevne et al., 2021). Målinger av tidlige lusestadier (planktoniske) vil kanskje kunne gi et mer korrekt bilde på effekten av luseskjørt.

Tilbakemeldingene fra intervjurunden viser til stor variasjon i effekt. Fra de som ikke har observert effekt og gått bort i fra teknologien, til de som har god effekt og velger å utvikle metode og teknologi videre. Dette samsvarer også med litteraturen, som viser til studier der man har dokumentert effekt opp mot 80 % reduksjoner i påslag (Stien et al., 2018), til studier der effekt ikke er observert (Jevne og Reitan, 2019; Jevne et al., 2021). Variasjoner kan skyldes en rekke årsaker, som allerede diskutert under litteraturstudiet.

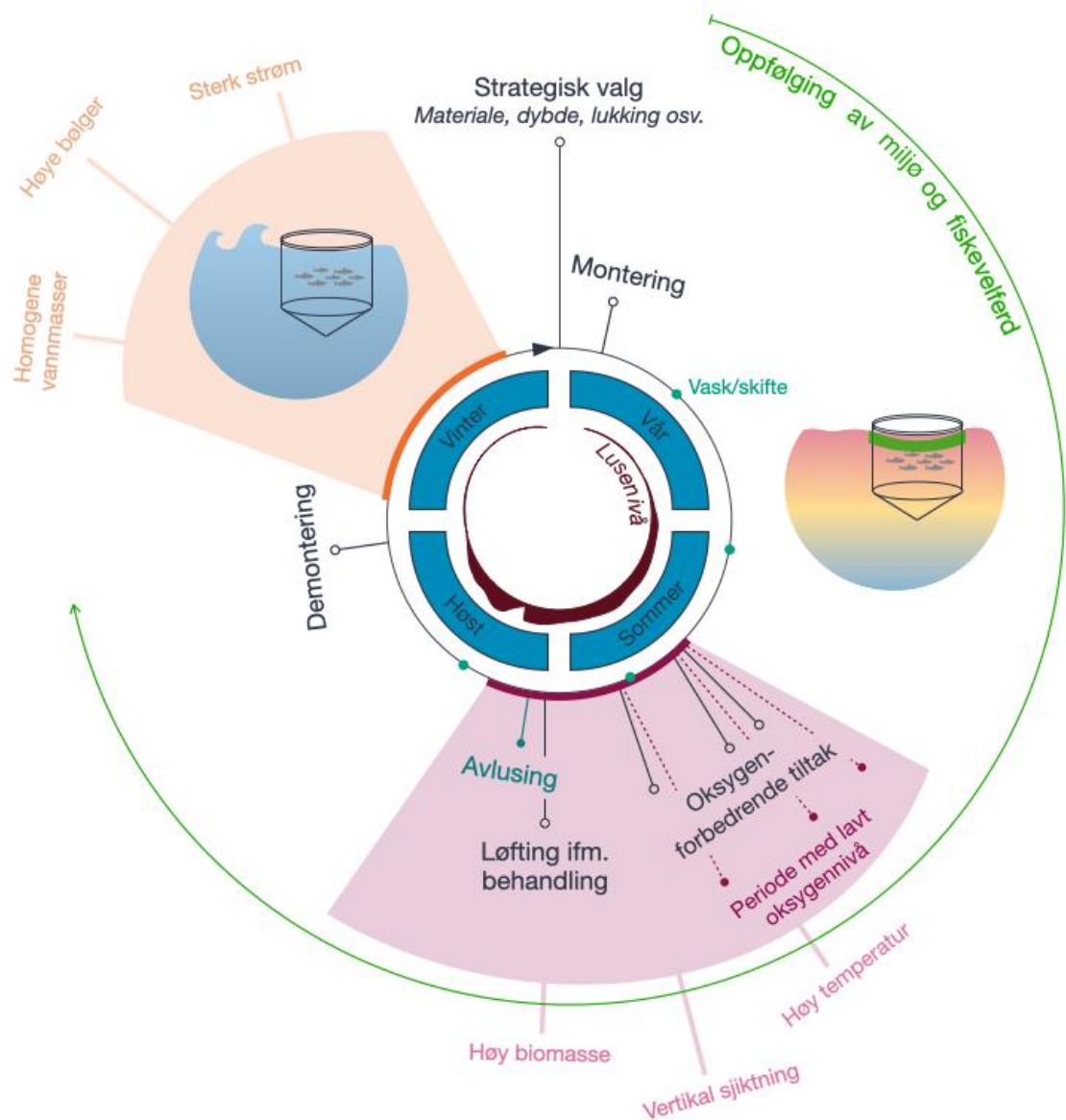
To ulike oppfatninger verserte blant intervjudeltagerne på hvordan og hvorfor man oppnådde effekt. Den ene gruppen oppfattet teknologien som en barriere mot vannmassene rundt, dette tilsvarer hva som blir beskrevet som skjermingsteknologi i litteraturen. Den andre gruppen viste til at laksen plasserte seg dypere i merder med skjørt, slik at det ble redusert kontakt med lusa i overflatelaget, tilsvarende vert-parasitt "mismatch" i litteraturen. Det er interessant å koble disse observasjonene, og det viser til at det ikke nødvendigvis er en ensbetydende forklaring for hvordan skjørt egentlig fungerer verken i næringen eller i litteraturen.

Det er utfordrende å identifisere enkeltelementer som bør ligge til grunn for at man skal oppnå effekt ved bruk av skjørt. Sentrale tema bør være variasjoner gjennom sesong og produksjonssyklus, variasjon mellom lokaliteter (miljøforhold) og vertikal plassering av lusa og laksen. Ut fra senere studier virker vertikal sjiktning og tilstedeværelse av pyknoklin å være avgjørende for de hydrodynamiske forholdene inne i skjørtvolumet, og eventuelt mulig vertikal transport av partikler (lus) fra overflaten og inn under i skjørtet. Disse studiene har fokusert på oksygenforhold og i mindre grad effekt på lusepåslag, så det er et behov for å undersøke dette ytterligere (Volent et al., 2020; Jónsdóttir et al., 2020). Som et eksempel kan det tenkes at en ideell lokalitet har et sprangsjikt som ligger over skjørte-dypet, og dette vil påvirke skjermingseffekten positivt, men kanskje oksygenforholda negativt? Påstanden er naturligvis en forenkling av problemstillingen, da dette ikke hensyntar lusa sin evne til vertikal vandring, fisken sin plassering og et dynamisk sprangsjikt som er i stadig endring. Dette samspillet er

svært komplekst, og vanskelig å forholde seg til i en kommersiell driftssituasjon. Man bør derfor undersøke om det er mulig å utvikle og ta i bruk teknologi som kan overvåke sentrale miljøparameter på den enkelte lokalitet for på denne måten å øke effekten av luseskjørtet. Slike parametere kan innebære målinger av lokalitetens vertikale sjiktning og lusa og laksen sin vertikale plassering over tid. Dette blir som et tillegg til de tradisjonelle miljøloggingene som gjøres i dag, hvor oksygen, temperatur og salinitet måles på enkelte dyp. Økt kunnskap om egen lokalitet vil dermed åpne opp for en mer dynamisk strategi for bruk av luseskjørt.

6 Konklusjon

Vårt mål har vært å identifisere den beste praksis for bruk av luseskjørtet for å hente ut mest mulig effekt og å unngå negative forhold. Hovedelementer er presentert i et årshjul for et typisk vårutsett som viser de ulike sesongenes utfordringer og hvilke valg som oppdretteren kan ta (Figur 7). Disse valgene er i figuren beskrevet i sort tekst. Ingen år vil være like, og beslutningene må tas basert på målinger av fysiske parametere og smittepress, samt erfaringer fra egen lokalitet.



Figur 7 Årshjul for bruk av luseskjørt. Figur: Lauris Boissonnot, Aqua Kompetanse AS.

Forberedelser

I forkant av bruk må det gjøres noen strategiske valg, disse bør utføres av en tverrfaglig gruppe og valg må baseres på lokalitetens egenskaper (eksempelvis eksponeringsgrad, strømforhold, vertikalsjiktning, eksternt smittepress og bruk av eventuelt andre forebyggende metoder). Ut ifra dette velger man skjortedyp, egenskaper på skjørt og tidsperiode for bruk. Elementer som bør ha særlig fokus er:

- I innkjøpsprosessen må både driftspersonell, fiskehelsepersonell, økonomiansvarlige og ledelse involveres.
- Man må kjøpe luseskjørt tilpasset den enkelte lokalitet. Alternative design og dimensjoner må utprøves basert på undersøkelse av lokalitetens miljøparametere.
- Luseskjørtets design må utvikles videre, spesielt med hensyn til lukking og omslutning av nota.
- Korrekt bruk krever god utveksling og formidling av kunnskap, internt i organisasjonene og på tvers av selskapene.

Montering

Med mindre eksponering for bølger, strøm og vind forhindrer det, skal luseskjørt være påmontert før fisken settes i sjøen. Vi ønsker allikevel at det holdes et hovedfokus på:

- Kvalitetssystemet må inneholde risikovurderinger og prosedyrer med tiltak som kan iverksettes om uønskede forhold som kan relateres til luseskjørt inntreffer.
- Produktdokumentasjon i form av brukerhåndbøker må ha et innhold som beskriver korrekt montering og trygg håndtering.
- Alle de ulike variantene av luseskjørt som er anskaffet må være omfattet av selskapets driftsrutiner og prosedyrer for bruk av luseskjørt, for å unngå feil bruk.

Første vår i sjø

Lavt lusenivå, lave temperaturer, lav biomasse og gode oksygenforhold for fisken. God overvåkning av miljøparametere (oksygen, temperatur og salinitet) ved ulike dybder/ vertikal sjiktning gir et godt grunnlag for videre strategi. Bruk av rensefisk er gjerne en komplimenterende metode og kan gjerne benyttes i denne perioden. Vær likevel oppmerksom på:

- Luseskjørt kan kombineres med rensefisk, men bruk bør tilpasses rensefisk art og dens preferanser. Interaksjonen mellom rensefisk og laks kan påvirkes som følge av luseskjørt.

Vask og vedlikehold

Gode rutiner for vask av luseskjørt er en forutsetning for opprettholdelse av god vanngjennomstrømning ved bruk av gjennomstrømmingsskjørt. Godt vedlikehold av utstyr reduserer skader på utstyr som dermed forlenger skjermingseffekten.

- Korrekt utført vedlikehold øker luseskjørtets levetid.

Første sommer i sjø

Økende temperaturer, økt lusepress, etablering av vertikal sjiktning og redusert vannutskiftning i skjørtet kan medføre perioder med lavt oksygennivå. Løfting av skjørt eller pumpesystem for

økt vannutskiftning er mulige tiltak. Skjermingseffekten antas å være best i dette tidsrommet. Det må tas spesielle hensyn til:

- Oksygenforhold inne i nota må overvåkes kontinuerlig, spesielt når tetthet og biomasse er tiltagende og i perioder med høy temperatur og sjiktning av vannet. Overvåkning må gjøres i hele anlegget og på ulike dyp, også på utsiden av anlegget som referanse. Overvåkningen må utføres gjennom hele produksjonen.
- Gjellehelse må overvåkes kontinuerlig for å fatte riktige tiltak under bruk av luseskjørt. Denne overvåkningen foretas av fiskehelsepersonell eller opptrent personell fra lokaliteten.

Lusebehandling

Skjørtet løftes og må senkes umiddelbart etter at den enkelte merd er behandlet.

- Selv om det må gjennomføres lusebehandling gjelder det å ikke miste troen på at luseskjørt kan bidra til å holde lusenivået nede. Teknologien bør derfor brukes også etter første lusebehandling.

Høst

Høsten kan være en utfordrende tid. Sjøtemperaturen er fortsatt høy og redusert oksygennivå i merden kan oppstå. Eventuelle tiltak for å bedre oksygenforholdene bør vurderes. Fisken i merden har god tilvekst, men er samtidig utsatt for et stort lusepress. Mot slutten av høsten øker risikoen for uvær og vind og en må vurdere om luseskjørtene skal demonteres før vinteren.

- Sammenpressing av nota kan oppstå som følge av spesielle hydrografiske forhold (timeglass-fasong), også i godt vær. Tiltak i form av trykkutjevning må iverksettes dersom nota deformeres.

Vinter

Den stabile sjiktningen som svekkes i løpet av høsten opphører på vinteren. Mer homogene vannmasser antas å redusere skjermingseffekten. Sjøtemperaturen synker, og lusepresset avtar. Høy eksponering med vær og vind kan føre til stor slitasje på luseskjørtene og kan begrense også bruken.

- På strømsterke lokaliteter må skjørt brukes med varsomhet, deformasjon av nota må unngås.
- På bølge- og vind eksponerte lokaliteter skal bruk tilpasses årstid, og eventuelt demonteres inntil forholdene blir bedre.

Andre vår/ sommer

Samme utgangspunkt som første sommer i sjø, men med høy biomasse. Høy risiko for redusert oksygennivå. Løfting av skjørt eller pumpesystem for økt vannutskiftning er nødvendig. Dersom tiltak ikke fungerer, må luseskjørt fjernes. Skjermingseffekten antas å være best i dette tidsrommet. En bør tilstrebe å beholde luseskjørt på så lenge som mulig uten at det går bekostning av produksjon og fiskehelse.

- Luseskjørtene må stå påmontert så lenge som mulig. Beslutning for å ta skjørt av må være velbegrunnet og basert på påviste negative forhold.

7 Litteraturliste

[Barrett, L.T., Oppedal, F., Robinson, N., Dempster, T., 2020. Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. Rev. Aquac. 12, 2527–2543. <https://doi.org/10.1111/raq.12456>](#)

[Bricknell, I.R., Dalesman, S.J., O'Shea, B., Pert, C.C., Mordue Luntz, A.J., 2006. Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. Dis. Aquat. Org. 71, 201–212. <https://doi.org/10.3354/dao071201>](#)

[Bui, S., Stien, L., Nilsson, J., Oppedal, F., 2018. Rapport fra Havforskningen prosjekt nr 14597-06. Assessment of long-term implementation of sea lice prevention technologies: efficiency in reducing infestations and impact on fish welfare. <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2582581/rh45-2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>](#)

[Bui, S., Oppedal, F., Nilsson, J., Oldham, T. M, W., Stien, H.H., 2019. Sluttrapport FHF 901154 fra Havforskningen. Summary and status of deep lights and deep feed use in commercial settings: welfare, behaviour and infestation at three case study sites. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901154/>](#)

[Bui, S., Stien, L.H., Nilsson, J., Trengereid, H., Oppedal, F., 2020. Efficiency and welfare impact of long-term simultaneous in situ management strategies for salmon louse reduction in commercial sea cages. Aquaculture 520, 734934. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734934>](#)

[Cerbule, K., Godfroid, J., 2020. Salmon Louse \(*Lepeophtheirus salmonis* \(Krøyer\)\) Control Methods and Efficacy in Atlantic Salmon \(*Salmo salar* \(Linnaeus\)\) Aquaculture: A Literature Review. Fishes 5, 11. <https://doi.org/10.3390/fishes5020011>](#)

[Coates, A., Phillips, B.L., Oppedal, F., Bui, S., Overton, K., Dempster, T., 2020. Parasites under pressure: salmon lice have the capacity to adapt to depth-based preventions in aquaculture. International Journal for Parasitology, Special issue on 'Fish Parasitology' 50, 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.05.009>](#)

[Coates, A., Phillips, B.L., Oppedal, F., Bui, S., Overton, K., Dempster, T., 2020. Parasites under pressure: salmon lice have the capacity to adapt to depth-based preventions in aquaculture. International Journal for Parasitology, Special issue on 'Fish Parasitology' 50, 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2020.05.009>](#)

Coates, A., Johnsen, I.A., Dempster, T., Phillips, B.L., 2021a. Parasite management in aquaculture exerts selection on salmon louse behaviour. *Evolutionary Applications* 14, 2025–2038. <https://doi.org/10.1111/eva.13255>

Coates, A., Phillips, B.L., Bui, S., Oppedal, F., Robinson, N.A., Dempster, T., 2021b. Evolution of salmon lice in response to management strategies: a review. *Reviews in Aquaculture* 13, 1397–1422. <https://doi.org/10.1111/raq.12528>

Crosbie, T., Wright, D.W., Oppedal, F., Johnsen, I.A., Samsing, F., Dempster, T., 2019. Effects of step salinity gradients on salmon lice larvae behaviour and dispersal. *Aquaculture Environment Interactions* 11, 181–190. <https://doi.org/10.3354/aei00303>
Frank, K., Gansel, L.C., Lien, A.M., Birkevold, J., 2014. Effects of a Shielding Skirt for Prevention of Sea Lice on the Flow Past Stocked Salmon Fish Cages. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering* 137. <https://doi.org/10.1115/1.4028260>

Frank, K., Lien, A.M., 2015. Permaskjørt og merdmiljø - Permaskjørt A4, 23. SINTEF Fiskeri og Havbruk. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2448611>

Frenzl, B., Stien, L.H., Cockerill, D., Oppedal, F., Richards, R.H., Shinn, A.P., Bron, J.E., Migaud, H., 2014. Manipulation of farmed Atlantic salmon swimming behaviour through the adjustment of lighting and feeding regimes as a tool for salmon lice control. *Aquaculture* 424–425, 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.012>

Gansel, L.C., Plew, D.R., Endresen, P.C., Olsen, A.I., Misimi, E., Guenther, J., Jensen, O., 2015. Drag of Clean and Fouled Net Panels - Measurements and Parameterization of Fouling. *PLoS One* 10, e0131051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131051>

Geitung, L., Oppedal, F., Stien, L.H., Dempster, T., Karlsbakk, E., Nola, V., Wright, D.W., 2019. Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *International Journal for Parasitology* 49, 843–846. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.06.003>

Grøntvedt, R.N. og Kristoffersen A.B., 2015. Delrapport Permaskjørt -prosjektet A5. Rapport nr 2. fra Norsk Veterinærinstitutt. Permaskjørt kan redusere påslag av lakselus - analyse av feltdata. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2015/permask%C3%B8rt-kan-reducere-p%C3%A5slag-av-lakselus>

Grøntvedt, R.N., Kristoffersen, A.B., Jansen, P.A., 2018. Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture* 495, 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.069>

[Heuch, P., Parsons, A., Boxaspen, K., 1995. Diel vertical migration – a possible host-finding mechanism in Salmon Louse \(*Lepeophtheirus salmonis*\) Copepodids. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52, 681–689. <https://doi.org/10.1139/f95-069>](#)

Holan, A.B. Roth, B. Breiland, M.S.J., Kolarevic, J., Hansen, Ø.J., Iversen, A. Hermansen, Ø.Gjerde, B. Hatlen, B. Mortensen, A., Lein, I. Johansen, L.-H., Noble, C., Gismervik, K., Espmark, Å. M., 2017. Sluttrapport FHF prosjekt nr.901296. Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901296/>

[Jevne, L.S., Reitan, K.I., 2019. How are the salmon lice \(*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837\) in Atlantic salmon farming affected by different control efforts: A case study of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013–2018. Journal of Fish Diseases 42, 1573–1586. <https://doi.org/10.1111/jfd.13080>](#)

[Jevne, L.S., Guttu, M., Batnes, A.S., Olsen, Y., Reitan, K.I., 2021. Planktonic and Parasitic Sea Lice Abundance on Three Commercial Salmon Farms in Norway Throughout a Production Cycle. Front. Mar. Sci. 8, 615567. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.615567>](#)

Johansen, B.B., 2014. Sluttrapport FHF prosjekt 900834. Luseskjørt dokumentasjon av praktisk bruk og nytte. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/>

[Johnsen, I., Fiksen, Ø., Sandvik, A., Asplin, L., 2014. Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. Aquaculture Environment Interactions 5, 127–141. <https://doi.org/10.3354/aei00098>](#)

[Johansson, D., Ruohonen, K., Kiessling, A., Oppedal, F., Stiansen, J.-E., Kelly, M., Juell, J.-E., 2006. Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon \(*Salmo salar* L.\) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. Aquaculture 254, 594–605. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.029>](#)

[Jónsdóttir, K., Volent, Z., Alfredsen, J.A., 2020. Dynamics of dissolved oxygen inside salmon sea-cages with lice shielding skirts at two hydrographically different sites. Aquaculture Environment Interactions 12. <https://doi.org/10.3354/aei00384>](#)

[Jónsdóttir, K.E., Klebert, P., Volent, Z., Alfredsen, J.A., 2021a. Characteristic current flow through a stocked conical sea-cage with permeable lice shielding skirt. Ocean Eng. 223, 108639. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108639>](#)

[Jónsdóttir, K.E., Volent, Z., Alfredsen, J.A., 2021b. Current flow and dissolved oxygen in a full-scale stocked fish-cage with and without lice shielding skirts. Appl. Ocean Res. 108, 102509. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2020.102509>](#)

Klebert, P., Su, B., 2020. Turbulence and flow field alterations inside a fish sea cage and its wake. Appl. Ocean Res. 98, 102113. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2020.102113>

Kvale, S., og Brinkmann, S., 2019. Det kvalitative forskningsintervju. 5. utgave. Gyldendal Norsk Forlag.

Lien, A.M., Sunde, L.M., Bekkevold, A., 2016. Seminar: Luseskjørt og snorkelmerd - Kunnskap, teknologi og metoder for best mulig utnyttelse av skjørt og snorkel for skjerming av oppdrettslaks mot lakselus, 13. SINTEF Fiskeri og Havbruk. <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2447404>

Lien, A.M., Volent, Z., Jensen, O., Lader, P., Sunde, L.M., 2014. Shielding skirt for prevention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in cages - A scaled model experimental study on net and skirt deformation, total mooring load, and currents. Aquac. Eng. 58, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.11.003>

Lind, M.B., 2015. Masteroppgave i fiskehelse ved UiT: Fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) og fiskevelferd i oppdrett av atlantisk laks (*Salmo Salar* L.) i Nord-Norge. <https://munin.uit.no/handle/10037/7749>

Mathisen, R., 2015. Erfaringer fra fullskala bruk av luseskjørt basert på planktonduk (Salgard) i Øksfjord (Lødingen/ Vågan) 2013-2015. Rapport fra Nordlaks.

Midtlyng, P.M., Velzen, T.v., Aunsmo, A., Førde, H., Stormoen, M., Storsul, T., Munkeby, M., 2019. Faglig sluttrapport for prosjekt 901453: Dokumentasjon av lusebeskyttelse med "Midt-Norskringen". <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901453/>

Nelson, E.J., Robinson, S.M.C., Feindel, N., Sterling, A., Byrne, A., Pee Ang, K., 2018. Horizontal and vertical distribution of sea lice larvae (*Lepeophtheirus salmonis*) in and around salmon farms in the Bay of Fundy, Canada. Journal of Fish Diseases 41, 885–899. <https://doi.org/10.1111/jfd.12692>

Nilsen, A., Nielsen, K.V., Biering, E., Bergheim, A., 2017. Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. Aquaculture 466, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.009>

Næs, M., Heuch P.M., Mathisen, R., 2012. Rapport fra NCE Aquaculture. Bruk av luseskjørt for å redusere påslag av lakselus *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) på oppdrettslaks. <https://lusedata.no/wp-content/uploads/2012/09/Bruk-av-luseskj%c3%b8rt-for-%c3%a5-reducere-p%c3%a5slag-av-lakselus-Lepeophtheirus-salmonis-Kr%c3%b8yer-p%c3%a5-oppdrettslaks-2.pdf>

Næs, M., Grøntvedt, R.N., Kristoffersen, A.B., Johansen, B., 2014. Faglig rapport 4. mars til FHF prosjekt 900834. Feltutprøving av planktonduk som skjerming rundt oppdrettsmerder for å redusere påslag av lakselus (Lepeoptheirus salmonis). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/>

Oppedal, F., Dempster, T., Stien, L.H., 2011. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture* 311, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.020>

Samsing, F., Johnsen, I., Stien, L.H., Oppedal, F., Albretsen, J., Asplin, L., Dempster, T., 2016. Predicting the effectiveness of depth-based technologies to prevent salmon lice infection using a dispersal model. *Prev. Vet. Med.* 129, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.05.010>

Stien, L.H., Nilsson, J., Hevrøy, E.M., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., Lien, A.M., Folkedal, O., 2012. Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering* 51, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.06.002>

Stien, L.H., Lind, M.B., Oppedal, F., Wright, D.W., Seternes, T., 2018. Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture* 490, 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.045>

Trengereid, H., Bui, S., Gentry, K., Pittman, K., 2020. Faglig sluttrapport fra Centre for Aquacultur Competence FHF 901243. Test av ulike kombinasjoner tiltak til beskyttelse mot lakselus. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901243/>

Volent, Z., og Bekkevoll, A., 2017. Rapport del av SKJERMTEK, FHF prosjekt nr 901396: Erfaringsdelingsseminar med demoforsøk (901405). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901405/>

Volent, Z, Jónsdóttir, K.E., 2019. Rapport FHF prosjekt nr 901396: Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus -Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt effekt og redusert risiko (SKJERMTEK) FHF prosjekt nr.: 901396. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901396/>

Volent, Z, Jónsdóttir, K.E. Misund, A., Steinhovden, K.B., Chauton, M.S., Sunde, L.M., 2020. Sluttrapport FHF prosjekt nr 901396: Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus -Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt effekt og redusert risiko (SKJERMTEK). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901396/>

Wright, D.W., Stien, L.H., Oppedal, F., Sievers, M., Ditria, E., Trengereid, H., 2019. Rapport fra Havforskningen til FHF prosjekt 901469. The Well – Mixing skirt and freshwater lens concepts with smart-lighting and -feeding to enhance lice prevention and safeguard fish welfare. 34. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901469/>

8 Vedlegg

8.1 Intervjuguide

8.1.1 Strategiske valg

Tema	Hovedspørsmål	Oppfølging 1	Oppfølging 2
Teknologisk beslutning	1.1.1 Hvilken rolle har vedkommende som foreslo beslutningen av innkjøp, og hvilke forhold var av betydning for forslaget?	1.1.2 Ble innkjøpet besluttet av en gruppe eller enkeltpersoner?	1.1.3 Har dere gjennomført testforsøk ved bruk av luseskjørt?
Brukererfaringer	1.2.1 Deles kunnskapen rundt bruk av luseskjørt mellom lokaliteter/selskaper/regioner?	1.2.2 Hvilket fora er tilgjengelig for deling av kunnskap?	
Service/vedlikehold/ressursbruk	1.3.1 Hvilke kalkyler/vurderinger er tatt i forhold til innkjøp/service/reparasjoner/le vetid?	1.3.2 Hvem i selskapet har ansvar for gjennomføring/koordinering /oppfølging av luseskjørt?	
Optimaliseringsforslag teknologisk/driftsmessig	1.4.1 Gis teknologileverandørene tilbakemeldinger i form av oppnådd eller effekt eller forslag til forbedringer?		
Rensefisk	1.5.1 Finnes det en strategi i selskapet rundt bruk av rensefisk som kompletterende metoder?	1.5.2 Benyttes andre forebyggende eller behandlende metoder enn rensefisk mot lakselus?	1.5.3 Eksempler: Skjørt/Midt-Norsk ringen/Stingray/resefisk/medikamenter
Økonomiske beslutninger nytte/kostnad	1.6.1 I hvor stor grad er pris avgjørende for valg av type luseskjørt?	1.6.2 Er holdbarheten en medvirkende faktor i valg av luseskjørt?	
Føringsstrategi - tilpasset føring	1.7.1 Gjøres det tilpasninger i føringsstrategi når luseskjørt er påmontert?	1.7.2 Fiskens vertikale fordeling versus plassering av utforingspunkt	
Tilvekst versus tiltak	1.8.1 Har selskapet utført kalkyler på verdien av unngått behandling?		
Brakkleggingssone	1.9.1 Ligger lokalitetene deres i brakkleggingssoner?	1.9.2 Ligger det andre aktører i samme brakkleggingssone?	1.9.3 Hvordan fungerer samarbeidet innad i brakkleggingssonene? Brukes disse strategisk?
Ansvarsfordeling/dedikert personell	1.19.1 Beskrivelse av organisering		

8.1.2 Driftsrutiner

Tema	Hovedspørsmål	Oppfølging 1	Oppfølging 2
Materialvalg	2.1.1 Hvilke materialer er det valgte luseskjørtet laget av?	2.1.2 Benytter dere ulike mengde fløyt/bly etc for ulike lokaliteter?	2.1.3 hvordan vurderer dere kvaliteten til luseskjørtet?
Produktdokumentasjon	2.2.1 Er brukerhåndbøker gode nok? Gir de tilstrekkelig informasjon rundt bruk og vedlikehold?		
Påmonteringstidspunkt	2.3.1 I hvilke deler av produksjonssyklusen benyttes luseskjørt?	2.3.2 I forhold til utsett av fisk, når settes luseskjørt ut rundt nota?	
Skifte av luseskjørt	2.4.1 Skiftes luseskjørt i løpet av generasjonen, og hvorfor?	2.4.2 Tas skjørtene av suksessivt og erstattes av nye, eller monteres alle av før påmontering?	2.4.3 Hvem tar beslutningen om at skjørtene skal byttes?
Avmontering av skjørt ved andre operasjoner	2.5.1 Tas luseskjørt av eller løftes under produksjonssyklusen?	2.5.2 Når og hvor lenge?	
Avmontering før utslakting	2.6.1 Når demonteres luseskjørtet ved utslakting?	2.6.2 Hvor lang tid før utslakting?	
Rutine for påmontering	2.7.1 Hvordan monteres luseskjørtet på flytekragen?		
Dybde skjørt	2.8.1 Hvor dype luseskjørt benyttes?	2.8.2 Har dere erfaringer med andre dybder? Hvilke?	
Plassering over overlapp	2.9.1 Hvor stor overlappende sone benyttes på deres luseskjørt?	2.9.2 hvordan monteres overlappen med hensyn til lokale forhold?	
Opplæringsplaner	2.10.1 Har dere egne opplæringsplaner for håndtering av luseskjørt?		

8.1.3 Fiskehelse

Tema	Hovedspørsmål	Oppfølging 1
Dødelighet	3.1.1 Har dere opplevd dødelighet i forbindelse med bruk av luseskjørt?	3.1.2 Har bruk av luseskjørt ført til økt sykdomsrelatert dødelighet?
Rensefiskens velferd	3.2.1 Er det observert variasjon i rensefiskens velferd som kan skyldes bruk av luseskjørt?	3.2.2 Er det observert problemer/utfordringer knyttet til rensefiskens velferd ved bruk av luseskjørt?
Rensefiskskjul	3.3.1 Er valgt plassering av rensefiskskjul foretatt med tanke på luseskjørtets dybde og vannmiljø?	3.3.2 Hvor dypt er rognkjeskjulene?
Tetthet/biomasse/fiskestørrelse	3.4.1 Er det blitt registrert hendelser hvor stor tetthet i merden kan ha virket negativt i forhold til å bruke luseskjørt?	3.4.2 Endres risikoen ved økende biomasse/fiskestørrelse?
Predatorer	3.5.1 Er predatorer en utfordring i din region?	3.5.2 Kan det påvises en variasjon i predatorskader (Skarv/pigghå/sel/oter/andre) etter introduksjon av luseskjørt?
Sårdannelse	3.6.1 Har dere opplevd hendelser med sårutbrudd som resultat som følge av luseskjørt?	3.6.2 Relateres dette til bakterielle sår?
Gjelleskader	3.7.1 Hvordan oppleves risikoen for gjelleskader ved bruk av luseskjørt? Gjelder dette kun laks eller også for rognkjes?	3.7.2 Merder som har luseskjørt har vist økt forekomst av gjelleskader enn merder uten luseskjørt? Hos rognkjes?
AGD	3.8.1 Opplevs det forskjell mellom merder med og uten luseskjørt med tanke på alvorlighetsgrad av utbrudd av AGD?	3.8.2 Finnes det dokumentasjon på dette? Og er det signifikante forskjeller?
Parvicapsula	3.9.1 Ved et utbrudd av parvicapsulose, opplever dere noen forskjell mellom merder med og uten luseskjørt? Positivt/negativt?	
Maneter	3.10.1 Det kan tenkes at luseskjørt hindrer maneter i å trenge inn i merden. Observeres det forskjeller med tanke på maneter mellom merden med og uten luseskjørt?	3.10.2 Gir luseskjørtene en tiltrekkelig beskyttelse mot maneter?
Alger	3.11.1 Hvordan oppleves luseskjørt som en beskyttelse for fisk mot alger?	

8.1.4 Effekt

Tema	Hovedspørsmål	Oppfølging 1	Oppfølging 2
Forventet effekt	5.1.1 Hvor stor effekt på lusenivå er det forventet at luseskjørt skal gi?	5.1.2 Hvordan måler dere effekten? Lusepåslag?	Antall avlusinger? Luseutvikling over tid?
Dokumentert effekt	5.2.1 Hvor stor dokumentert effekt har dere ved bruk av luseskjørt?	5.2.2 Hvor stor dokumentert effekt har dere ved bruk av luseskjørt?	
Hva påvirker effekten?	5.3.1 Hva er den største utfordringen for å få utnyttet potensialet til luseskjørt?	5.3.2 Hvilke tiltak ville gitt størst utslag på effekten?	5.3.3 Opplever effekten av luseskjørtet som forskjellig i de ulike delene av produksjonssyklusen?
Rognkjeksens effekt	5.4.1 Kan bruk av luseskjørt påvirke lusebeitingen hos rognkjeks negativt?	5.4.2 På hvilken måte?	5.4.3 Hvilke tiltak kan effektivisere bruk av luseskjørt og rognkjeks i samme merd?
Dybde skjørt	5.5.1 Oppleveres det store forskjeller med tanke på effekt ved ulik dybde på skjørtet?	5.5.2 Oppleveres dagens skjørt som lang nok for fullgod effekt?	
Lengde overlapp	5.6.1 Har dere registrert forskjell på effekt ved ulik overlapp?		
Skvettkant	5.7.1 Hvilken grad oppleves skvettkant som nødvendig for effekt?	5.7.2 Har lokaliteten hatt tilfeller med ising?	5.7.3 Oppleveres ising som et så stort problem at lokaliteten velger å ikke bruke luseskjørt?
Notfasong	5.8.1 Hvordan vil dere vurdere betydningen av notfasongen på effekt?		
Skottelus	5.9.1 Har skottelus vært et problem på deres lokaliteter?	5.9.2 Hvilken effekt har luseskjørt på påslag av skottelus?	5.9.3 Er det dokumentert positiv effekt ved bruk av luseskjørt med tanke på påslag av skottelus?
Avlusning	5.10.1 Hvilke avlusningsmetoder bruker dere i produksjonen?	5.10.2 ikke-medikamentell metode, gjennomføres dette ved bruk av lekter eller brønnbåt?	5.10.3 Pumpes fisken tilbake i samme merde, om det lar seg gjøre?
Resmitte ved avlusning	5.11.1 I hvilken grad oppleves det resmitte ved bruk av luseskjørt ved en avlusning?	5.11.2 Oppleveres denne resmitten som signifikant?	

8.1.5 Miljø

Tema	Hovedspørsmål	Oppfølging 1	Oppfølging 2
Miljø på lokalitet	4.1.1 Hvilke miljøparametere har størst innvirkning på fasongen på luseskjørtet?		
Bølger	4.2.1 På de lokalitetene du har erfaring fra, er bølger av betydning for luseskjørtets effekt/fasong?		
Temperatur	4.3.1 Har dere logget og lagret temperaturmålinger fra merder med/uten luseskjørt?	4.3.2 Observeres det forskjeller?	
Vind	4.4.1 Inntreffer deformasjoner som følge av vind?		
Strøm	4.5.1 Har dere strømsterke lokaliteter? Får dere luseskjørtene til å lukke skikkelig?	4.5.2 Hvordan påvirker luseskjørtet strømbildet inne i anlegget?	4.5.3 Hvordan påvirker luseskjørtet strømbildet inni nota?
Ferskvann	4.6.1 Har dere observert deformasjon av not og luseskjørt under vårflo og tykke ferskvannslag?	4.6.2 Påvirker vårflo tidspunkt for påmontering av skjørt?	
Oksygen	4.7.1 Har dere opplevd konkrete hendelser hvor det er blitt målt oksygenkrisiske verdier i merder med luseskjørt?	4.7.2 Når og hvor lenge inntreffer dette?	4.7.3 Opplevdes dette oftere i merder med luseskjørt kontra merder uten luseskjørt?
Miljøkontroll	4.8.1 Har dere forventninger rundt endret miljøtilstand under merdene som følge av luseskjørt?	4.8.2 Er resultatene fra B/C-undersøkelsene like i forhold til før/etter luseskjørt?	4.8.3 Introduksjon av andre faktorer i samme tidsperiode (sentralføringsanlegg, merdstørrelse, notdybde etc.)

8.2 Oppsummering studier effekt

8.2.1 Studier for effekt av skjørt

Ffv, forkortelse for fagfellelevurdert studie. Referanser i parentes er arbeid i forkant av senere fagfellelevurdert publisert litteratur.

Tema	Periode	Observert effekt	Resultater	Kommentar	Ffv	Kilde
Planktonnett, effekt skjørtedybde 6 og 10 m, 5 lokaliteter Nordland.	2012-2014, perioder på 11 til 21 uker.	Ja	30 % ukentlig reduksjon (variasjon 18 til 45 %) pre adulte og adulte hanner.	Skjermingseffekt observert. Ikke påvist forskjeller ved ulik dybde av skjørt, men kan ikke utelukke betydning. anbefaler som komplementær metode, tilpasses lokalitetens egenskaper og miljøforhold (oksygen).	Ja	Grøndtvedt et al., 2018 https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.069
Effekt 10 m permeabelt skjørt, spissnot, en lokalitet Nordland.	Mai til september 2014.	Ja	80 % reduksjon lus på fisk i merder med skjørt etter 12 uker	Skjørt fungerte som tiltenkt, under disse forholdene. Adekvate nivåer oksygen, ikke redusert fiskevelferd observert. Effekt kan påvirkes etter sesong (lusa og fisken sin vertikale plassering), vil variere mellom lokaliteter (lokal hydrografi og bunnforhold). Skjørt gir ikke fullstendig beskyttelse, men kan redusere antall kostnadsfulle behandlinger.	Ja	Stien et al., 2018; (Lind, 2015) https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.045
Luseutvikling, effekt 7 m skjørt, 3 lokaliteter Frøya.	Mai 2017 til januar 2019 (hele produksjonssyklus og brakkleggingsperiode).	Nei	Ikke påvist effekt. Små forskjeller i tetthet av planktoniske luselarver (nauplius) ved sammenligning innside/ utside av skjørt.	Indikerer at lus produsert inne i merda, spres ut av merda. Effekt liten pga for kort skjørtedyp, sprangsjikt var dypere enn skjørtekanten, vann skyves inn i merda? Variasjoner tetthet lus gjennom sesong (estimert til 0.4 -2.5 stk/m ³ på sommer (> 9°C) og 0.02 -0.21 stk/m ³ nauplius på vinter). Etter brakklegging ble det ikke funnet planktoniske stadier av lakselus eller skottelus, indikerer effektiv metode for å redusere internt smittepress.	Ja	Jevne et al., 2021 https://doi.org/10.3389/fmars.2021.615567
Luseutvikling, implikasjoner av endret bekjempelsesstrategi, 18 lokaliteter Frøya.	2013 til 2018.	Nei (predikert)	Ikke påvist effekt. Eksempelvis var mediansnittet for adulte hunner 0.03 (+/-0.05) ved bruk og 0.01 (+/- 0.01) uten bruk av skjørt.	Bruk av luseskjørt økte kraftig i perioden fra 2016 til 2017. Lite til mer median andel lus for lokaliteter med skjørt. Dette gjaldt også for mobile lus, men ikke for sessil/ fastsittende lus. Fortolkning i forskjeller mellom lokaliteter med luseskjørt og ikke, begrenses av at det kan være geografiske forskjeller når man sammenligner effekten mellom lokaliteter. Bruk av leppefisk så ut til å ha effekt for å forlenge tiden før man når 0.1 adult hunnlus fra starten av en produksjonssyklus.	Ja	Jevne og Reitan, 2019 https://doi.org/10.1111/jfd.13080
Effekt 10 m skjørt på en lokalitet i Nordland	Mai til desember 2011	Ja	Gjennomsnittlig abundans lakselus på merder uten skjørt	Det var ikke forskjell mellom merder med og uten skjørt mtp abundans av skottelus. Generelt lav infeksjonsrate gjennom forsøket, i snitt ca 0.05 fastsittende lakselus pr. fisk i uka. Miljøforhold, salinitet over 27 ppt ved alle målinger, oksygenverdier var noe lavere for luseskjørt men generelt gode gjennom hele forsøksperioden. Ingen store variasjoner i tilvekst eller dødelighet mellom gruppene. Observert betydelig redusert	Nei	Næs, Heuch og Mathisen., 2012 https://lusedata.no/wp-content/uploads/2012/09/Bruk-av-luseskj%c3%b8rt-for-%c3%a5-

			0.2 pr. fisk vs. 0.06 med skjørt.	begroing på nøtene i merder med luseskjørt (rødrose og blåskjell). Viser også til kostnadssparende effekt ved å redusere antall avlusninger og notskifte pga redusert begroing.		redusere-p%c3%a5slag-av-lakselus-Lepeophtheirus-salmonis-Kr%c3%b8yer-p%c3%a5-oppdrettslaks-2.pdf
Effekt skjørtedybde 6 og 10 m, 5 lokaliteter i Nordland.	2012 til 2013, vår og høstutsett.	Ja	Både 6 og 10 m skjørt reduserte andelen lus signifikant.	10 m skjørt reduserte gjennomsnittlig fastsittende lus med 49 % (var 30 til 62 %), 6 m skjørt reduserte med 28 % (var 7 til 44 %) etter regresjonsanalyse. Effekten av planktonduk vil variere fra dag til dag og fra lokalitet til lokalitet.	Nei	Næs et al., 2014; Johansen, 2014 (samme studie som senere publisert i Grøntvedt et al., 2018) https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/900834/
Effekt Midt-Norskringen og skjørt 3 lokaliteter, 5, 8 og 9 m dype skjørt	2017 og 2018, vår og sommer	Nei	Ingen sikker positiv eller negativ effekt av skjørt+Midt-Norskringen bevist.	Målt effekter lusepåslag, oksygenforhold, vannutskiftning ved fargemarkør og nytte-kostnadsanalyse.	Nei	Midtlyng et al., 2019 https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901453/

8.2.2 Studier effekt av skjørt og andre preventive metoder

Ffv, forkortelse for fagfellevurdert studie. Referanser i parentes er arbeid i forkant av senere fagfellevurdert publisert litteratur.

Tema	Periode	Observert effekt	Resultater	Kommentar	Ffv	Kilde
Forebyggende tiltak som: rensefisk, funksjonelt fôr, undervanns- lys/ fôring, luseskjørt, en lokalitet Rogaland.	November 2016 til desember 2017.	Ja	Redusert lusepåslag ved bruk av luseskjørt + andre tiltak på immobile stadier (51.3 % lavere sammenlignet med bare rensefisk), ikke forskjell mobile stadier lus. Velferd ikke påvirket.	Laksen plasserte seg dypere (~6 m under haloklinen) over tid ved bruk av undervannslys/ fôring. Konseptet for vert-parasitt "mismatch" fungerer under bestemte situasjoner. Lusepåslag varierte gjennom året. Med konstante endringer i miljøet som også påvirker laksen sin adferd, må man forstå når og hvordan tiltakene fungerer best. F.eks luseskjørt kan flyttes dypere om det er et brakkvannslag og laksen svømmer dypt, eller event fjernes helt om laksen foretrekker grunnere brakkvannslag.	Ja	Bui et al., 2020 ; (Bui et al., 2018) https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734934
Bruk av grønngylt (<i>Symphodus melops</i>) og 6 m skjørt, en lokalitet Rogaland.	November 2016 til desember 2017.	Ja, negativ for grønngylt	Bruk av luseskjørt førte til reduserte interaksjoner mellom laks og grønngylt.	Grønngylt oppholdt seg fra 0 til 7 m, mens laksen hadde et snittdyp på 11 m. Forskjellig dyp fører til færre interaksjoner og mindre lusespising, andelen lus utgjorde <2 % av dietten. Det kan være forskjellige preferanser for andre arter av leppefisk	Ja	Gentry et al., 2020 https://doi.org/10.3354/aei00348
Vurdering metoder for å redusere + begrense lusepåslag suksess etter introduksjon.	-	Ja (predikert)	Barriereteknologi scorer høyest for å redusere påslag.	Litteratursøk publiserte artikler for metoder bekjempelse lus, utvalg artikler med responsvariabler som lar seg sammenligne. Beregnet median effekten av størrelsen på disse. Skjørt hadde moderat effekt (median 33 % og variasjon 30 - 81 % n=2), snorkel var høyere (76 % og fra 8 til 95 %, n = 9), lukket merdssystem høyest (opp mot 100 %, n=1).	Ja	Barrett et al., 2020 https://doi.org/10.1111/raq.12456
Undervannslys + fôring funksjonelle fôr, rensefisk og luseskjørt, 2 lokaliteter i Rogaland og en i Nord-Trøndelag.	2016 til 2018, forskjellig perioder pr lokalitet.	Nei	Ikke signifikant forskjell i lusepåslag med undervannslys +fôring alene, men effekt i kombinasjon med luseskjørt. Velferd ikke påvirket.	Lokaliteter med forskjellig saliniteter, temperatur og vertikalsjiktning med variasjoner gjennom året gir forskjellig responser i påslag. Ved flere av lokalitetene lå haloklinen på samme dyp som fôring (7 m) og lys (10 m), og man tiltrakk seg da laksen til samme dyp som lusa. Lusepåslag trolig mer avhengig av avstand fra haloklin, enn fiskens svømmedyp. Samspill temperaturprofil inne i merden, fiskens preferanse for temperatur, fordeling av luselarver vertikalt og etter salinitetsgradient er kompleks.	Nei	Bui et al., 2019 https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901154/

Undervannsllys + føring, funksjonelle før, rensefisk og luseskjørt, en lokalitet i Rogaland.	September 2016 til april 2018.	Nei	Ikke forskjell i lusepåslog med undervannsllys + føring alene, men effekt i kombinasjon med alle tiltak. Velferd ikke påvirket.	Undervannsllys + føring endret svømmeadferden til laksen, den svømte dypere og ca 6 m under haloklinen. Ikke observert signifikante forskjeller mellom behandlinger selv om gruppen med alle tiltak viste lavere akkumulert påslag av lus over tid. Årsak kan være tilstedeværelse av et dypt brakkvannslag, og selv om laksen plasserte seg dypere vertikalt kan også lusa trekke dypere under slike forhold.	Nei	Trengereid et al., 2020 https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901243/
Brakkvann, undervannsllys og luseskjørt, en lokalitet Hordaland.	November 2017 til oktober 2018	Nei	Lusenivåer ikke lavere i merder med brakkvannslag og lys sammenlignet med merder med skjørt (6 m upermeable).	Forklaringen kan være at fisken ikke oppholdt seg i vannlaget med lavere salinitet, selv om nattbelysning så ut til å øke fiskens oppholdstid i brakkvannet. Det er et behov for lavere salinitet og lengre oppholdstid for at brakkvannslaget skal ha effekt. Laboratorieeksperiment viste at lusens utviklingstid ble forsinket med saliniteter < 12 ppt, men for å ta livet av kopepoditter må saliniteten være < 4 ppt over 3 timer eller lengre.	Nei	Wright et al., 2019 https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901469/
Effekt permaskjørt (5 m dype), leppefisk og rognkjeks, 17 lokaliteter fra Rogaland til Troms.	2013 til 2014	Ja (predikert)	Skjørt reduserte lusepåslog og bruk av rognkjeks og leppefisk har betydning for utvikling av lus i modell.	På merdnivå reduserer skjørt lusepåslog med et gjennomsnitt på 18 % (variasjon 6 til 28 %), på lokalitetsnivå reduserte skjørt 54 % (variasjon 0 til 80 %). Tidspunkt for når skjørtet monteres, bruk rognkjeks og leppefisk av betydning for utvikling av lus. Ingen klare resultater fra velferdsscore. Modellen gav best effekt mot lus ved bruk av rognkjeks og skjørt. Stor variasjon mellom effekt på lokalitetsnivå, noen lokaliteter observerte liten effekt. Andre forklaringsvariabler som modellen ikke hensyntar, som sier noe om hvor god den enkelte lokalitet er ifht å forklare utvikling av lus?	Nei	Grøntvedt og Kristoffersen., 2015 https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2015/permaskjort-kan-redusere-p%C3%A5slaget-av-lakselus
Vurdering av kjemiske, biologiske, mekaniske og preventive tiltak mot lakselus fra fagfellelevurdert litteratur.	-	Ja	To fagfellelevurderte studier på effekt av luseskjørt.	Vurdert effekt til kjemiske, biologiske, mekaniske og preventive tiltak ut fra fagfellelevurderte studier. Viser til begrenset antall publiserte studier fra effektiviteten ved bruk av skjørt. Disse studiene viser til en reduksjon i antall lus fra 30 % (Grøntvedt et al., 2018) til 80 % reduksjon (Stien et al., 2018).	Ja	Cerbule og Godfroid, 2020 https://doi.org/10.3390/fishes5020011