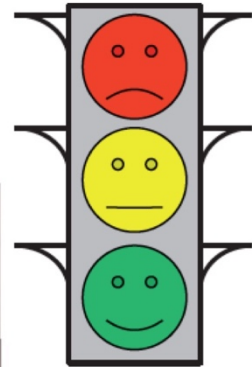
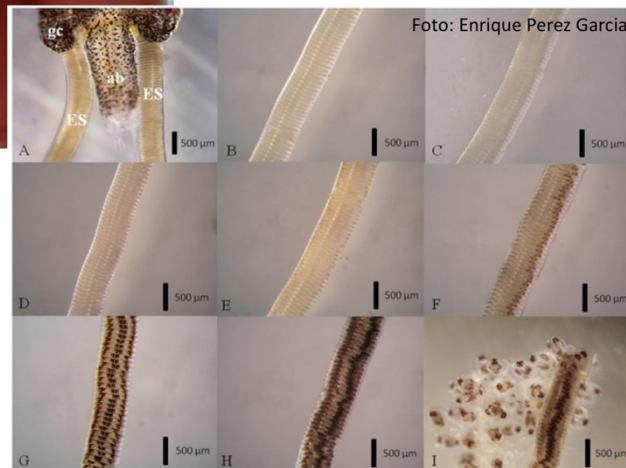


Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2016 og 2017



Ekspertgruppens leder og redaktør:

Frank Nilsen, *Professor ved Universitetet i Bergen*

Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):

Ingrid Ellingsen, *Seniorforsker ved SINTEF Ocean AS*

Bengt Finstad, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

Peder A. Jansen, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

Ørjan Karlsen, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Anja B. Kristoffersen, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

Anne D. Sandvik, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Harald Sægrov, *Forsker ved Rådgivende Biologer AS*

Ola Ugedal, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

Knut W. Vollset, *Forsker ved Uni Research*

Ekspertgruppens sekretær:

Mari S. Myksvoll, *Forsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O., Vollset, K.W., Myksvoll, M.S. 2017. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2016 og 2017. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

ISBN 978-82-8088-414-5

Innholdsfortegnelse

Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2016 og 2017	1
1. <i>Bakgrunn</i>	5
2. <i>Definisjoner og begreper</i>	6
3. <i>Metodebeskrivelse og datagrunnlag</i>	10
3.1. Data fra oppdrett	11
3.2. Overvåkingsdata	12
3.3. Modeller	13
4. <i>Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen</i>	16
4.1. Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk	16
4.2. Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus	17
4.3. Grunnleggende forskjeller i migrasjonsatferd mellom laksefisk	18
4.4. Mellomårlig variasjon og sesongutvikling	18
4.5. Usikkerhet i kildeleddet	18
4.6. Dødelighet i pelagiske stadier	19
4.7. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering	19
4.8. Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering	19
4.9. Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering	20
4.10. Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere	20
4.11. Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt	20
4.12. Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn	21
4.13. Vaktbur	22
4.14. Tråling	22
5. <i>Vurdering av status i produksjonsområdene</i>	23
Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren	27
Produksjonsområde 2: Ryfylke	29
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	32
Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt	35
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	38
Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag	41
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	45
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø	48
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	50
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	52
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	54
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	56
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	58
6. <i>Konklusjoner</i>	60
7. <i>Veien videre</i>	60
7.1. Grenseverdiene må oppdateres	60
7.2. Utvandningsruter og tidspunkt	60
7.3. Utvikling og validering av smoltmodeller	61
8. <i>Litteratur</i>	61
9. <i>Appendiks</i>	64
Appendiks I Vassdragsoversikt og utvandringstidspunkt NINA	64
Appendiks II NALO HI	64
Appendiks III Fysisk miljø HI	64
Appendiks IV Hydrodynamisk spredningsmodellering HI	64
Appendiks V Smittepresskart HI	64
Appendiks VI Virtuell smolt HI	64
Appendiks VII Produksjon av lakselus i oppdrett VI	64
Appendiks VIII Modellering SINTEF	64
Appendiks IX Fangst og gjenfangst Rådgivende Biologer AS	64
Appendiks X Smolt migration HI	64

Sammendrag

Ekspertgruppen ble i mars 2017 oppnevnt for ett år for å foreta en vurdering av lakselusindusert dødelighet på villfisk i 13 produksjonsområder i Norge. En foreløpig rapport basert på data fra 2016 ble levert i april 2017 og den endelige rapporten som også inkluderer data fra 2017 er ferdigstilt i september 2017. De siste data fra overvåkings sesongen 2017 kom inn medio august noe som betyr at det har vært svært kort tid frem til ferdigstilling av rapporten fra ekspertgruppen.

Ekspertgruppen har i sin vurdering benyttet data fra NALO (nasjonalt overvåkningsprogram for lakselus), resultater fra modellert smittepress og resultater fra modeller som beregner smitte og dødelighet på vill laksesmolt. I tillegg kommer annen relevant litteratur. Overvåkingsdata og ulike modeller har usikkerheter og i mandatet er ekspertgruppen også bedt om å vurdere usikkerhet i alle ledd av analysen. Det er generelt høy usikkerhet knyttet til utvandningsforløp og utvandningsruter for vill laksesmolt i alle produksjonsområdene. Ekspertgruppen er samstemt i at overvåkingsdata har lavest usikkerhet og at de ulike modellene har høyere usikkerhet. Usikkerhet for de ulike modellene er beskrevet i rapporten men ekspertgruppen har ikke klart å enes om en rangering av de ulike modellene basert på usikkerhet.

Ekspertgruppen er samstemt i konklusjonene og i vurderingen av usikkerhetene i alle produksjonsområdene. I 2016 ble risikoen for lakselusindusert dødelighet satt til moderat for fem produksjonsområder (PO2, PO4, PO5, PO6 og PO7), høy risiko for lakselusindusert dødelighet ble satt i ett område (PO3) og i de øvrige syv områdene ble risikoen for lakselusindusert dødelighet satt til lav (PO1, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12 og PO13). I 2017 ble ti områder satt til å ha lav risiko for lakselusindusert dødelighet (PO1, PO2, PO6, PO7, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12 og PO13), moderat risiko for lakselusindusert dødelighet ble satt i ett område (PO5) og høy risiko for lakselusindusert dødelighet ble satt for to områder (PO3 og PO4). Konklusjonen i PO2 og PO6 har høy usikkerhet.

Framover blir det viktig å ytterligere validere og kvantifisere usikkerheten i modellene som beregner lakselusindusert dødelighet. I denne sammenheng vil økt kunnskap om utvandningsforløp og utvandningsruter til vill laksesmolt være svært viktig. I tillegg bør man evaluere dødelighetsgrensene med nye lab-studier (benytte villaks fra ulike populasjoner) og undersøke effekten av kopepoditter og chalimus på overlevelse.

1. Bakgrunn

I produksjonsområdeforskriften (2017) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. Disse produksjonsområdene basert på minst mulig smitte av lakselus mellom områdene (Ådlandsvik, 2015). Stortingsmeldingen Mld. St. 16 (2014-2015) legger til grunn at status innen hvert produksjonsområde skal i første omgang *kun* være basert på effekt av lakselus på vill laksefisk, det vil si dødelighet på utvandrende postsmolt av laks, førstegangsutvandrende postsmolt av sjørøret og sjørøye, og på beitende sjørøret og sjørøye som en konsekvens av smitte av lakselus fra oppdrettsanlegg. Andre bærekraftsindikatorer skal eventuelt tillegges vekt i fremtidig arbeid.

Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) har i brev av 19. desember 2016 bedt om at Havforskningsinstituttet (HI), Veterinærinstituttet (VI) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) oppnevner og etablerer en styringsgruppe for vurdering av lusepåvirkning. Styringsgruppen blir bedt om å opprette en ekspertgruppe for å evaluere lusepåvirkning fra oppdrett på villfisk.

Mandatet og kommentarer til mandatet

Ekspertgruppen for vurdering av lusepåvirkning skal gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap for å gi en beskrivelse av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Hovedvekten skal i 2017 legges på villaks.

Ekspertgruppens arbeid skal bygge på dokumenterte data og resultater fra relevante forsknings-, overvåkings- og utviklingsprosjekter. Det skal spesielt redegjøres for usikkerheter i vurderinger, og dette skal angis for hver enkelt måleparameter.

I mandatet fra styringsgruppen står det hva som forventes i rapporten:

- *En oversikt over modeller og overvåkingsdata som inngår i analysen*
- *En beskrevet måte for å sammenstille modeller og overvåkingsdata til ett enhetlig bilde som kan brukes til å gi produksjonsområdene farge*
- *En kvantifisering og vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet innen de ulike NFDs produksjonsområder basert på tilgjengelige data om lakselus produsert i oppdrettsanlegg, lakseluspåslag på villfisk (fra overvåkingsprogram), artenes og populasjonenes atferd, og de ulike vassdragenes bidrag til den marine andelen av arten.*
- *Vurderingene skal baseres på den dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg.*
- *Vurderingene av lakselusindusert dødelighet skal baseres på data fra 2016 og 2017.*
- *Gi anbefaling til styringsgruppen om andre relevante forhold for handlingsregelen for vekst i oppdrettsnæringa (Trafikklyssystemet).*

Ekspertgruppen skal gjøre en overordnet analyse av lakseluspåvirkning i de ulike produksjonsområdene på basis av all tilgjengelig kunnskap. Publiserte vitenskapelige artikler og offentlige rapporter er sitert der det er relevant. I tillegg har man benyttet seg av resultater fra preliminare rapporter og disse er lagt ved i appendiks og sitert i teksten. Forfatterne av de preliminare rapportene som er lagt ved er ansvarlige for innholdet, ikke ekspertgruppen. Det vil være svært viktig at metodene og modellene beskrevet i de preliminare rapportene blir publisert i internasjonale tidsskrifter. I mandatet spesifiseres det at ekspertgruppen skal gi en

vurdering av «lakselusindusert villfiskdødelighet» i hvert av de 13 produksjonsområdene, og at dødeligheten skal baseres på dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg. Dette krever en klargjøring av ekspertgruppens tolkning av begrep som blir brukt i rapporten, en mer detaljert diskusjon er derfor gitt i kapittel 2.

Vurdering av usikkerheter har vært en viktig del av arbeidet i ekspertgruppen og i mandatet ønskes en vurdering av usikkerheten for hver enkelt måleparameter. Usikkerheter og forutsetninger for vurderingene er nøye vurdert og beskrevet i rapporten (f.eks. kapittel 4 og i vurdering av de enkelte produksjonsområdene). For noen parametere er det store mangler i dagens kunnskap (f.eks. er utvandringstidspunkt/forløp og utvandningsrute i fjordssystemer ukjent). I 2016 var det tråldata kun fra to fjordssystemer, i 2017 er dette økt til seks. En genetisk metode er benyttet i de tre sørligste fjordene i 2017, som kan spore hver enkelt trålfangst fisk tilbake til elv. Dette har gitt svært nyttig informasjon både om smittepresset på trålfangst fisk fra enkelt elver, men dataene kan også brukes til å vurdere om trålen fanger et representativt utvalg fra de ulike elvene i fjordene. Nye modellverktøy er utviklet for å beregne lakselusindusert dødelighet. Det er viktig at usikkerhet knyttet til de ulike modellene kvantifiseres i fremtiden. Ekspertgruppen er ikke samstemt i en rangering av modeller basert på usikkerhet da to ekspertgruppemedlemmer var uenig i en foreslått rangering. Til tross for knapp tid mener ekspertgruppen at mandatet er oppfylt og rapporten som er basert på dagens kunnskapsstatus gir en god beskrivelse av risiko for lakselusindusert dødelighet i de ulike produksjonsområdene.

Ekspertgruppen er samstemt i alle konklusjonene og i vurderingen av usikkerhetene for de ulike produksjonsområdene.

2. Definisjoner og begreper

Lakselusindusert dødelighet

Lakselusindusert dødelighet er et uttrykk som brukes vitenskapelig for å omtale den delen av dødeligheten som kan knyttes til parasitten (Krkošek mfl. 2011, 2013; Jackson mfl. 2013; Vollset mfl. 2015). Med uttrykket indusert menes altså at lakselusen er en del av årsaken til at fisken dør. Det er flere mål på overlevelse i epidemiologi (Dohoo mfl. 2010). De mest vanlige og relevante i kontekst av luseinduserte dødelighet på populasjonsnivå er *risikoforskjell* (RF), *relativ risiko* (RR) og *risikobidrag* (RB)

Risikoforskjell (RF) er den absolutte forandring i overlevelse i gruppen som er påvirket av lakselus versus gruppen som ikke er påvirket av lakselus. Det vil si hvis sjøoverlevelsen er naturlig 5 % og mens det i den påvirkede gruppen overlever 4 % vil RF bli $5 - 4 = 1$ %.

Relativ risiko (RR) er det relative tallet mellom sjøoverlevelsen (eller risikoen) til en upåvirket og teoretisk sett den samme gruppen eksponert for lakselus. For verdiene gitt over ville RR blitt $5\% / 4\% = 1,25$. Den sier altså at det er 1,25 ganger større sannsynlighet at en gruppe med fisk som ikke er påvirket av lakselus overlever til sammenligning med gruppen som er påvirket av lakselus (gitt at alle andre faktorer er like).

Risikobidrag (RB) regner ut den relative reduksjonen (i prosent) i populasjonen som er påvirket av lakselus sammenlignet med den som ikke er påvirket. Dette kan enten regnes ut fra risiko forholdet som følger $((1-1,25) / 1,25) * 100 = 20$ %, eller direkte fra sjøoverlevelsen som følger

$((5\% - 4\%)/5\%) = 20\%$. Denne sier altså at det vil returnere 20 % færre fisk tilbake til elven hvis lakselus påvirker en årsklasse relativt til hvis lakselus ikke hadde påvirkning. Det vil si at hvis det uten lus hadde returnert 1000 fisk ville det med lus returnert 800 fisk, eller hvis det uten lus hadde returnert 200 fisk ville det med lus returnert 160 fisk. I teorien er det denne verdien man ønsker å estimere ved å bruke lus på antall fisk og grenseverdier fra laboratorium (beskrevet under). Det er derimot mange årsaker til at denne estimerte *lakselusinduserte dødeligheten* ikke vil stemme overens med RB slik det er definert i teksten over.

Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

I dag benyttes prosentvis innslag over en grenseverdi for en gitt lakselusdose (lus per gram fiskevekt) som en indikator for påvirkning av lakselus på vill laksefisk både i Havforskningsinstituttets (HI) risikovurdering (Taranger mfl. 2011) og i ”Kvalitetsnormer for laks - anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander” fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) (Anon. 2011). VRL har imidlertid avgrenset sin vurdering til utvandrende laksesmolt (postsmolt), mens HI også har inkludert sjørrret og sjørøye. Grenseverdiene er derfor noe forskjellige, selv om hovedtilnærmingene er lik. I mangel av noe bedre har likevel både HI og VRL valgt denne tilnærmingen som et første forsøk på å kvantifisere effekter, og dette er basisen for en felles omforent vurdering som ble presentert i Taranger mfl. (2012) (se kapittel 3.3 i Taranger mfl. (2012) for ytterligere informasjon angående disse beregningene). Siden eksperimentelle forsøk indikerer ulike fysiologiske og økologiske effekter på smolt og modnende fisk, har man valgt å foreslå omforente grenseverdier for: 1) laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørrret og sjørøye, og 2) modnende sjørrret og sjørøye. Basert på best tilgjengelig kunnskap er det i Taranger mfl. (2012) foreslått følgende beregningsmåte for luseindeks på laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørrret og sjørøye < 150 g (**Tabell 1**):

Tabell 1. Skjema for beregning av luseindeks for antatte effekter av lakselus på utvandrende laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørrret og sjørøye <150 g: Samplet deles prosentvis inn i infeksjonsgrupper med antatt forskjellig effekt på individ. Indeks (% døde) for hver infeksjonsgruppe bestemmes ut fra best tilgjengelig kunnskap om forventet dødelighet innen infeksjonsgruppen. Summen av alle gruppene gir estimert bestandsreduksjon (%), og klassifiseres så i henhold til VRLs-definisjoner av liten (< 10 %), moderat (10-30 %) og stor (> 30 %) reduksjon i gytebestandsmål (GBM). Inndeling i infeksjonsgrupper og forventet dødelighet må regelmessig revurderes når ny kunnskap tilsier det. Verdier fylles inn og gir en estimert bestandsreduksjon ut fra andel av populasjon i hver infeksjonsgruppe.

Infeksjonsgruppe (antall lus/g)	Andel av populasjon (%)	Forventet dødelighet	Indeks
< 0,1		0 %	
0,1 - 0,2		20 %	
0,2 - 0,3		50 %	
> 0,3		100 %	
Estimert bestandsreduksjon (%)			

Her er det antatt at dødeligheten vil være 100 % i gruppen > 0,3 lus per gram fiskevekt, 50 % i gruppen 0,2–0,3 lus per gram fiskevekt, 20 % i gruppen 0,1–0,2 lus per gram fiskevekt og 0 % i gruppen < 0,1 lus per gram fiskevekt.

Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012, 2015; Serra-Llinares mfl. 2014) er basert på relativt få laboratorieforsøk, og verdiene må betraktes som veiledende og som førstegenerasjons indikatorverdi. I de fleste forsøk blir antall lus per gram fiskevekt beregnet ut fra alle stadier av lus. Vi vet at det er dødelighet hos lus fra kopepodittstadiet til de bevegelige stadiene der de fysiologiske konsekvensene for fisken inntreffer, men det er ikke gode data for å anslå denne med sikkerhet. Påslagsintensiteten av lus blir sannsynligvis overestimert i noen tilfeller der det hovedsakelig er påslag av fastsittende stadier på den innsamlede fisken. Som påpekt av Taranger mfl. (2012) behøves det flere forsøk for videre verifisering og validering, gitt viktigheten av disse grensene. Dødelighet på laksefisk i naturen kan være høyere eller lavere enn det som registreres i laboratorieundersøkelser med sammenlignbare infestasjoner. Effektene av lakselus har vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks som også er påvirket av andre faktorer, som for eksempel dårlig vannkvalitet (Finstad mfl. 2007). Videre kan svekket fisk i naturen utsettes for en økt predasjonsrisiko (Thorstad mfl. 2012), ha dårligere evne til selv å beite, dårligere vekst eller endret risikovillighet, og dette vil påvirke blant annet alder ved kjønnsmodning og investering i reproduksjon. Et redusert immunsystem kan derfor på lang sikt resultere i økt dødelighet på grunn av tilleggsfaktorer i naturen som fisken er beskyttet mot i laboratoriet, og dette kan ha betydning for fastsettelse av kritiske terskelnivå for dødelighet (Bjørn & Finstad 1997). På den andre siden kan imidlertid fisken ikke reagere atferdsmessig til lusepåslaget i laboratoriet, det vil si den kan ikke søke til avlusingsområder med lav saltholdighet. Det er derfor mulig at adaptiv atferd i naturen kan redusere dødeligheten i forhold til verdier funnet i laboratorieundersøkelser.

Faktorer som påvirker populasjonsvekst men ikke dødelighet

Vår oppgave som ekspertgruppe er å spesifikt vurdere lakselusindusert dødelighet. I teorien kan parasitter påvirke verten på måter som ikke er direkte dødelige, men allikevel kan påvirke populasjonsveksten og evolusjonen til de forskjellige populasjonene. Slike effekter er det ikke mulig å kvantifisere direkte, men det er argumentert i definisjonene av grenseverdiene at slike effekter er tatt høyde for (Taranger mfl. 2012). Vi argumenterer derfor for at vi ikke har andre muligheter å ta høyde for slike effekter enn å ta i bruk disse omforente grenseverdiene.

Hvordan tolker ekspertgruppen den estimerte luseindeksen

Luseindeksen beskrevet over kan tolkes direkte som *lakselusindusert dødelighet*. Det er derimot flere problemstillinger med å regne ut en lakselusindusert dødelighet basert på enkle terskelverdier. En av hovedproblemstillingene er at vi vet at effekten av lus er kontekstavhengig. En studie av Vollset mfl. (2015) har vist at effekten av lus er direkte korrelert med den generelle overlevelsen i havet, slik at i år med dårlig overlevelse er effekten av lus stor, mens i år med god overlevelse er effekten av lus nesten ikke målbar. Grenseverdiene må altså sees på som dødelige i en sannsynlig kontekst (forhold i havet). Hovedproblemstillingen er at vi for en gitt smoltårsklasse (dvs. smolt som vandrer ut i sjøen samme år) ikke kan vite på forhånd hvordan andre forhold i sjøen som påvirker laksens overlevelse vil bli for denne årsklassen. Av den årsak vil grenseverdiene i noen tilfeller være overestimerer, mens i andre tilfeller underestimerer.

En annen problemstilling er selektiv dødelighet. Et eksempel på dette er størrelsesselektiv dødelighet (Peterson and Wroblewski, 1984). Ved å bruke grenseverdier for lakselusindusert dødelighet som er korrigert for størrelse vil det være de minste individene som har den største estimerte *lakselusinduserte dødeligheten*. Gitt at størrelsesselektiv dødelighet er en viktig mekanisme hos utvandrende laksesmolt vil det være slik at fisken som har høyest sannsynlighet

for å dø av lakselus i utgangspunktet uansett hadde hatt en høyere sannsynlighet for å dø. Vi vet derimot lite om størrelsesavhengig dødelighet hos postsmolt av laks, dermed er det ikke mulig å beregne hva en slik effekt vil ha på estimatene våre (se Jonsson mfl. 2017).

Bestand, populasjon og populasjons kompleks

Uttrykkene bestand og populasjon brukes om hverandre i norsk lakseforvaltning. I økologi brukes ofte bestand om populasjonsenheter det høstes på, mens populasjon brukes i mer vitenskapelig sammenhenger. Populasjon er derimot også et rent statistisk uttrykk som omtaler et avgrenset antall individer. I det nye forvaltningssystemet er det lagt opp til at man skal beregne effekten av lakselus på vill laksefisk i sjø i et produksjonsområde. Innen hvert produksjonsområde er det derimot flere populasjoner ettersom man forvaltningsmessig opererer med bestander av laks i hver elv. Dette betyr i praksis at for et produksjonsområde vil «populasjonen» faktisk bestå av flere populasjoner fra hver elv. I teorien kan man se for seg at man opererer med to «populasjons definisjoner»: «produksjonsområde populasjon» og «elvepopulasjon». I biologisk sammenheng er ikke produksjonsområde populasjon en «ekte» populasjon, ettersom det egentlig kun er en konvensjon til bruk i forvaltningssystemet. I kunnskapsoppsummeringen fra 2016 (Karlsen mfl. 2016) ble ordet *populasjon* brukt for å uttrykke «produksjonsområde populasjon» og *bestand* for å uttrykke *elvepopulasjon*. Vi har kommet fram til at dette var forvirrende etter som ordene ofte brukes i spesifikke vitenskapelig sammenhenger. Vi har derfor valgt å gå tilbake til enkle termer der vi bruker «bestand» for elvepopulasjoner, og skriver at vi snakker om overordnet vurdering av bestander når vi snakker om «produksjonsområde populasjon».

Dette er en terminologisk pedagogisk problemstilling mer enn en biologisk problemstilling. Hovedproblemstillingen er hvordan man skal vektlegge de enkelte bestandene (eller elvepopulasjonene) i en overordnet vurdering av produksjonsområdene (Vollset mfl. 2017). I praksis er det tre tilnærminger man kan se for seg når man skal regne ut populasjonseffekter av lakselusindusert dødelighet:

- A. *Føre var-tilnærming* – Utrekning av lakselusindusert dødelighet skjer kun på bestandsnivå slik at estimatet for et produksjonsområde baseres på den “verste” verdien fra en elv. Det vil si; hvis en elv kommer over grenseverdien for rødt så blir hele produksjonsområdet rødt.
- B. *Gjennomsnittstilnærming* – Utrekningen av lakselusindusert dødelighet enten ved at man regner ut hvor mange smolt av totalt antall smolt i et produksjonsområde som dør, eller at man tar snittverdien av alle elver for et område og baseres seg på det.
- C. *Vektet tilnærming* – Det siste forslaget er å vekte forskjellige elver basert på et sett med kriterier. Dette kan være størrelsen / smoltproduksjonen til elven, men også viktigheten av elven i forhold til politiske dokumenter (eksempelvis nasjonale laksefjorder). Eventuelt å legge vekt på oppnåelse av gytebestandsmål og sårbarhet i område.

I mandatet til ekspertgruppen er det ikke lagt opp til at ekspertgruppen skal ta hensyn til viktigheten av elvene i forhold til politiske dokumenter eller grad av sårbarhet. Dermed er den eneste muligheten vi har i dette dokumentet å framlegge utregninger som kan brukes til tilnærming A og B (se ovenfor). Hovedproblemstillingen med tilnærming A er derimot at det er knyttet stor usikkerhet til estimatene for hver enkelt elv. I tillegg legger vi stor vekt på empiriske data. Disse er per definisjon ikke knyttet opp til bestandseffekter på elvenivå, men vil kun brukes til å si noe om den potensielle effekten på alle bestandene i et område. I praksis vil derfor vurderingen være en mellomting mellom tilnærming A og B. Vi legger stor vekt på den overordnede tilstanden i området basert på modellkjøringer og empiriske data, men vil i

noen områder legge spesielt vekt på elver som kommer ut som spesielt påvirkede eller viktige for den totale fiskeproduksjonen i et område (slik som for eksempel Lærdalselva i Sognefjorden).

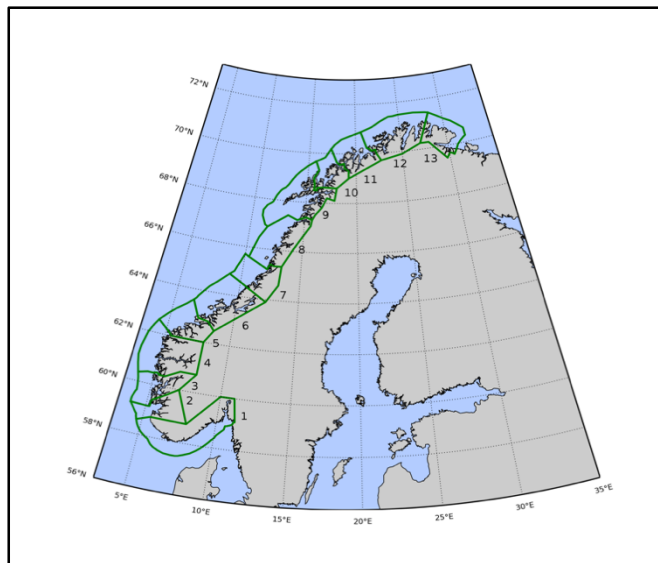
Er det mulig å kvantifisere «dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg»?

Det korte svaret på dette er *nei*, dødelighet som skyldes lakselus kun produsert i oppdrettsanlegg kan ikke beregnes alene. Forutsetningen for modellene som brukes i denne vurderingen er derimot at det kun er voksne hunnlus på oppdrettsfisk i oppdrettsanlegg som produserer lakselus. Dette er åpenbart en forenkling av virkeligheten, men det kan argumenteres for at i områder med oppdrettsanlegg er det hovedsakelig oppdrettsanlegg som er kilden til lakselus (med mindre oppdrettsanleggene er brakklagt). Det å skille på hvor stor andel av villfisken som dør på grunn av lusen som spesifikt er produsert i oppdrettsanlegg er ikke bare praktisk umulig, det er også teoretisk umulig. Et individ som dør på grunn av den samlede belastningen fra lus, både fra villfisk og oppdrettsfisk, vil ikke ha en dødelighetsandel som kan skyldes den ene eller den andre type lus.

En annen problemstilling er at økt produksjon av lus i et område ikke bare fører til direkte smitte fra oppdrett til villfisk, men en generell økning av antallet lus på villfisk, som medfører en endret smittedynamikk blant villfisken. «Skyldspørsmålet» i «dødelighetsandelen» blir dermed enda mer komplisert ettersom man må ta stilling til om lusesmitte fra villfisk som skyldes at de er blitt smittet av lus fra oppdrettsanlegg skal regnes inn i «dødelighetsandelen som skyldes lus fra oppdrettsanlegg». Dette blir derimot en teoretisk øvelse ettersom vi ikke har informasjon per dags dato som kan svare på slike spørsmål. I praksis er det derimot to typer data vi må ta stilling til (1) modellerte data som kun har tatt utgangspunkt i smitte fra oppdrettsanlegg, og (2) overvåkingsdata hvor man ikke kan skille mellom de to smittekildene. Vår antagelse er at det er en korrelasjon mellom disse og vi dermed kan bruke modellestimater til å evaluere situasjonen utenfor områder der vi ikke har overvåkingsdata. Dette er vist i flere publikasjoner - selv om det også er tilfeller der modeller avviker fra observasjoner (Serra-Llinares mfl. 2014; Sandvik mfl. 2016; Serra-Llinares mfl. 2016; Shephard mfl. 2016). Denne korrelasjonen beviser derimot ikke hva den direkte kilden til lusen er, og vår evaluering må derfor sies å være en vurdering av den totale lakselusmitten i et område.

3. Metodebeskrivelse og datagrunnlag

Ved hjelp av spredningsmodellering har Havforskningsinstituttet beregnet potensiell smittedose mellom alle anlegg langs hele norskekysten (Ådlandsvik, 2015). Graden av utveksling mellom anleggene (konnektivitet) er lagt til grunn for naturlige klynger av anlegg. Klyngene, som danner grunnlaget for produksjonsområdene, er da konstruert slik at anleggene innenfor området har større utveksling seg i mellom enn anlegg mellom områder. I det opprinnelige forslaget ble kysten delt inn i 11 produksjonsområder, mens det i den endelige produksjonsområdeforskriften ble vedtatt 13 produksjonsområder (figur 1). Hovedforskjellen er at det sørligste og det nordligste området er delt i to.



Figur 1. Inndeling av kysten i 13 produksjonsområder

For å kunne svare på bestillingen om å gi en vurdering av status i alle produksjonsområdene, har ekspertgruppen valgt å inkludere all informasjon gruppen anser som relevant (tabell 2), men verdien av denne informasjonen er vurdert fortløpende da usikkerhetene og dekningsgraden varierer betydelig mellom de ulike produksjonsområdene. Det er i hovedsak benyttet tre typer data:

- Utslipp av klekte nauplier (eggproduksjon) fra oppdrett i tid og rom
- Overvåkingsdata
- Modellert smittepress og estimert smoltdødelighet

I den følgende teksten lister vi opp alle kategorier av informasjon som ekspertgruppen har tatt hensyn til i sin vurdering av hvert produksjonsområde. I teksten i hovedrapporten er det kun gitt en kort beskrivelse av disse dataene. For mer detaljert beskrivelse henviser vi til vedlagte appendiks for hver av de forskjellige kategoriene av informasjon.

3.1. Data fra oppdrett

Nauplieproduksjon/Eggproduksjon

Lus fra oppdrettsfisk er hovedsakelig kilden til lakselus. Fra gravide hunnlus på oppdrettsfisk klekkes omtrent 300 egg hver uke, og reproduksjonspotensialet er dermed stort. I et oppdrettsanlegg med flere tusen fisk vil selv få hunnlus på enkeltfisk, også antall som er tillatt i forhold til regelverket, kunne føre til klekking av flere millioner nauplier hver uke. Livsstadene etter egg er nauplius 1 og 2, og disse er ikke smittsomme. Etter naupliestadiene blir lakseluslarvene til smittsomme kopepoditter. Varigheten av stadiene er avhengig av vanntemperatur, og typisk varer de to naupliestadiene 3–5 dager, mens kopepodittstadiet varer i 10–15 dager. I hvilken grad utslippene og utviklingen til det smittsomme stadiet overlapper med tidsperioden postsmolt laks vandrer ut er viktig (se figur b) under hvert produksjonsområde).

Antall nyklekte nauplier beregnes ut fra rapporterte data på antall fisk, antall hunnlus og temperatur. Antall nyklekte nauplier per døgn beregnes fra formelen (Stien mfl. 2005):

$$\text{Klekte nauplier} = N \text{ fisk} \cdot N \text{ hunnlus} \cdot 0,17 * (T + 4,28)^2$$

Appendiks IV *Hydrodynamisk spredningsmodellering* inneholder figurer som viser antall klekte egg per måned, for årene 2012 – 2017. Det er som forventet stor variasjon mellom de ulike områdene og figurene brukes først og fremst til å se på mellomårlig variasjon innen produksjonsområdene.

Eggproduksjon per biomasse

Egg per biomasse er beregnet for perioden 3 uker før til 4 uker etter 50 % utvandring. Dermed blir tidsperiodene per område justert i henhold til antatte utvandringstider for vassdragene innen produksjonsområdene. Biomassetallene fremkommer som gjennomsnittsvikt ganger antall fisk per lokalitet. For hver lokalitet regnes gjennomsnittet over de månedene som er med i perioden, deretter summeres de gjennomsnittlige biomassetallene for alle anleggene i området. Dette tallet uttrykker da gjennomsnittlig stående biomasse for den aktuelle tidsperioden, innen hvert av produksjonsområdene. Dernest ble produksjonen av lakselus-egg for hver dag og alle aktive oppdrettsanlegg innen hvert produksjonsområde beregnet. Eggproduksjonen blir beregnet i henhold til Stien mfl. (2005). Den daglige eggproduksjonen blir så summert opp for alle anlegg innen hvert produksjonsområde, for den aktuelle perioden. Dette tallet uttrykker da total eggproduksjon i løpet av gitte åtte ukers periode for hvert produksjonsområde. Til slutt blir eggproduksjonen delt på gjennomsnittlig stående biomasse. Enhetene for beregningene er 10^4 egg per tonn gjennomsnittlig stående biomasse for produksjonsområdet. Egg per biomasse variabelen uttrykker dermed et biomassejustert mål for produksjonen av lakselusegg. Variabelen må tolkes som et mål på hvor effektivt anleggene innen et produksjonsområde greier å produsere oppdrettslaks i forhold til hvor stor produksjon av lakselusegg som medfølger, i den kritiske perioden for utvandring av vill laksesmolt. Variabelen er plottet for årene 2012 – 2017 i figur a) for hvert produksjonsområde. Verdier på >10 vurderes som høye, 5 – 10 som moderate og < 5 som lave.

3.2. Overvåkingsdata

I overvåkingsprogrammet NALO (Nasjonal overvåking av lakselus på vill laksefisk) brukes primært tre metoder for å kartlegge smittepresset på vill laksefisk: tråling; ruser og garn; og vaktbur (Nilsen mfl. 2017a,b), som er beskrevet nærmere i appendiks II. Resultatene fra disse metodene er oppsummert i tabell 2 under kolonnene *Trålfangst*, *Sjøørret ruse* og *Vaktbur* der effekten deles inn i tre kategorier, høy, moderat og lav som referer til risiko for lakselusindusert dødelighet på $>30\%$, $10-30\%$ og $< 10\%$. I disse undersøkelsene fanges det vill laksefisk hvor lus telles, og basert på tabell 1 beregnes risiko for lakselusindusert dødelighet for hver av stasjonene. I tillegg innhentes påslagsdata fra vaktbur i enkelte fjorder; Hardangerfjorden, Romsdalsfjorden, Trondheimsfjorden og Namsen/Vikna i 2016, i tillegg til Boknafjorden, Sognefjorden og Altafjorden i 2017.

Det er i 2016 og 2017 foretatt prøvafiske med ruse og garn i alle produksjonsområdene. De undersøkte stasjonene er delvis utvalgt basert på resultater fra den hydrodynamiske smitte modellen. Områder med høy tetthet av smittsomme kopepoditter er undersøkt for å verifisere forhøyet modellert smittepress, i tillegg er også flere områder med lav tetthet undersøkt. Andre steder er stasjonene undersøkt for å opprettholde tidsseriene. Stasjonene er derfor ikke tilfeldig valgt, og resultatene må tolkes sammen med tetthet av kopepoditter fra den hydrodynamiske smitte modellen. For å vurdere status basert på garn og rusefangst er derfor andelen av området som har høy tetthet av kopepoditter vurdert sammen med når og hvor denne tettheten er. Eksempelvis anses det mer problematisk med høy tetthet i ytre deler av fjorder enn indre da all fisken i fjorden må passere det ytre området, og høye tettheter under

smoltutvandringen anses som mer problematisk enn høye tettheter senere på året. Vaktbur er brukt for ytterligere å forstå og verifisere fordelingen av kopepoditter. Det har også vært trålt etter utvandrende postsmolt av laks i Hardanger- og Trondheimsfjorden i 2016, i tillegg til Bokna-, Sogne-, Romsdals- og Altafjorden i 2017.

I 2017 har en i tillegg gjennomført genetiske analyser på fisken fanget med trål i Bokna-, Hardanger- og Sognefjorden for å tilordne denne fisken til elv. Metoden og resultatene er omtalt i Appendiks X.

3.3. Modeller

I rapporten brukes resultater fra modeller som beregner fordelingen av lakselus i rom og tid langs hele kysten. Modellresultatene benyttes til å beregne avledede produkter som forteller hvor og når tettheten av smittsomme kopepoditter er så høy at det er skadelig for vill laksefisk, og til å beregne infestasjon på utvandrende postsmolt av laks fra alle de lakseførende elvene i landet. Det presenteres resultater fra Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet og SINTEF. Alle tre modellene som beregner fordeling av smittsomme lakselus tar utgangspunkt i nauplieproduksjonen ved hvert anlegg som vist ovenfor. Modellene bruker ulike tilnæringer for å spre dem langs kysten, og for å lage ulike avledede produkter.

Havforskningsinstituttet og SINTEF bruker hydrodynamiske modeller som beregner vannstrømmene, vanntemperatur og saltholdighet. Disse to modellene er ikke like, men prinsippene med vannbåren transport er de samme. Veterinærinstituttet bruker en statistisk modell hvor tettheten av lakselus avtar med avstanden fra utslippspunktet. Modellenes egnethet er vist ved å sammenligne med data fra vaktbur og villfanget fisk. En mer detaljert beskrivelse av de enkelte modellene står under og fullstendig beskrivelse inngår i vedleggene med tilhørende referanser.

Havforskningsinstituttets (HI) modellvurdering

For å kunne regne ut hvor de smittsomme lakseluslarvene befinner seg til enhver tid, har Havforskningsinstituttet utviklet en modell (eller egentlig et system av modeller) som beskriver hvordan lakselus ved hjelp av vannstrømmer fordeles i vannmassene (se appendiks IV for flere detaljer). Modellen inkluderer alle de viktigste prosessene som virker inn: vannstrøm, vanntemperatur, saltholdighet samt utviklingshastighet, atferd og dødelighet til lakselus. Resultatene viser hvor lakseluslarvene befinner seg i fjordene og langs kysten til enhver tid, og hvordan fordelingen utvikler seg over tid og i ulike sesonger. Hvor stor smitterisikoen er for villfisken, vil henge sammen med antall lakselus i området. Hver uke regnes tettheten av lakseluslarver ut langs hele kysten de siste ti dagene. Resultatene ligger på <http://hi.no/lakseluskart/html/lakseluskart.html>.

Etter at naupliene er klekket ut i vannmassene opplever de temperatur, saltholdighet og strøm i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om biologi, atferd og dødelighet blir det beregnet hvordan lusen sprer seg i vannmassene, først som ikke-smittsomme nauplier og videre som smittsomme kopepoditter. Sluttproduktet er tetthet (antall per kvadratmeter) av smittsomme kopepoditter langs hele kysten en gang i timen. Kopepodittetthetskart (figur 7 i appendiks IV) viser stor variasjon i tid og rom, med en klar tendens til oppsamling langs land, og i fronter og virvler. Det er også en kraftig økning utover våren/sommeren (figur 6 i appendiks IV). Kopepodittkonsentrasjonen er summert over de 2 øverste meter, hvor det er antatt at postsmolten befinner seg.

Kopepodtethetskartene gir et godt bilde på relative forskjeller innen et område, men kan være vanskelig å tolke i forhold til hvor og når lusemengden er så stor at den vil gjøre skade på de ville laksefiskene. Havforskningsinstituttet har derfor utarbeidet **to** avledede produkter som er en **tolkning** av kopepodttkonsentrasjonen. Det ene avledede produktet er *kalibrert smittepresskart (ROC)* der konsentrasjonen av kopepodtter er kalibrert mot observert lusepåslag på kultivert laksesmolt som har stått 2-3 uker i vaktbur i sjøen, beskrevet i Sandvik mfl. (2016) og appendiks V. Det andre produktet er *virtuell smoltutvandring* der konsentrasjonen av kopepodtter er kalibrert mot observert lusepåslag på vill laksesmolt som er fanget med trål, som beskrevet i appendiks VI.

Kolonne: HI kalibrert smittepress (ROC)

Havforskningsinstituttet sitt kalibrerte smittepress tolkes som at den villfisken som oppholder seg i områder med høyt smittepress i hele den angitte perioden smittepresskartet gjelder for, mest sannsynlig vil få på seg mer enn 10 lus, mens fisk som oppholder seg i område med lavt smittepress vil få på seg mindre enn 1 lus. I områder med middels smittepress vil den ville laksefisken få på seg mellom 1 og 10 lus. Metoden for hvordan vi kommer fra horisontale smittepresskart til den integrerte verdien (rom og tid) i kolonnen *HI smittepress* er beskrevet i appendiks V. Verdien i kolonnen "HI smittepress" er satt på bakgrunn av en samlet vurdering: horisontalt smittepresskart, tidsutvikling og estimert sannsynlighet for høyt påslag (dødelig for små fisk) for hele området rundt beregnet utvandringstidspunkt. Effekten deles inn i tre kategorier: høy, moderat og lav, som referer til andel av arealet med sannsynlighet for høyt påslag på > 30 %, 10-30 % og < 10 %.

Kolonne: Virtuell smoltutvandring

For å tallfeste hvor mange kopepodtter en virtuell postsmolt av laks får på seg når den svømmer gjennom den modellerte lusekonsentrasjonen, har vi laget en vandringsmodell som følger postsmolten fra elv til hav. Antall lus på den virtuelle smolten er kalibrert mot antall lus på trålfanget laksesmolt. For å beregne dødelighet er terskelverdiene i tabell 1 benyttet. Det er regnet ut en dødelighet for hver elv i produksjonsområdene. En detaljert beskrivelse av metoden og resultat er gitt i appendiks VI. Ekspertgruppen har videre tatt gjennomsnittet fra alle elvene innen hvert produksjonsområde, som presenteres i tabell 2. Som en tilleggsinformasjon viser tabell 3 lakselusindusert dødelighet (%) for laksesmolt i de ulike produksjonsområdene, når estimatene er veid med hensyn til de enkelte vassdragenes bidrag til den teoretiske smoltproduksjonen innen hvert produksjonsområde. Tabell 3 inneholder også kolonner som viser forventet dødelighet ved tidlig, midlere eller sen utvandring.

Veterinærinstituttets (VI) modellvurdering

VI's beregningsmodell for risiko for luseindusert dødelighet er satt sammen som en stegvis formulering av sentrale prosesser i hendelseskjeden som omfatter hvordan utvandrende smolt av villaks eksponeres mot lakselus fra oppdrett og, endelig, hvordan denne eksponeringen påvirker dødelighet av smolten. Steg 1 i kjeden er beregning av smittepress med opphav i oppdrettsanlegg langs kysten. Dette gjøres ukjentlig med bakgrunn i rapporterte tall for reproduktive hunnlus, antall fisk og temperatur ved alle aktive lokaliteter langs kysten. Disse dataene benyttes til å beregne reproduksjon av egg, utviklingstider til smittsomme luselarver og dødelighet av larvene i løpet av utviklingstiden, med en reproduksjonsmodell (Stien mfl. 2005). Fra hvert anlegg spres så larvene ut på kysten med en avtakende konsentrasjon som funksjon av avstand, i alle sjøretninger. Funksjonen som beskriver denne avtakende konsentrasjonen er hentet fra en analyse av alle rapporterte lusetall fra oppdrettsnæringen i perioden 2002 – 2010

(Aldrin mfl. 2013). Det resulterende smittepresset vises fortløpende i kart (www.vetinst.no/lusekart).

I steg 2 benyttes lusepåslag på fisk i bur som grunnlag til å konstruere en smittemodell for fisk som eksponeres for ulike smittepress. Vi beregner da først hvordan fisken i gitte bur blir eksponert for smittepress på gitt sted og tid for plassering av buret. Deretter brukes en statistisk regresjonsmodell til å beregne forventet påslag av lus på burfisken som funksjon av smittepress og eksponeringstid, men også med et tillegg av en tilfeldig effekt som fanger opp systematisk variasjon i lusetall for bur knyttet til et gitt område og en gitt periode. Den tilfeldige effekten brukes til å modellere lave og høye påslag, ved siden av et forventet påslag, i smittemodellen. Høye og lave påslag representerer derfor den variasjonen man erfaringsmessig kan forvente av påslag på fisk i et tilfeldig bur i et verste og beste scenario.

I steg 3 bruker vi smittemodellen fra burfisk til beregning av påslag på utvandrende smolt fra alle vassdragene. Smolten fra hvert vassdrag vandrer ut på tre ulike tidspunkt, en startdato, en dato for midlere utvandring eller en sluttdato. Det antas at smolten vandrer korteste sjøvei fra elveutløp til hav, definert ved 12 mils grense i sjø. Vandringshastigheten er antatt å være 8,2 cm per sekund, tilsvarende en strekning på 20 mil på tre uker. Fisken vandrer da gjennom smittefelt der påslag av lus beregnes av smittemodellen, i henhold til smittepresset på gitt sted og tid for smolten under utvandring. For hvert vassdrag og for de tre utvandringstidene, blir så påslaget i hver 100 m rute under utvandringen summert opp til et forventet totalt påslag av lakselus. Tilsvarende beregninger blir i tillegg gjort for høye og lave påslag, bestemt av 90% intervall for den tilfeldige effekten i påslagsmodellen, som et verste og beste scenario.

I steg 4 beregner vi luseindusert dødelighet på den utvandrende smolten. Her antas det at smolten veier 20 gram og at prognoser for dødelighet av smolten som følge av lusesmitte følger de størrelsesavhengige sannsynlighetene som er gitt i Taranger mfl. (2012). Smittemodellen brukes så til å simulere antall lus på 100000 virtuelle vandrende smolt ved å benytte sannsynlighetsfordelingen rundt forventet påslag. Dødelighetsprognosene benyttes så til å beregne andel døde av de virtuelle smoltene, for smolt som vandrer ut startdato, ved midlere utvandringstid og ved sluttdato. Endelig summeres disse andelene opp for hele utvandringstidene for alle vassdrag gjennom oppsummering av hvor stor andel av laksesmolt som vandrer på hvert tidspunkt og beregnet dødelighet i disse tidspunktene.

Resultatene presenteres på vassdragsnivå og aggregert til nivå av produksjonsområder, som gjennomsnitt av vassdrag innen produksjonsområdet. Utfallet av forventet scenario formidles som lav risiko for beregnet dødelighet < 10 %, midlere risiko for beregnet dødelighet 10 – 30 % og høy risiko for dødelighet > 30 %. Usikkerheten av risikoanslagene betegnes som stor hvis verste scenario anslår stor risiko mens forventet scenario anslår lav risiko, ellers middels hvis disse anslagene varierer med en klassifisering og liten når begge anslagene tilsier lav risiko. I tillegg til usikkerheten som fremgår av verste og beste scenario, er det foretatt sensitivitetsanalyser av å justere antakelser knyttet til utvandringstid, utvandringstid og dødelighetssannsynligheter relativt til påslag. Detaljert beskrivelse av beregningssmodellen for risiko for luseindusert dødelighet fremgår av appendiks VII.

SINTEFs modellvurdering

SINTEF anvender modellsystemet SINMOD for å modellere spredning av lakselus og smittepåslag på utvandrende postsmolt. Spredning og utvikling av pelagiske stadier modelleres ved en strukturert populasjonsmodell som er koblet til SINMODs hydrodynamiske modell. Egg

som slippes fra anleggsposisjonene spres ut i fra simulert strøm og vertikalatferd. Luselarvene antas å svømme vertikalt oppover for å holde seg i de øvre 7 m av vannsøylen, eller nedover dersom vannet blir for ferskt (mindre enn 20 i saltholdighet). Videre vil utviklingshastigheten fra nauplii til smittsomme kopepoditter avhenge av vanntemperatur og det er antatt en konstant dødelighet. Ved å bruke mest mulig realistiske inputdata (f.eks vind, ferskvannsavrenning, tidevann osv) og data for hvor mange egg som slippes ut på ulike lokaliteter, gir modellen en tidsutvikling av konsentrasjonsfeltet. Mer informasjon om modellsystemet finnes i appendiks VIII.

Smoltmodellen som SINTEF har brukt er også koblet til den hydrodynamiske modellen. Her er det antatt at smolten svømmer i de øverste 4 m med strømmen med en svømmehastighet på en kroppslengde per sekund. Dette gir variasjon i utvandringsrutene. Modellen er i dette arbeidet satt opp med en jevn utvandring fra de ulike vassdrag i den aktuelle utvandringsperioden. Videre er samme metode som HI anvendt for å beregne påslag av lus på hver enkelt virtuelle smolt (se appendiks VI og VIII). Dødelighet for hver virtuelle smolt regnes videre fra Tabell 1, og samlet får vi et estimat av dødelighet på de ulike bestandene. For å vurdere resultatene fra hvert produksjonsområde har også resultat fra lusespredningsmodellene blitt brukt. I appendiks VIII er det gitt kart over gjennomsnittskonsentrasjon i mai. Slike konsentrasjoner er vanskelige å tolke kvantitativt. Det er derfor i tillegg summert opp et potensielt påslag over mai måned i hver gridboks. Dette vil være smittepresset en virtuell smolt som oppholdt seg i en gridcelle i perioden hadde blitt utsatt for. Det er ikke et eksakt mål for potensielt påslag på villsmolt, men gir informasjon om horisontal utbredelse av smittepresset.

4. Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen

4.1. Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

En kunnskapsstatus av lakselusas effekter på ville laksefiskbestander er beskrevet i Karlsen mfl. (2016), og vi har tatt utgangspunkt i denne for å evaluere effekten av lus på sjøoverlevelsen til villaks. I rapporten er det lagt stor vekt på laboratorieforsøk som forsøker å kvantifisere terskelverdier for belastning av lakselus på postsmolt av laks. Målsetningen med disse forsøkene har vært å fastslå hvor stor intensiteten må være for at lakselus forårsaker direkte dødelighet eller andre negative effekter på sin vert. Det er foretatt en gjennomgang av hvordan lakselusa fysiologisk sett påvirker sin vert og hvilke parametere luseinfestasjoner påvirker i eksperimentelle studier. Samlet sett danner dette kunnskapsgrunnlaget for fastsetting av nåværende grenseverdier i forvaltningen av våre villfiskbestander med hensyn til luseinfestasjoner. Det er også etablert en tabell for sjøørret og sjørøye (>150 gram) som har litt andre verdier, men vi har hatt hovedfokus på laks i denne vurderingen og har derfor brukt disse grenseverdiene.

Det ble av ekspertgruppen relativt tidlig påpekt at grenseverdiene bør gjennomgås og evalueres på nytt. Dette er både av hensyn til at den er meget avgjørende for estimatene av *lakselusindusert dødelighet* og fordi ekspertgruppen har påpekt svakheter med metodikken for å komme fram til grenseverdiene. For eksempel, i enkelte laboratorieforsøk er beregningene av luseindusert dødelighet benyttet på alle stadier av lus (fastsittende og bevegelige) mens i andre forsøk er disse verdiene basert kun på de fastsittende stadiene. Vi vet at dødeligheten av lus fra fastsittende stadier til bevegelige stadier kan være 30-40 %, men vi kjenner også til forsøk hvor overlevelsen til lus har vært over 80 %, slik at dødeligheten til lusen må hensyn tas i kommende

forsøk og beregninger. Et eksempel på dette er at man hos rusefanget laksefisk (hovedsakelig sjøørret) bruker alle disse stadiene i beregningene for luseindusert dødelighet mens man hos postsmolt av laks tatt i trål hovedsakelig foretar disse beregningene ut fra de fastsittende stadiene. I dette tilfellet kan sannsynligvis lusemengden på postsmolten være et overestimat sammenlignet med beregninger der man bruker alle lusestadiene til å beregne luseindusert dødelighet (gitt at det ikke tapes vesentlige antall lus i fangsten). Det har derimot ikke vært ekspertgruppens mandat å evaluere disse grenseverdiene, og vi besluttet derfor å bruke grenseverdiene som er beskrevet i Taranger mfl. (2012).

4.2. Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus

I teorien er det ikke nødvendig å ta hensyn til bestandsstatus for å evaluere lakselusindusert dødelighet for en kohort av laksesmolt som vandrer ut fra en elv. Ved utregning av hvor stor andel av fisken som dør er dette uavhengig av hvor mange som vandrer ut. Det viktigste i denne sammenhengen er fordelingen av lus på fisken i populasjonen. Dette kan regnes ut ved å ta et utvalg av fisken for så å evaluere hvor stor del av populasjonen som har dødelige antall lus. Utfallet av en påvirkning vil derimot avhenge sterkt av bestandsstatus. For eksempel hvis reduksjonen i fisk fører til at antall voksne laks som kommer tilbake er under gytebestandsmål (GBM), vil effekten ha en større negativ konsekvens for bestanden enn hvis gytebestandsmål uansett blir oppnådd med stor margin. En bestandsreduksjon som følge av lus vil imidlertid ha konsekvenser selv om gytebestandsmål oppnås fordi andelen av bestanden som kan høstes vil bli mindre. I Kvalitetsnormen for ville bestander av laks (2013) er vurdering av normalt høstbart overskudd et viktig kvalitetselement (Anon 2016).

Antall fisk som kommer tilbake til elven vil også være en indikator på om tilstanden for bestanden er bærekraftig. Bestander fra den samme regionen vil påvirkes i stor grad av de samme forholdene i havet (det vil si forhold etter fisken har forlatt kysten) slik at et avvik i enkeltbestander som ikke kan tilskrives noe annet enn lakselus kunne i teorien være en måte å evaluere effekten av lakselus på. Dette er derimot svært komplisert fordi fisk fra forskjellige kohorter og bestander kommer tilbake etter forskjellige antall år i sjøen, vandrer ut på forskjellige tidspunkt, og har forskjellige utgangspunkt i forhold til størrelse og utvikling. Vi mener allikevel at det er grunn til å ta bestandsstatus med i betraktning når man evaluerer en eventuell effekt av lakselus. For eksempel, i områder der man har sterke høstbare bestander, selv om modellestimatene tilsier at det er stor lakselusindusert dødelighet, så er dette åpenbart feil. Dette betyr ikke at lakselus er uten påvirkning på bestanden, men viser at modellen ikke reflekterer virkeligheten godt nok. På samme måte kan det motsatte skje der modellene indikerer lav påvirkning mens det samtidig er dårlig bestandsstatus. Slike situasjoner er derimot ofte mer komplekse ettersom det ikke nødvendigvis er en logisk kobling mellom at det er dårlig tilstand i gytebestanden og effekter av lus. Slike hensyn må tas når man gir råd i forhold til påvirkning av lakselus. I appendiks IX har man gjort et forsøk på å bruke fangststatistikk for laksebestander på Vestlandet for å få et innblikk i hvordan lakselus kan ha påvirket noen utvalgte bestander historisk. I fremtiden vil det være aktuelt å utvide et slikt arbeid der man kobler bestandsstatus til de nye modellene som er framlagt i denne rapporten.

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning har i en nylig nasjonal analyse vist hvor stor del av variasjonen i bestandsstatus den eldre lusemodellen til VI (Jansen mfl. 2012) kan beskrive (Anon 2017). De 169 bestandene som inngikk i beregningene var fordelt over hele landet, og dekket både oppdrettsintensive områder og områder der det er lite oppdrett (øst for Rogaland) eller hvor smittepresset var lavt (Troms og Finnmark). Dersom det antas at resten av bestandene i gjennomsnitt hadde samme lusepåvirkning som de som inngikk i analysen, og at kjønnene ble

påvirket likt, kan tapet i antall laks på innsig til kysten av Norge illustreres. Hvis man tar utgangspunkt i det gjennomsnittlige innsiget i perioden 2010-2014 på ca. 475 000 laks tilsier regresjonsmodellen i disse beregningene, med de antagelsene som er gitt i Anon (2017), at innsiget ville ha vært ca. 528 000 laks uten lakselusindusert dødelighet, og at det årlige tapet var på ca. 50 000 laks. Det vil si et tap på 10 % av villaksen grunnet lakselus. Effekten var stor i Hordaland, og moderat langs kysten helt opp til Sør-Helgeland.

4.3. Grunnleggende forskjeller i migrasjonsatferd mellom laksefisk

Laks vandrer direkte ut til det åpne havet fra elven for å returnere først om ett eller flere år mens sjørret og sjørøye blir i fjordene og kystområdene under hele sitt sjøopphold. Vi finner mest lakselus i fjordene og kystområdene hvor oppdrettsanleggene er plassert (Serra-Llinares mfl. 2014, 2016). Derfor har disse tre artene en ulik sannsynlighet for å bli smittet av lakselus. Laks er utsatt for lakselusmitte bare i noen få uker i kystnære strøk, mens sjørret og sjørøye kan bli eksponert for lakselusmitte i flere måneder. Antakelsen har derfor vært at sjørret og sjørøye er mer utsatt for lakselus enn laks. På den andre siden har både sjørret og sjørøye mulighet til å avluse seg ved å oppholde seg i områder med fersk- eller brakkvann, siden lakselus ikke tolererer lave saltholdigheter i lange perioder (Gravil 1996, Wright mfl. 2016). Laks derimot, har ikke mulighet til å kvitte seg med lusa ved hjelp av ferskvannseksposering ettersom den vandrer ut i havet. I tillegg kan laks bli smittet i åpent hav, men de studiene som foreligger tyder på at dette smittepresset er meget lavt (Jacobsen & Gaard 1997).

Hovedfokus i denne rapporten er utvandningsperioden til vill laksesmolt (april- august avhengig av område/elv), ettersom det går frem av bestillingen at hovedvekten skal legges på laks denne gangen. Vi vil likevel påpeke at sjørret vil kunne oppholde seg i kystnære områder i en mye lenger periode og at en andel av fisken vil oppholde seg i sjøen hele året. Dette er kanskje spesielt relevant for små kystnære populasjoner hvor habitatet i ferskvann om vinteren blir ulevelig fordi vannstanden blir for lav og/eller at habitatet fryser. Det er lite dokumentasjon på lusemengden på sjørret som oppholder seg i sjøen om vinteren i oppdrettsintensive områder. Et overvåkingsprogram i Sognefjorden viste at det periodevis kan være betydelig mengder lus på sjørret, og betydelig høyere enn det man har observert om vinteren i oppdrettsfrie områder (Vollset & Barlaup 2014). Antall klekte egg øker kraftig utover sommeren og vill laksefisk som står i sjøen etter smoltutvandningsperioden vil derfor oppleve et høyere smittepress.

4.4. Mellomårlig variasjon og sesongutvikling

I alle produksjonsområder er det forholdsvis lite kopepoditter tidlig på våren, og mengden kopepoditter øker kraftig utover våren/sommeren. Variasjon/usikkerhet i tidspunktet for når smolten fra de ulike elvene vandrer mot havet vil for enkelte produksjonsområder være sammenfallende med det tidspunktet da antall kopepoditter øker mest. Tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter innen hvert produksjonsområde gir derfor nyttig informasjon når usikkerheten i resultatet skal diskuteres. Tidsutviklingen er vist under de enkelte produksjonsområdene figur b) i kapittel 5, plottet sammen med tidspunkt for 50% utvandring.

4.5. Usikkerhet i kildeleddet

Antall lakselus på oppdrettsfisk rapportert fra alle anleggene i Norge er viktige inngangsdata for alle modeller som beregner smittepress. Kvaliteten på de innrapporterte tallene påvirker i stor grad kvaliteten på modellresultatene. Dette gjelder både presisjon i selve tellingen og nøyaktig tidspunkt for denne (se avsnitt 1.2 i Karlsen mfl. 2016).

4.6. Dødelighet i pelagiske stadier

Kunnskap om naturlig dødelighet hos de pelagiske stadiene (nauplier, kopepoditter) til lakselus er begrenset. I denne fasen er lakselus utsatt for predasjon på lik linje med andre planktonorganismer, og det kan forventes til dels stor romlig og temporær variasjon i predasjon og dødelighet (se avsnitt 1.3.2. i Karlsen mfl. 2016). For eksempel vil høy predasjon av de frittlevende lusestadiene føre til overestimering av smittepresset.

4.7. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering

Havforskningsinstituttets modellsystem er beskrevet i Ådlandsvik og Sundby (1994), Asplin mfl. (2014), Johnsen mfl. (2014), Johnsen mfl. (2016) og Sandvik mfl. (2016) inkludert validering av lakseluspåslag på smolt i vaktbur. Validering mot lus på garn- og rusefanget fisk er under publisering og presentert i appendiks IV. Metoden som er brukt for å komme fram til vurderingen i kolonnen HI smittepress er basert på et binært prediksjonssystem presentert i Sandvik mfl. (2016) og appendiks V. Denne metoden inkluderer ikke informasjon om hvor fisken befinner seg på et gitt tidspunkt, men integrerer over et gitt tidsrom. Grenseverdiene for høyt og lavt smittepress er satt til gjennomsnittlig 10 lus per fisk som i flere publikasjoner er betraktet som dødelig for postsmolt av laks (definert som 100 % dødelig) (Holst mfl. 2003, Finstad & Bjørn 2011). Grenseverdien for lavt smittepress er satt til gjennomsnittlig 1 lus, hvor vi med stor sannsynlighet kan si at det ikke er noen effekt av på dødelighet (definert som 0 % dødelig). Dødeligheten i området med middels smittepress er ikke godt dokumentert, det er derfor brukt 50 % her. Grenseverdiene er valgt basert på tilgjengelig kunnskap, og vil bli justert når nye data kommer til. I appendiks V er følsomheten for grenseverdien som fører til 100 % dødelighet diskutert ved å la denne øke og avta med 25 %. Usikkerheten til metoden, når det kommer til å anslå sannsynlighet for høyt lusepåslag (dødelighet) for utvandrende smolt, er først og fremst tidspunktet for når smolten er i fjorden og dermed hvilken periode det skal integreres over. Siden mengden smittsomme kopepoditter øker betydelig utover sommeren i alle produksjonsområdene vil dette gjelde for alle metoder.

Havforskningsinstituttets virtuelle smoltmodell er nyutviklet og inneholder en smittemodul som overfører modellert kopepodittfordeling til antall lus på utvandrende smolt (appendiks VI). Metoden er lovende, men resultatene er i høy grad avhengig av utvandningsforløpet til laksefisken og kalibreringen med trålt laksesmolt. Kalibreringen tar inn data fra trålingene utført i 6 av produksjonsområdene, men er sensitiv for opphavet til de smoltene som fanges i trålen. Man har foreløpig ikke inkorporert kjennskap til elv fra de genetiske metodene i skaleringen, men dette vil gjøres etter som datagrunnlaget øker. Kalibreringen er derfor heftet med en del usikkerhet. De beregnede dødelighetsestimaterne er følsomme for når smolten vandrer ut og formen på den antatte utvandningskurven. Dette diskuteres videre i appendiks VI.

4.8. Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering

Det er knyttet usikkerhet til en rekke antakelser i hendelseskjeden definert av Veterinærinstituttets risikomodell. Usikkerhet i smitteprosessen er delvis håndtert ved beregninger av verste og beste scenarier, som representerer høye og lave påslagsrater relativt til smittepress, for lus på fisken i burene. Høye og lave påslagsrater er styrt av den tilfeldige effekten i smittemodellen som er knyttet til område og tidsperiode for burforsøkene. Dette representerer derfor usikkerhet knyttet til systematisk variasjon i observerte påslag av lus på burfisk. Ved inkorporering av burdata for 2017 i utledningen av smittemodellen, økte den tilfeldige effekten i modellen betydelig, noe som har ført til større beregningsforskjeller mellom scenariene enn vi hadde ved beregning av modellen fra burdata fra 2013 – 2016 (appendiks

VII). Med andre ord, inkorporering av nye data for 2017 har økt usikkerheten i modellberegningene. Vi vet ikke hva de unormalt høye påslagene relativt til beregnet smittepress i 2017 skyldes, men dette blir det viktig å få mer innsikt i. Usikkerheter knyttet til andre deler av hendelseskjeden i risikomodellen, slik som vandringsprogresjon fra elveutløp til hav, tidsperiode for utvandring og sannsynligheter for luseindusert dødelighet er belyst i sensitivitetsanalyser (appendiks VII). Det er også usikkerhet knyttet til hvor representativ smitte modellen, som er utledet fra burfisk, er for smittepåslag på utvandrende smolt av villaks. Denne usikkerheten har vi ikke søkt å belyse.

4.9. Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering

SINMOD er et veletablert modellsystem for biologiske og hydrodynamiske prosesser, se www.sintef.no/SINMOD for mer informasjon. Populasjonsmodellen for lus følger samme rammeverk som utviklet for andre biologiske arter (Alver mfl. 2016). Utfordringen er å få gode vurderinger av modellerte konsentrasjoner mot observasjoner. For eksempel er både kildeleddet og dødelighet to store usikkerhetsfaktorer som påvirker modellresultatene. Innledende sammenligninger med burdata gir en pekepinn om at modellen gir realistiske nivåer, men det er behov for flere observasjoner. SINMOD er i tillegg kjørt med ulik oppløsning. Modellresultatene viser seg å være sensitive til oppløsning i enkelte områder (Se appendiks VIII). Usikkerheten øker når man bruker simulert lusefelt for å videre beregne påslag av lus på smolt og ta dette videre til dødelighet. Smoltutvandringen modelleres i SINMOD ved å la fisken svømme med strømmen. Det har gitt en realistisk oppholdstid for smolten i fjorden ut i fra sammenligning med målinger fra ett vassdrag. Det viser at metoden er lovende. Oppholdstid og utvandringstid har mye å si for smitterisikoen, og det er derfor usikkerhet knyttet til resultatene fra smoltmodellen.

4.10. Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere

I områder med få oppdrettsanlegg og mye villfisk kan lakselus på vill laksefisk bidra til det lokale smittepresset. For å eksemplifisere dette kan det sies at i 2016 var innsiget i henhold til Anon (2017) 470 000 laks og antallet sjørrret og sjøroye er tidligere grovt estimert til rundt 1 million (Heuch & Mo 2001). Dette er allikevel ubetydelige tall sammenlignet med et årlig estimert antall i overkant av 300 millioner oppdrettsfisk i merdene langs norskekysten (Svåsand mfl. 2016). Bidraget av lus på rømt oppdrettsfisk kommer da i tillegg. Modeller som beregner smittepress ut ifra rapporterte lus på fisk i anleggene vil dermed underestimere smittepresset. Se avsnitt 1.2.4. i Karlsen mfl. (2016).

4.11. Usikkerhet om fiskens atferd, utvandringsruter og tidspunkt

Fiskens atferd: Hovedsakelig oppholder postsmolten seg fra 1 til 3 meters dyp under utvandringen med sporadiske dykk ned til 6,5 meters dyp. Det er også en tendens til at postsmolten holder seg nærmere overflaten (<0,5 meters dyp) om natta. Slike forhold må derfor tas hensyn til når man vurderer risiko for lakseluspåslag gjennom postsmoltens utvandringsrute.

Utvandringsruter: Vi vet vi lite om postsmoltens vandringsruter gjennom fjorden og hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og grunnlinja. Vandringshastighet i kombinasjon med vandringsavstand og utvandringstidspunkt kan brukes til å definere eksponeringstid og optimalt samplingstidspunkt for lakselus. Et viktig moment er derfor oppholdstiden til postsmolten i relevante fjord- og kyststrøk. Det er stor variasjon mellom individene med hensyn til vandringshastighet men hastigheten ligger hovedsakelig i området mellom 0,8-1,5 kroppslengder per sekund (Thorstad mfl. 2012; Urke mfl. 2012, 2013; Vollset mfl. 2016). Dette utgjør om lag 10 km/dag. Dette kan eksemplifiseres med at vandringstid for merket villsmolt

er om lag 10-14 dager fra den vandrer ut fra Lærdalselva til ytre deler av Sognefjorden (Urke mfl. 2015). Variasjon mellom fjordsystemer på grunn av topografiske forskjeller vil også påvirke vandringshastighet og progresjon.

Tidspunkt for utvandring: Alle utvandringsforløp ble standardisert med utgangspunkt i tidspunkt for 25 % utvandring, med start 10 dager før og 50 % utvandring 10 dager etter. Den totale utvandringsperioden ble satt til å vare i 40 dager. En 40 dagers utvandringsperiode er sannsynligvis noe for lang i en god del tilfeller, i alle fall for mindre vassdrag med lite variasjon i fysiske forhold på lakseførende strekning. Dette vil innebære at risiko for dødelighet av lus kan bli overvurdert i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Størrelsen på en eventuell overvurdering vil avhenge av hvor godt samsvar det er mellom virkelig og antatt tidspunkt for hovedutvandring. På den andre siden kan også den totale utvandringsperioden i vassdrag være lengre enn 40 dager. I slike bestander vil risiko for dødelighet av lus kunne undervurderes i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Hvor stor andel av bestanden som vandrer sent vil dermed være viktig for størrelsen på feilen i slike tilfeller. I appendiks I går vi mer i detalj på disse problemstillingene.

De standardiserte utvandringsforløpene gjelder for år med middels utvandringsperiode. Vi har ikke nok kunnskap om disse forholdene for at vi kan splitte opp utvandringstidspunktene mellom år.

4.12. Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn

Alle redskaper som benyttes for å fange fisk er selektive, og kan påvirke utfallet av de målingene som foretas. Eksempelvis ser vi at maskevidden på garn ikke bare påvirker størrelsesfordelingen av fisken som fanges, men vil indirekte kunne påvirke antall lus da fisk kan skrape av seg lus på garnene (Barlaup mfl. 2013). Ruse har den fordel at fisken fanges levende, og at den ikke setter seg fast i garnmasker. Avskrapningen av lus er generelt mindre, og sammenligninger indikerer at antall lus på rusefanget sjørørret er høyere enn på garnfanget.

Det er også en rekke tekniske problemstillinger knyttet til telling og sampling av lakselus som vi ikke har mulighet til å gå i detalj i her. Dette er for eksempel: (1) ved innfrysing ser det ut til at de minste stadiene forsvinner i langt større grad enn de eldre, (2) avhengig av landsdel er det en andel av lusen som sitter på fisken skottelus (*Caligus elongatus*) og ikke lakselus, (3) usikkerheten i estimatene av lakselus på vill laksefisk vil avhenge sterkt av antall fisk fanget, og (4) størrelsen av fisken vil påvirke hvor representative de er for området de er fanget. Metodene som benyttes er derfor standardiserte for å redusere skjevheter dette vil medføre.

I tidligere risikovurderinger av oppdrett (Svåsand mfl. 2016), har lakselus på sjørørret mindre enn 150 gram fanget rett etter forventet smoltutvandring blitt brukt som en indikator på potensielle effekter på utvandrende laksesmolt. Dette er problematisk siden disse to artene har forskjellig atferd. I et nylig arbeid ble lakselusmitte på sjørørret og laksesmolt fanget samtidig i trål de siste 10 årene studert for å evaluere hvor god en slik tilnærming er til å forutse mengder lus på laksesmolt, altså om det er en korrelasjon mellom lus på sjørørret og laksesmolt. Studiet tilsier at det er en klar sammenheng mellom smittepresset på de to artene, men at det generelt sett er mindre lus på laksesmolt enn på sjørørret. Vi vurderer derfor at lakselus på sjørørret ikke kan brukes til å direkte estimere *lakselusindusert dødelighet* på laksesmolt, men i tilfeller der det observeres store mengder lus på sjørørret er dette en klar indikasjon på at også utvandrende laksesmolt er mer utsatt for lusesmitte i et gitt område.

4.13. Vaktbur

Vaktburene er 1 m³ lukkede merder hvor det settes inn 30 kultiverte laksesmolt som står og samler lus i 2-3 uker før de tas inn og antall lus telles. Burene er forankret på bunn, og henger fra blåser rett under overflaten. Undersøkelser indikerer at det er mest lus i de øverste vannlagene, og siden vill laksefisk oftest svømmer på 1-3 m dybde fanger burene opp smitte på denne dybden. Burene står normalt ganske nær land, og Havforskningsinstituttet og SINTEF sine modeller indikerer at dette også er det området hvor det normalt finnes mest lus. Det er gjort undersøkelser av variasjon i påslag av lakselus i burene ved å sette to og to bur sammen like ved siden av hverandre (50-100 m avstand) i indre og ytre deler av Hardangerfjorden i 2010, totalt 13 slike par. I 7 av disse parene var infestasjonen nær 0, mens de øvrige settene viste samme trend, men det var en signifikant forskjell i 4 av settene (Bjørn mfl. 2011). Årsaken til denne forskjellen kan skyldes lokale strømmer, begroing av bur som reduserer gjennomstrømmingen, ulik atferd til fisken i burene, at lus blir skrapet av, samt usikkerheter knyttet til tellingen da fisken må håndteres.

4.14. Tråling

Det brukes en trål som er ca. 30 m bred og 2,5 m dyp. Denne er spesialutviklet slik at postsmolt av laks føres inn i et akvarium slik at en reduserer avskraping av skjell og lakselus. I hvilken grad det allikevel skrapes av lus vil trolig avhenge av forholdene under tråling, og hvor lenge fisken står i trålen. Normalt tråles det der man forventer å fange laksefisk, og det tråles primært i de ytre delene av fjordene. Dette har imidlertid variert. Denne metoden fanger direkte opp hvor mye lus det er på den utvandrende laksesmolten.

I hvilken grad trålingen fanger opp et representativt utvalg av fisken har vært diskutert. Postsmolten svømmer ut av fjordene i små stimer som trolig brytes opp om natten da atferden er basert på visuelle signaler. Trålingen gjennomføres på dagtid. Det har vært diskutert at laksesmolt smittet med lus kan ha en avvikende atferd ved at de svekkes, bryter stimstrukturen og dermed fanges lettere i trålen enn fisk som ikke er infestert. Trålunnvikelse baserer seg da på evne til å oppfatte og svømme bort fra trållåpningen. Effekten av lus på laksens kritiske svømmehastighet (et mål på maksimal svømmehastighet og utholdenhet) har vist at infestert laks har noe lavere verdier (Wagner mfl. 2003, 2008), og at det er en økende effekt også for de tidligste stadiene av lus med økende infestasjon (Bui mfl. 2016). Om de relativt små forskjellene har noen praktisk betydning i forhold til trålunnvikelse vites ikke. Man vet heller ikke om den reduserte svømmehastigheten fører til økt risiko for ytterligere lusesmitte. En redusert svømmeevne vil kunne medføre økt risiko for å miste kontakt med gruppen og derved øke risikoen for predasjon. Dette betyr at fisk eksponert for lakselus langt inne i fjordene kan bli underrepresentert i trålfangstene.

Størrelsen på fisken påvirker dens svømmehastighet. Fisk som er svekket og ikke vokser kan derfor lettere bli fanget i en trål enn fisk i god kondisjon som har vokst gjennom dens vandring gjennom fjordene. For å kunne svare eksakt på fangbarheten av laks med trål, med ulik størrelse og grad av infestasjon, må det gjennomføres egne undersøkelser, slike undersøkelser er ikke kjent for gruppen. Vi observerer dog at det er fanget ikke-infestert laks opp i 30 g størrelse i enkelte trålhal i Altafjorden.

5. Vurdering av status i produksjonsområdene

Den overordnede analysen er oppsummert i tabell 2a og 2b. Tabellene tar utgangspunkt i de observasjonene som er gjort i overvåkingsprogrammet NALO 2016 og 2017 og resultatene fra ulike modeller (HI, VI og SINTEF). I teksten for produksjonsområdene bruker vi ordet indikator om de ulike kolonnetittlene fra disse to tabellene. Variasjon i påvirkning mellom ulike deler av produksjonsområdet er også kommentert der dette er relevant.

For hvert produksjonsområde er det oppgitt antall oppdrettsanlegg, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

Fremgangsmåte i vurdering av produksjonsområdene

Ekspertgruppen har gått igjennom indikatorene i tabell 2; *Trålfangst, Sjøørret ruse, Vaktbur, HI smittepress, HI virtuell smolt, VI virtuell smolt, SINTEF smittepress og SINTEF virtuell smolt*, i tillegg til eggproduksjon/biomasse som er vist i figur a) under hvert produksjonsområde og nauplieproduksjonen per måned som er vist i appendiks IV.

Usikkerheten er kategorisert til liten, middels eller stor. Usikkerheten i hovedkonklusjonen er vurdert til å være mindre i de områdene der indikatorene peker i samme retning og større der indikatorene peker i ulik retning. Datagrunnlaget er langt bedre for 2017 enn 2016, og usikkerheten er i stor grad avledet fra 2017 data. Ulik konklusjon i 2016 og 2017 gir økt usikkerhet.

Ekspertgruppen vurderer at tråldata, rusefangst sjøørret og smoltbur har lavest usikkerhet (gitt en representativ dekning i tid og rom), at modellprodukter generelt har høyere usikkerhet og kunnskap om smoltbiologi (inkl. utvandningsruter og grenseverdier) er befattet med stor usikkerhet. Men utover dette er ikke ekspertgruppen enig i ytterligere spesifisering i usikkerheten mellom de ulike modellproduktene, denne er derfor ikke oppgitt. Dette påvirker vurderingen av usikkerhet men ikke konklusjonene.

- **Tråldata**
 - Liten usikkerhet på dataene gitt en representativ dekning i tid og rom.
- **Rusefangst sjøørret**
 - Gode data på lusetellingene, men overføringsverdien til villaks er middels usikker.
- **Vaktbur**
 - Liten usikkerhet på dataene gitt en representativ dekning i tid og rom.
- **Eggproduksjon/biomasse og nauplieproduksjon (inngangsdata til modellene)**
 - Liten usikkerhet i antall klekte nauplier i de fleste produksjonsområdene, og middels usikkerhet i de områdene med få anlegg.
- **Modeller**
 - De ulike modellerte data som er benyttet er: HI kalibrert smittepress (ROC), SINTEF smittepress (kun kjørt for PO5, PO6 og PO7) og virtuell smolt (HI, SINTEF, VI) som beregner lakselusindusert dødelighet på utvandrende laksesmolt fra ulike elver innen et produksjonsområde.

På tross av stor usikkerhet i grenseverdier for dødelighet og dermed absolutt dødelighetsnivå, brukes de virtuelle smoltmodellene til å vurdere relative forskjeller mellom år og områder, samt innad i områdene. Der de ulike smoltmodellene gir sammenfallende resultater avtar

usikkerheten. Det bemerkes imidlertid at usikkerheten er større på vassdragsnivå enn på nivå av produksjonsområder.

Det bemerkes også at alle modellproduktene benytter samme kildeledd, og derfor ikke representerer uavhengig informasjon i Tabell 2.

Annet

I noen tilfeller, særlig der det er avvik mellom 2016 og 2017 i konklusjonen har man søkt å identifisere faktorer som kan forklare forskjellene.

Tabell 2. Resultater fra modeller og observasjoner i de ulike produksjonsområdene og ekspertgruppens overordnede konklusjon. Kategoriene (høy, moderat, lav) fra de ulike modellene og datakildene er en overordnet risikovurdering og representerer hele produksjonsområdet. Tabellen må leses sammen med teksten for de ulike produksjonsområdene der usikkerhetene for vurderingen er fremhevet. Usikkerheten er kategorisert i liten, middels og stor usikkerhet. VI har valgt å presentere sin overordnede vurdering basert på best og verste scenario for snittverdier av alle bestander i sin modellkjøring. Hovedkonklusjonen tolkes som en ekspertvurdering for at det er en sannsynlig risiko for at mindre enn 10% (lav), 10-30% (moderat) og mer enn 30% (høy) av vill laksesmolt i en region har en lakselusindusert dødelighet.

Trålfangst: Laksesmolt fanget med trål i utvalgte fjorder. *Sjørret ruse:* Sjørret som proxy for laks i NALO. *Vaktbur:* Kultivert laksesmolt i små bur som dekker utvalgte fjorder i utvandningsperioden. *HI smittepress:* kalibrert smittepresskart lus. *HI Virtuelle laksesmolt:* modellert påslag av lus på utvandrende laksesmolt. *VI virtuell laksesmolt:* modellert påslag av lus på utvandrende laksesmolt. *SINTEF smittepress:* modellert smittepress. *SINTEF virtuell laksesmolt:* modellert påslag av lus på utvandrende laksesmolt.

Tabell 2a. 2016. På grunn av nye data, dvs. trålfangst og vaktbur, i 2017 har modellene for virtuell laksesmolt blitt kjørt på ny for 2016. Indikatorene her vil derfor avvike noe fra indikatorene i forrige rapport.

Prod. omr.	Trålfangst	Sjørret ruse	Vaktbur	HI Smittepress	HI virtuell smolt	VI smolt modell	SINTEF smittepress	SINTEF virtuell smolt	Konklusjon ¹
1		Lav		Lav	Lav	Lav			Lav
2		Mod		Høy	Lav	Lav**			Mod
3	Høy	Høy	Mod	Høy	Høy	Mod*			Høy
4		Høy		Mod	Lav	Lav**			Mod
5		Mod	Lav	Mod	Lav	Lav**	Mod	Lav	Mod
6	Lav	Mod	Lav	Mod	Lav	Lav**	Mod		Mod
7		Mod	Mod	Mod	Lav	Lav**	Mod		Mod
8		Lav		Mod	Lav	Lav**			Lav
9		Lav		Lav	Lav	Lav*			Lav
10		Lav		Mod	Lav	Lav*			Lav
11		Lav		Lav	Lav	Lav			Lav
12		Lav		Lav	Lav	Lav*			Lav
13		Lav		Lav	Lav	Lav			Lav

Tabell 2b. 2017

Prod. omr.	Trålfangst	Sjørret ruse	Vaktbur	HI Smittepress	HI Virtuell smolt	VI Smolt modell	SINTEF Smittepress	SINTEF virtuell smolt	Konklusjon ¹
1		Lav		Lav	Lav	Lav			Lav
2	Lav	Mod	Lav	Høy	Lav	Lav**			Lav
3	Høy	Høy	Mod	Høy	Høy	Mod*			Høy
4	Høy	Høy	Høy	Høy	Mod	Lav**			Høy
5	Høy	Mod	Lav	Høy	Lav	Lav**	Mod	Lav	Mod
6	Lav	Mod	Mod	Mod	Lav	Lav**	Lav	Lav	Lav
7		Mod	Mod	Lav	Lav	Lav*	Lav		Lav
8		Lav		Mod	Lav	Lav**			Lav
9		Lav		Lav	Lav	Lav*			Lav
10		Lav		Høy	Lav	Lav**			Lav
11		Lav		Lav	Lav	Lav			Lav
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav*			Lav
13		Lav		Lav	Lav	Lav			Lav

¹ Farger på rutene markerer liten, middels og stor usikkerhet

Spesifisering av usikkerheten for VI's konklusjoner

* når forskjellen mellom forventet og verste scenario varierer mellom lav og moderat eller moderat og høy

** når forskjellen mellom forventet og verste scenario varierer mellom lav til høy

Tabell 3. Estimert lakselusindusert dødelighet (%) for laksesmolt i de ulike produksjonsområdene i 2016 og 2017 basert på «virtuell smolt». Estimatenes er veid med hensyn til de enkelte vassdragenes bidrag til den teoretiske smoltproduksjonen innen hvert produksjonsområde. VI modell: forventet dødelighet og dødelighet for verste scenario. HI modell: forventet dødelighet ved tidlig, midlere eller sen utvandring.

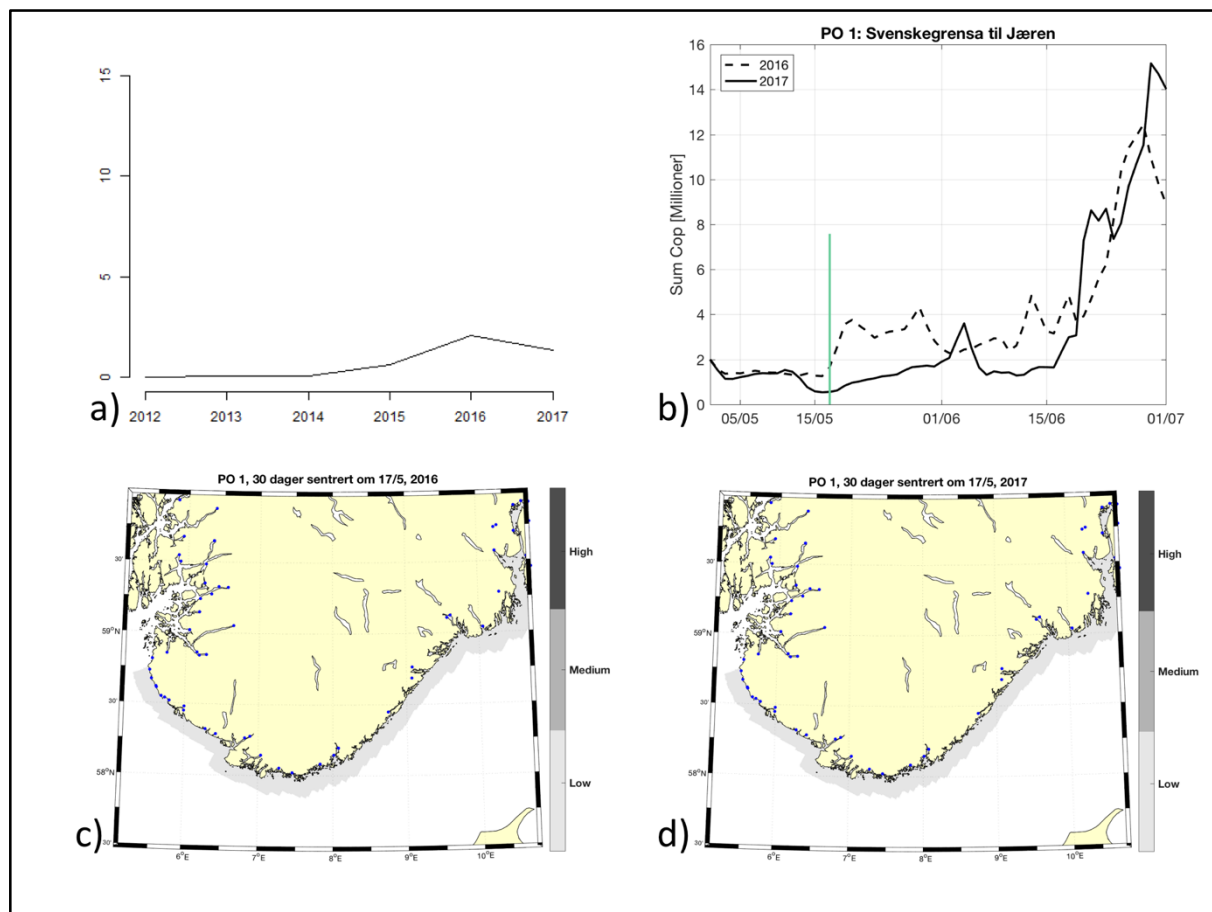
Prod. omr.	VI 2016		VI 2017		HI 2016			HI 2017		
	Forventet	Verste	Forventet	Verste	Tidlig	Midt	Sent	Tidlig	Midt	Sent
1	0,0	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1,8	41,0	1,5	43,2	0,7	1,7	3,8	3,4	5,3	8,2
3	16,5	80,8	13,7	75,8	32,0	42,9	54,5	28,4	35,5	42,8
4	5,4	60,0	4,0	67,6	6,6	9,7	12,9	24,5	26,2	25,3
5	1,7	52,3	1,5	48,6	1,7	1,8	2,8	4,3	9,2	16,9
6	3,7	72,1	1,4	46,4	1,0	1,0	1,1	1,8	2,9	4,6
7	2,5	64,3	0,3	23,6	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	1,0
8	2,0	52,3	0,8	38,0	0,6	0,9	2,2	0,4	0,2	0,7
9	0,3	21,0	0,3	21,7	0,4	0,4	0,7	0,7	0,9	1,4
10	0,3	18,7	0,5	30,6	0,4	0,7	1,6	0,9	1,1	1,2
11	0,1	7,7	0,1	7,7	0,0	0,0	0,5	0,2	0,3	0,4
12	0,1	12,6	0,1	10,4	0,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. Har ikke data fra trålfangst og vaktbur. Øvrige indikatorer peker på lav risiko.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	10	38	2 182 000 (21,6 %)
2017	8		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Data fra på ruse- og garnfanget sjørørret viser liten risiko for dødelighet begge årene. Stasjonene er valgt uavhengig av smittekart og anses som tilfeldige. Smittekartene som dekker perioden avdekker ingen større områder med høy lusetetthet i forhold til de undersøkte stasjonene, og resultatene fra de valgte stasjonene anses derfor som representative for produksjonsområdet. Selv om en bare har undersøkt to stasjoner, og ikke har trålt eller hatt vaktbur, anser vi at vi med stor sikkerhet kan konkludere med at resultatene gjenspeiler ett naturlig smittepress.

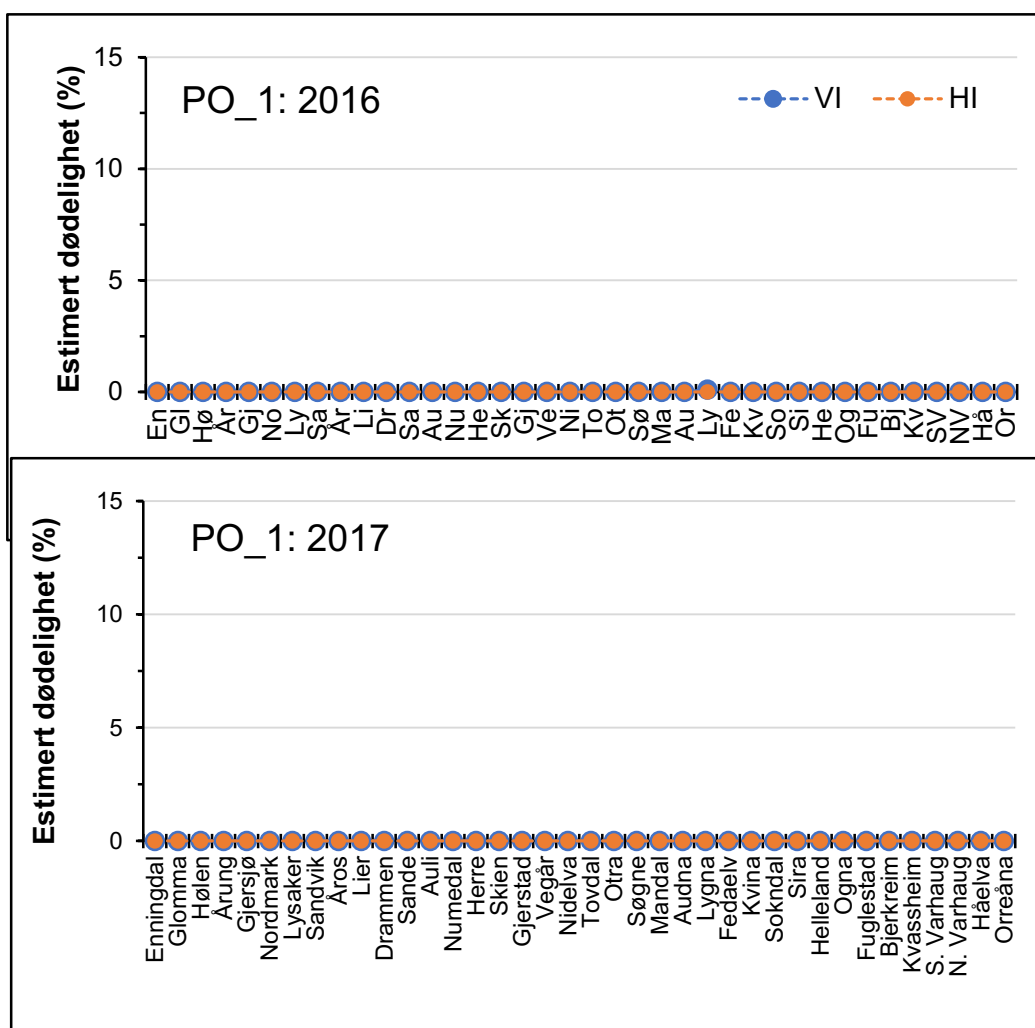
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var lav i 2016 og 2017, men allikevel litt høyere enn tidligere år.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset var lavt i hele området både i 2016 og 2017. Usikkerheten er derfor liten.

HI virtuell smolt: 38 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene 2016 og 2017. Området øst for Flekkefjord er uberørt, mens elver vest for Flekkefjord er påvirket i liten grad.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, med liten usikkerhet uttrykt ved lav beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Numedalslågen med 21 % av teoretisk smoltproduksjon, og Bjerkreimsvassdraget og Mandalselva med hhv. 13 og 10 %.

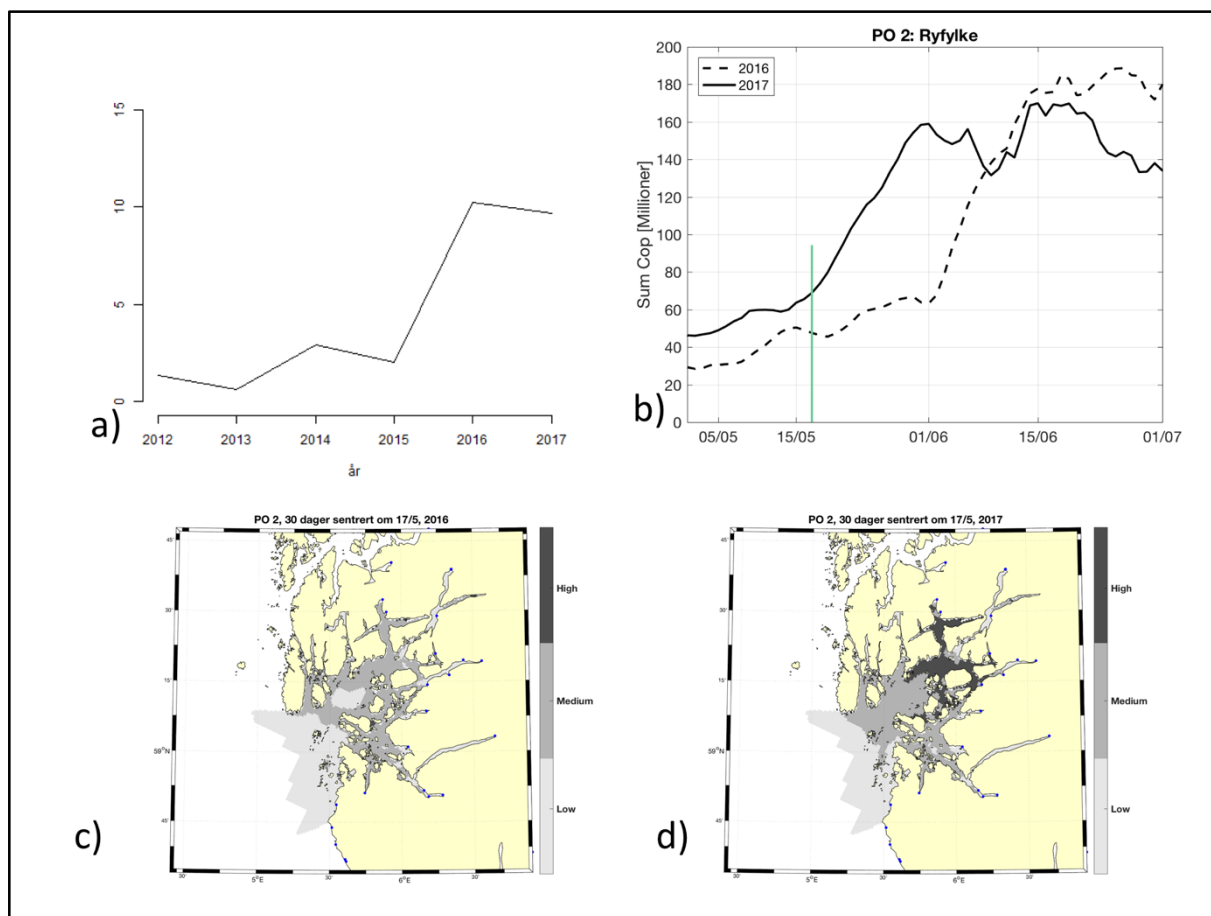


e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 2: Ryfylke

Konklusjon: Moderat risiko i 2016 og lav risiko i 2017 for lakselusindusert villfiskdødelighet. **Usikkerhet:** Stor usikkerhet for området i sin helhet. Den store usikkerheten er knyttet til sprik mellom ulike indikatorer der man har observert lave påslag med lakselus både på trålfanga smolt og smolt i bur til tross for at man har beregnet høyt smittepress i området. Observasjoner fra tokt indikerer lav saltholdighet som kan forklare lavt påslag av lus på villsmolt og smolt i vaktbur i 2017.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	37	18	438 000
2017	41		(4,3 %)



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Data fra rusefanget sjørret i Ryfylke viser at i 2016 var smittepresset under smoltutvandringen så høyt at det medfører høy lakselusindusert dødelighet på stasjonene undersøkt på begge sidene av Boknafjorden. Smittekartene indikerte at lusen var fordelt i et belte som strakk seg over hele fjorden, mens det var betydelig mindre lus sør for Boknafjorden. Data fra 2017 viste lavere infestasjon på vill sjørret, på trålt postsmolt av laks, og smittepresset i vaktburene. I 2017 var modellert smittepress i Boknafjorden i første halvdel av mai konsentrert til ett område nordøst, men området økte i omfang utover i mai. På sørsiden av Boknafjorden

indikerte modellert lavt smittepress. Stasjonene Ytre Årdalsfjord og Nedstrand er valgt uavhengig av smittekart.

I 2016 indikerer derfor data og modell at effekten av lakselus på vill laksefisk i produksjonsområdet er moderat, og i 2017 liten. Usikkerheten i denne vurderingen er stor. Dette skyldes hovedsakelig økende smittepress i området mellom 2016 og 2017, og en generell økning i utslipp av luselarver i området fra 2012. Det er ikke usannsynlig at lav saltholdighet i fjorden har ført til lavere påslag til tross for høye utslipp i 2017.

VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var høy i 2016 og relativt høy i 2017, og betydelig høyere enn tidligere år.

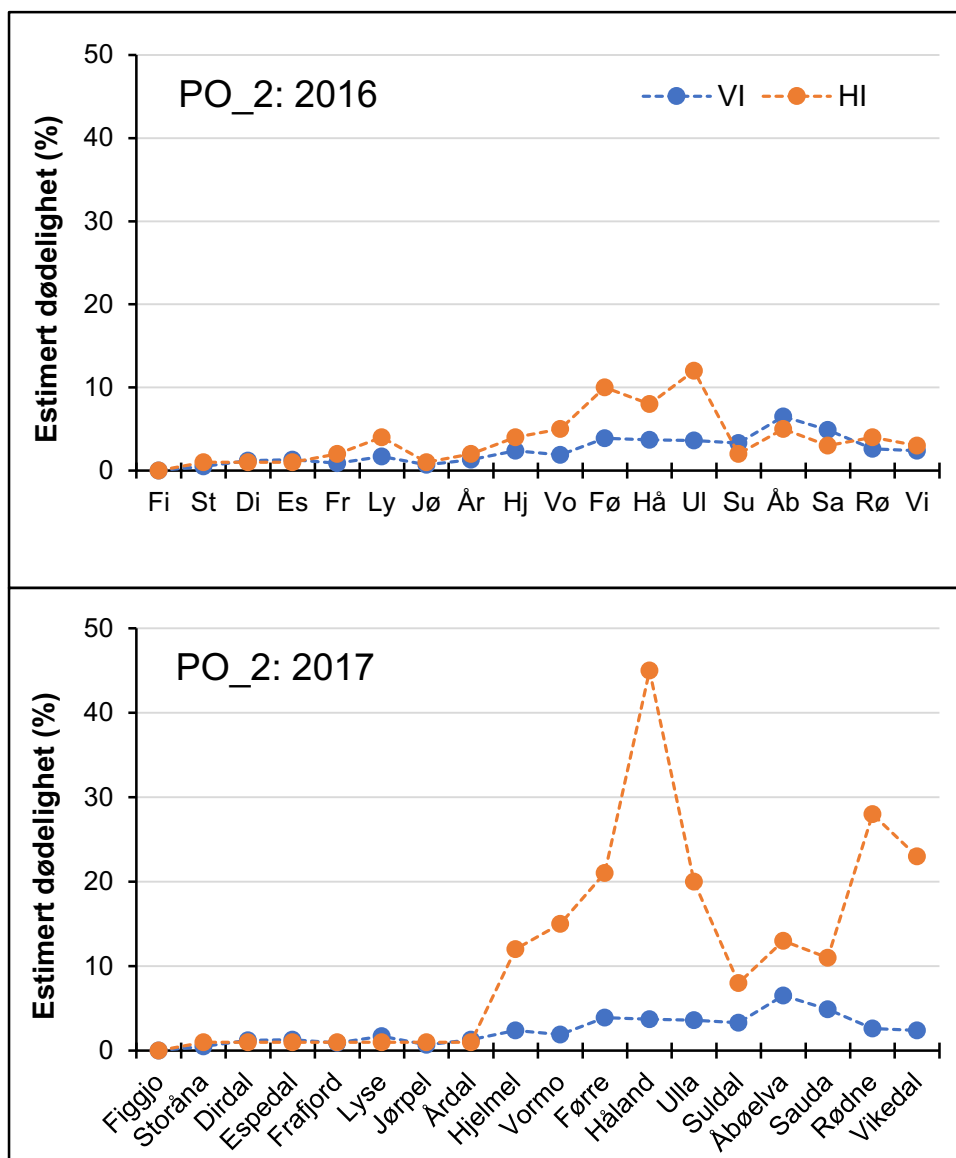
HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset var moderat til høyt i store deler av området både i 2016 og 2017, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 38 % og 47 % i 2016 og 2017. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (34-42 %) og (42-52 %). Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge årene. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 18 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav til moderat risiko for dødelighet begge årene 2016 og 2017. I 2016 ble det beregnet opp til moderat dødelighet for bestandene i midtre del av fjorden, liten i øvrige deler. I 2017 regnes det moderat dødelighet for flere bestander enn i 2016, spesielt for bestander i midtre og nordvest. For bestandene på sørsiden estimeres det liten dødelighet.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med stor usikkerhet uttrykt ved høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Figgjo (kystvassdrag) har om lag 33 % av teoretisk smoltproduksjon i regionen og er lite berørt i henhold til de virtuelle smoltmodellene for begge årene. Suldalslågen (indre) er mer berørt i begge år.

Annet: I 2017 ble det foretatt profilerende målinger av saltholdighet og temperatur i Boknafjorden. Resultatene viser et brakkvannslag med tykkelse på noen få meter og verdier mellom 20 og 25 i saltholdighet. Det antas at saltholdigheten videre innover i fjorden der det ikke er målt er lavere. Dette kan ha ført til redusert påslag av lakselus på villfisk og fisk i vaktbur, og dermed forklarer hvorfor det ble observert lite lus på fisken i dette fjordsystemet samtidig som utslipp fra oppdrett og modellberegnet smittepress viste høye verdier.



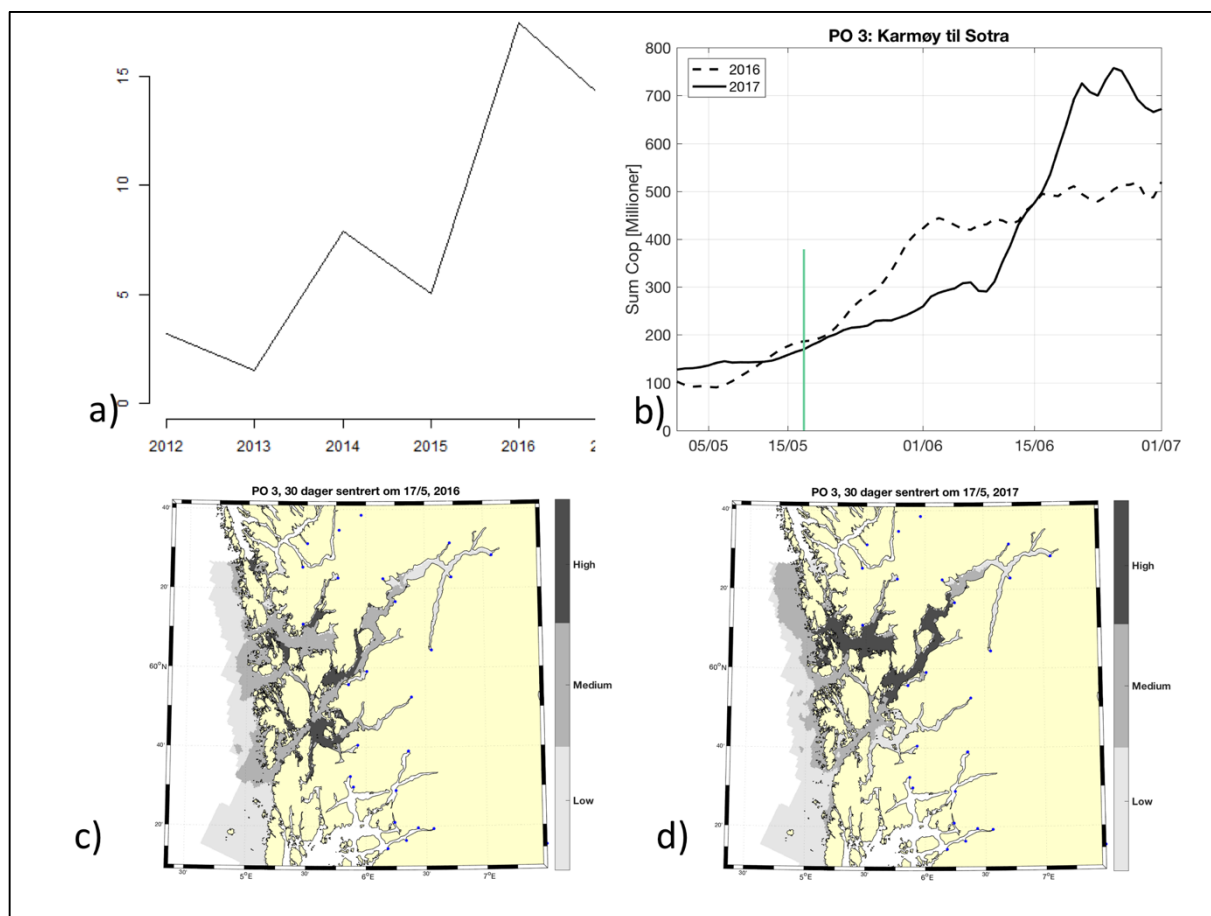
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

Konklusjon: Høy risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. Mye data fra dette området og alle indikatorene peker på høy risiko. Etne har størst produksjon, ligger langt ute og er mindre påvirket enn vassdrag som ligger lengre inne i fjorden. Trålfanget fisk fra Etne, bestemt gjennom genetiske analyser, viser at denne fisken har moderate infestasjoner, mens elver lengre inne i fjorden har høye infestasjoner.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	125	12	185 000
2017	115		(1,8 %)



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Data fra ruse og garnfangst av sjøørret viser at det er et høyt smittepress i store deler av produksjonsområdet begge årene. Undersøkelsen viser at i 2016 var det en høy risiko for dødelighet for fisken i den midtre sonen, mens i 2017 hadde en stor andel av fisken > 0,1 lus/g fiskevekt og litt lavere i Etne. Tråldataene har ofte vist en betydelig økning i lus på fisken fanget utover sommeren, men antallet fisk har da ofte vært lavt. I 2017 hadde en stor andel av fisken over 0,1 lus/g fiskevekt allerede fra de første ukene. Tilhørighetsanalysene fra 2017 indikerte større påslag på laksesmolt fra elver inne i Hardangerfjorden, men at også de

ytre elvene hadde relativt mye lus. Etne regnes til å ha moderat risiko for lakselusindusert dødelighet. Vi anser derfor at modell og data peker på at smittepresset i dette området vil medføre høy risiko for lakselusindusert dødelighet, og derfor vurderingen av området til å ha liten usikkerhet.

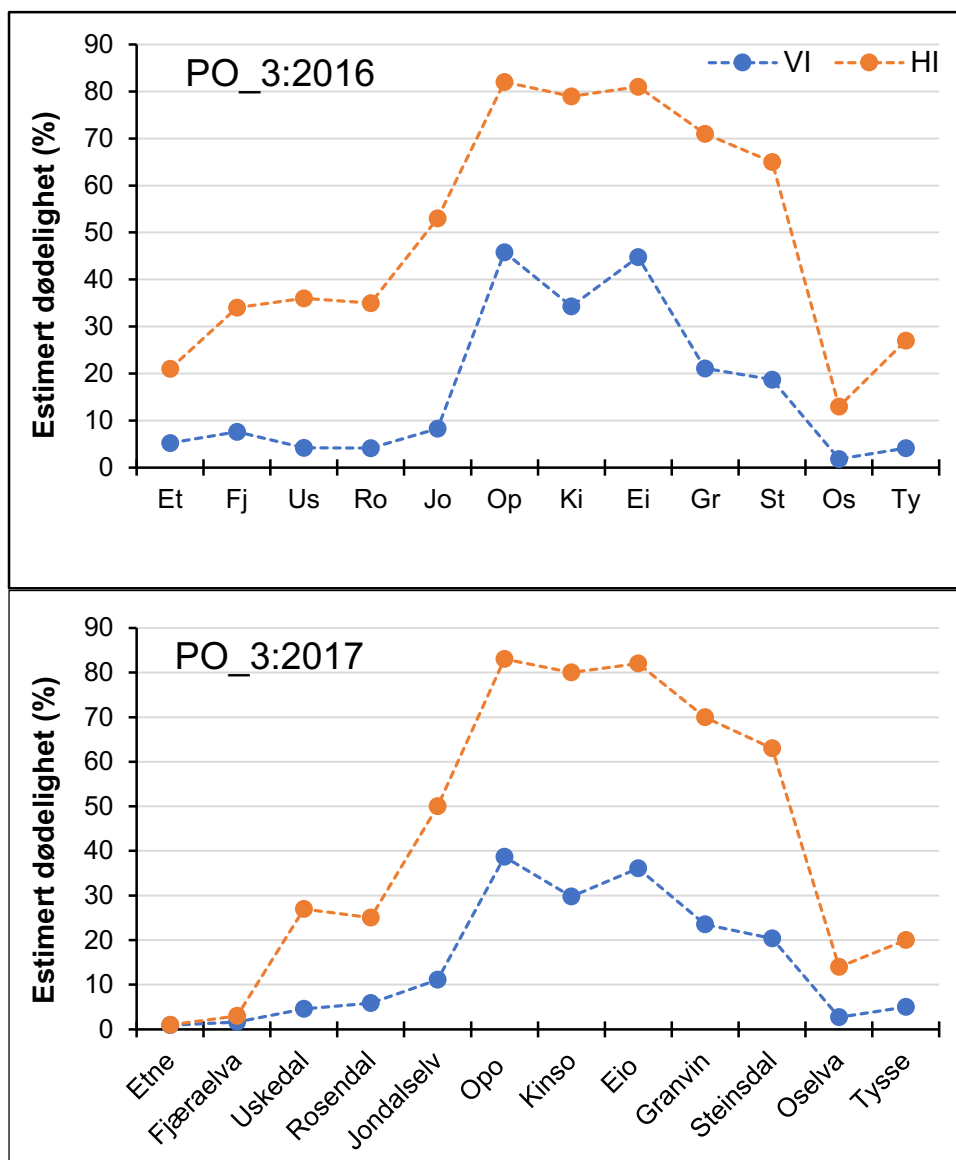
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var høy i både 2016 og 2017, og betydelig høyere enn tidligere år.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset var moderat til høyt i store deler av området både i 2016 og 2017, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 53 og 47 % i 2016 og 2017. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (46-60 %) og (42-53 %). Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge årene. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 12 elver. I dette området er det to elver i Bjørnafjorden (Tysse og Oselva) og for begge elvene estimerer HI's virtuelle smoltmodell moderat dødelighet begge årene. For 9 av elvene i Hardangerfjorden estimerer modellen høy dødelighet (34-82 %, høyest på elvene i indre deler) med unntak av Etne (21 %) i 2016. I 2017 øker estimert dødelighet med avstand fra havet. Elvene Etne og Dalelva-Fjæraelva har liten estimert dødelighet (1 og 3 %), mens de resterende elvene i produksjonsområdet har estimert dødelighet fra 25 til 83 %. Dødelighetsestimatene for elvene i midtre og indre del er høye grunnet postsmoltens lange oppholdstid i fjorden (lang avstand mellom elv og hav) og høy produksjon av luselarver i midtre/indre del av fjorden.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner moderat risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med høy beregnet risiko for flere enkeltvassdrag i produksjonsområdet. For vassdrag med lav til moderat beregnet risiko er usikkerheten stor, uttrykt ved høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Etne (midtre til ytre del av fjorden) har 30 % av teoretisk smoltproduksjon i dette området. Opo (innerst i Hardangerfjorden) og Oselva (kystnært) ligger begge på 15 % av teoretisk smoltproduksjon. Opo har ikke en funksjonell laksetrapp som gjør at produksjonen av laks fra dette vassdraget sannsynligvis er en god del lavere enn det teoretiske anslaget. Dette har imidlertid ikke noen effekt på den endelige konklusjonen for dette produksjonsområdet.

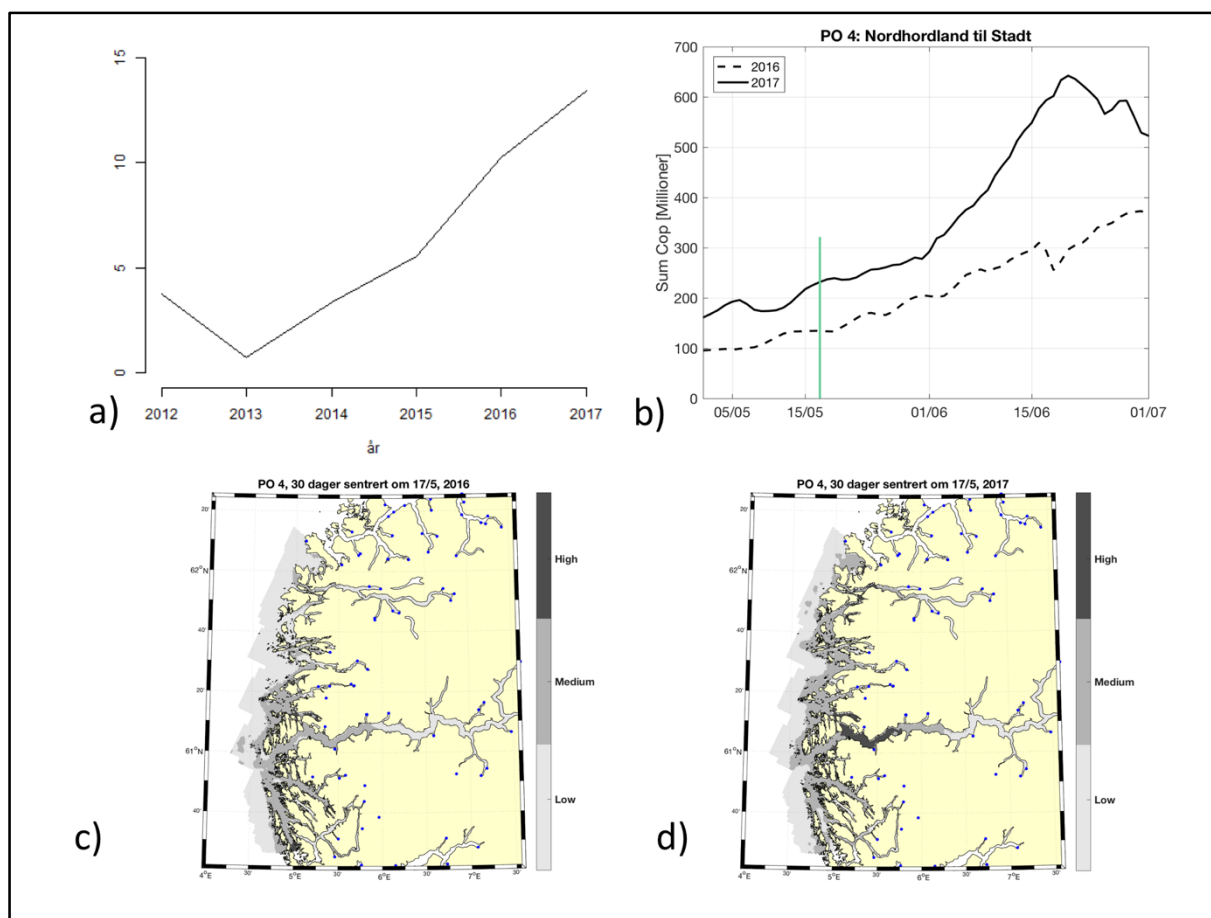


e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

Konklusjon: Moderat risiko i 2016 og høy risiko i 2017 for lakselusindusert villfiskdødelighet
Usikkerhet: Middels usikkerhet for området i sin helhet. Gode data fra Sognefjorden i 2017 som viser høy risiko for lakselusindusert dødelighet med lav usikkerhet. Mindre data fra sørlig del av området, og fra Sunnfjord og Nordfjord fører til større usikkerhet for området som helhet.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	100	40	748 000
2017	101		(7,4 %)



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Infestasjonen på sjørret i Nordhordland både i 2016 og 2017 indikerer høy risiko for dødelighet under utvandringen av smolt. I 2016 ble stasjonene valgt uavhengig av modell. I tillegg medfører infestasjonen på ruse og garnfanget sjørret i ytre deler av Sognefjorden samt i Nordfjord høy risiko for lakselusindusert dødelighet. Undersøkelsen ble foretatt i ukene 22-23. I 2017 ble undersøkelsene fremskyndet noe. Sørbøvika ble valgt på bakgrunn av smittekart, øvrige er faste stasjoner. Både data fra trålingen og vaktburene i Sognefjorden i 2017 indikerer høyt smittepress. Tilhørighetsanalysene indikerer at en stor del av fisken fanget med mye lus kommer fra elvene i de indre deler av fjorden. Området settes

derfor til moderat påvirket i 2016 med moderat usikkerhet grunnet at modellene indikerer et begrenset område med mye lus, men til høy i 2017 og med lavere usikkerhet grunnet gode data fra Sognefjorden. Datagrunnlaget både sør og nord for Sognefjorden er dårligere.

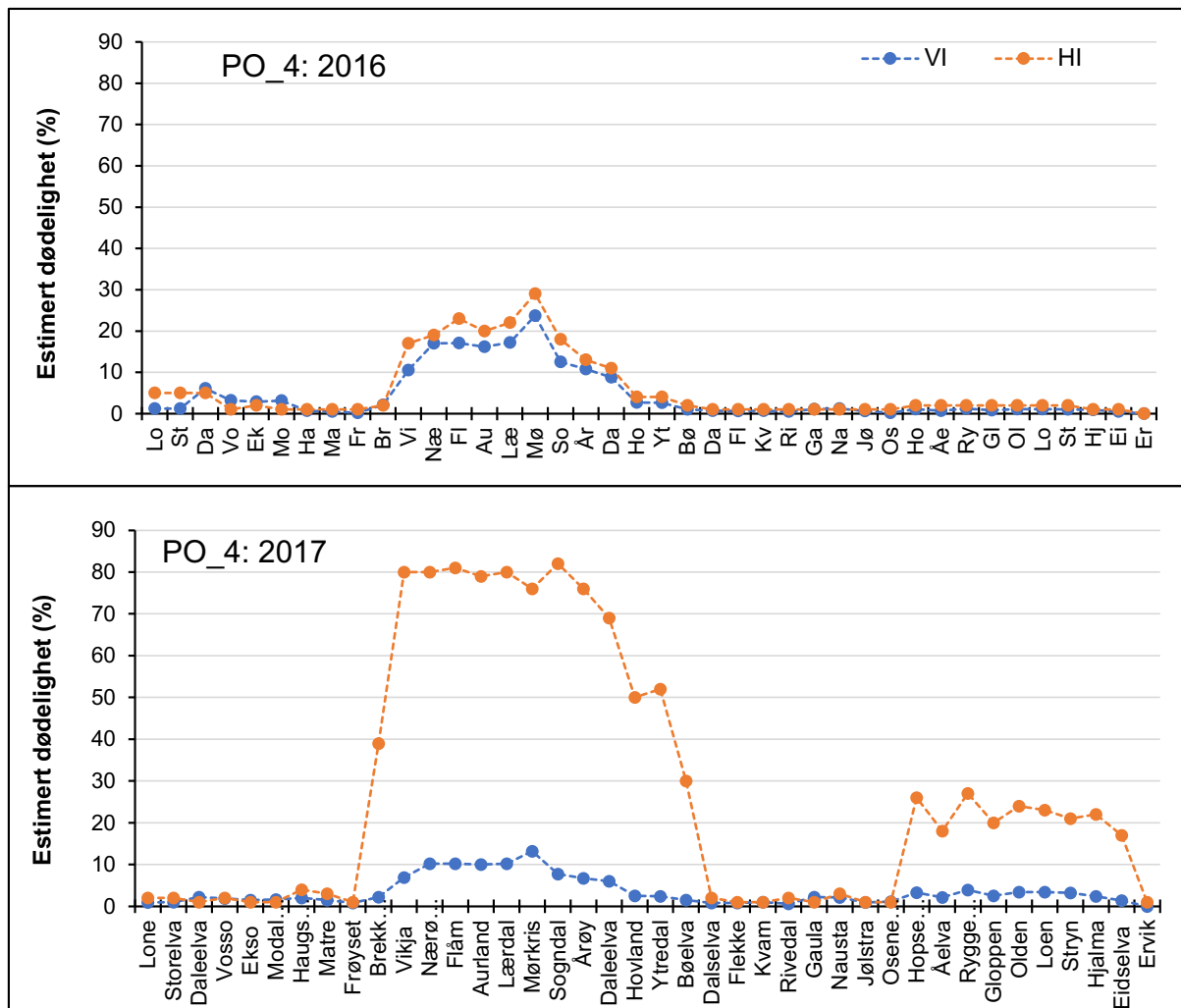
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var høy i både 2016 og 2017, og betydelig høyere enn tidligere år.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset var moderat til høyt i store deler av området både i 2016 og 2017. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 26 og 42 % i 2016 og 2017. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (21-32 %) og (36-49 %). Resultatet regnes derfor som middels usikkert i 2016 og lite usikkert i 2017. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 40 elver. Dette er et produksjonsområde med mange elver og stor variasjon i påvirkningsgrad innen produksjonsområdet. Sør for Sognefjorden beregner HI's virtuelle smoltmodell lav (<5 %) dødeligheten for samtlige elver i Osterfjorden og Masfjorden for begge årene. I Sognefjorden er den estimerte dødeligheten for 2016 økende med avstand fra havet, og det estimeres fra moderat til høy dødelighet på de innerste elvene (25-37 %). I 2017 beregnes høy dødelighet på alle elvene i Sognefjorden (30-81 %). Årsaken til de høye dødelighetsestimatene fra Sognefjorden er både lang oppholdstid for postsmolten (lang avstand fra elv til hav) og strøm som transporterte lus inn i fjorden i den aktuelle perioden i 2017. Området mellom Sognefjorden og Nordfjord har lave dødelighetsestimater begge årene. Nordfjord har lave dødelighetsestimater i 2016, og opp til moderate for de innerste elvene i 2017.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med moderat beregnet risiko for flere enkeltvassdrag i produksjonsområdet. Usikkerheten er stor, uttrykt ved høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Sør for Sognefjorden ligger Vosso (indre del av Osterfjorden) som har 10 % av teoretisk smoltproduksjon i produksjonsområdet. Lærdalselva (indre) har 17 % av teoretisk smoltproduksjon. Nord for Sognefjorden er det Gaula og Nausta (begge indre) som har litt i underkant av 10 % av teoretisk smoltproduksjon og begge vassdragene har lav estimert dødelighet. Innerst i Nordfjord er Stryneelva den mest betydningsfulle (7 % av teoretisk smoltproduksjon).



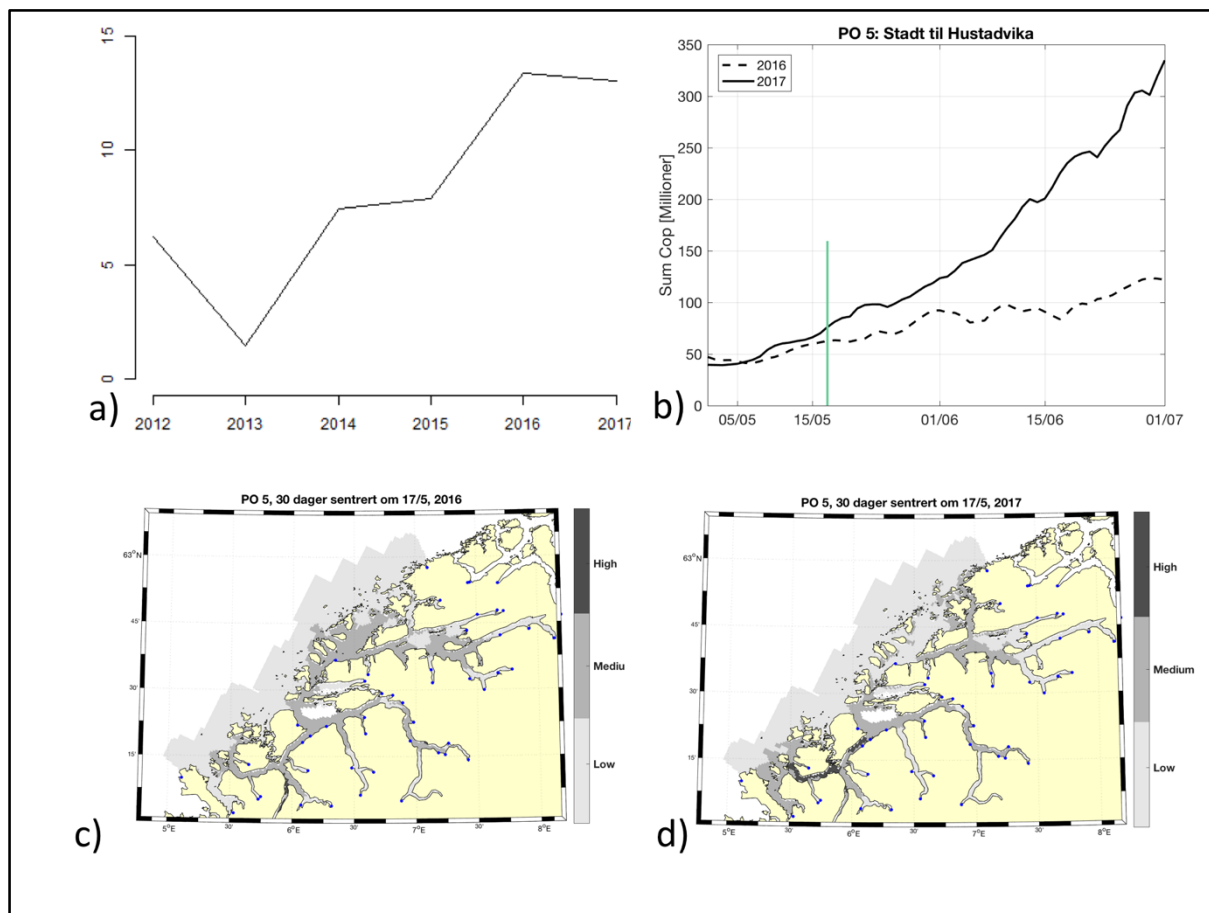
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Konklusjon: Moderat risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Middels usikkerhet for området i sin helhet. Mindre data fra området (sørlige del) der man har predikert høyest smittepress som gir økt usikkerhet for produksjonsområdet.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	44	529 000 (5,2 %)
2017	34		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittpresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: I 2016 viste data fra ruse og garnfangst av sjørretet at i de første ukene (uke 23-25) var infestasjonen på sjørreteten i Storfjorden høy, og vi beregner fra moderat til høy risiko for lakselusindusert dødelighet i fjorden. Dataene indikerte tilsvarende situasjon i 2017. I Romsdalsfjorden var det tilsvarende høy risiko i Vatnefjorden og moderat i Frænfjorden. Basert på ruse og garnfangst beregnes moderat risiko i Frænfjorden og liten risiko i Vatnefjorden i 2017. Det er benyttet vaktbur i Romsdalsfjorden begge årene. Disse viser lave infestasjoner i 2016 og moderat i noen vaktbur på nordsiden i 2017. Vaktburene i Romsdalsfjorden i 2017 indikerte generelt lave infestasjoner. Tråldataene viser lave infestasjoner i uke 20-21, høy i uke 22, og moderat i uke 23. Produksjonsområdet settes derfor

til moderat begge årene, med middels usikkerhet. Sikkerheten begrunnes med gode data og god overenstemmelse mellom data og modell fra Romsdalsfjorden, men dårligere datagrunnlag i Storfjorden hvor det registreres mye lus på rusefanget sjøørret.

VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var høy i både 2016 og 2017, og betydelig høyere enn tidligere år.

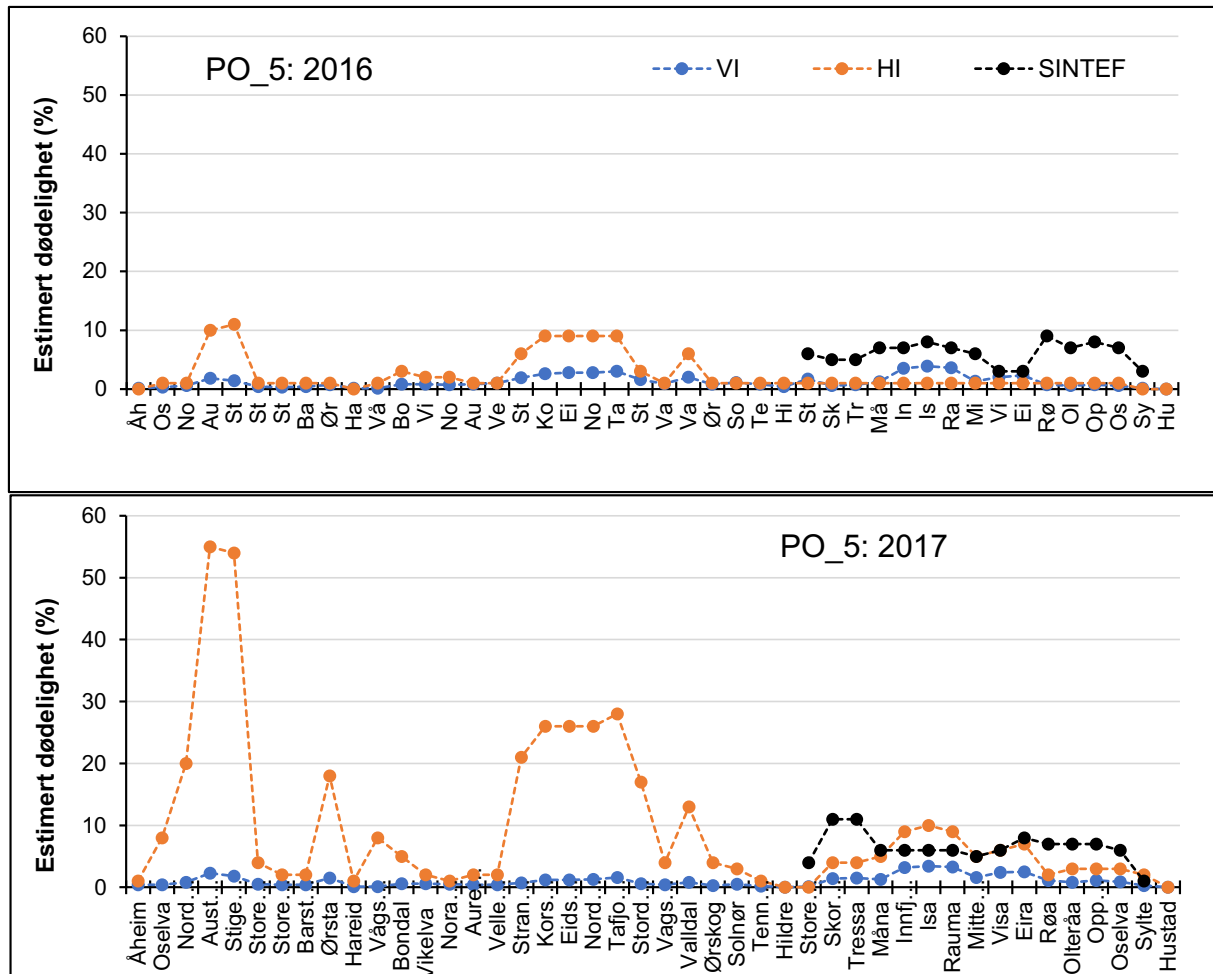
HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er moderat i store deler av området i 2016 og moderat til høyt i 2017, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 18 og 30 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag (14-22 %) og (25-36 %). Resultatet regnes derfor som lite usikkert i 2016 og middels usikkert i 2017. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 44 elver. Dette er et produksjonsområde med mange elver, og HI's virtuelle smoltmodell beregner dødelighetsestimater som varierer en del mellom elvene. Generelt høyere dødelighet med økende avstand mellom elv og hav. I 2016 var det bare to elver i de sørlige delene med moderat dødelighet, mens i 2017 estimeres det høy dødelighet i disse to, samt moderat dødelighet for noen av elvene inne i Storfjorden.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017. Usikkerheten er stor, uttrykt ved høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

SINTEF virtuell smolt og kart over potensielt smittepress: Beregnet dødelighet på virtuell smolt ligger under 11 % for 2016 og 2017 for 15 elver i Romsdalsfjorden. Kart over estimert potensielt lusepåslag viser moderate til høye estimat (over 4 lus per smolt) over store deler av området i begge år. Regionale forskjeller med enkelte områder med verdier over potensielt 10 lus per fisk i begge år.

Viktige elver: Rauma (indre del av Romsdalsfjorden) har 20 % av teoretisk smoltproduksjon i dette produksjonsområdet, Eira (indre) og Oselva (ytre del av Romsdalsfjorden) har rundt 5 % hver. Ørsta (kystnært-midtre) og Valldal (indre del av Storfjorden) har henholdsvis 9 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon.

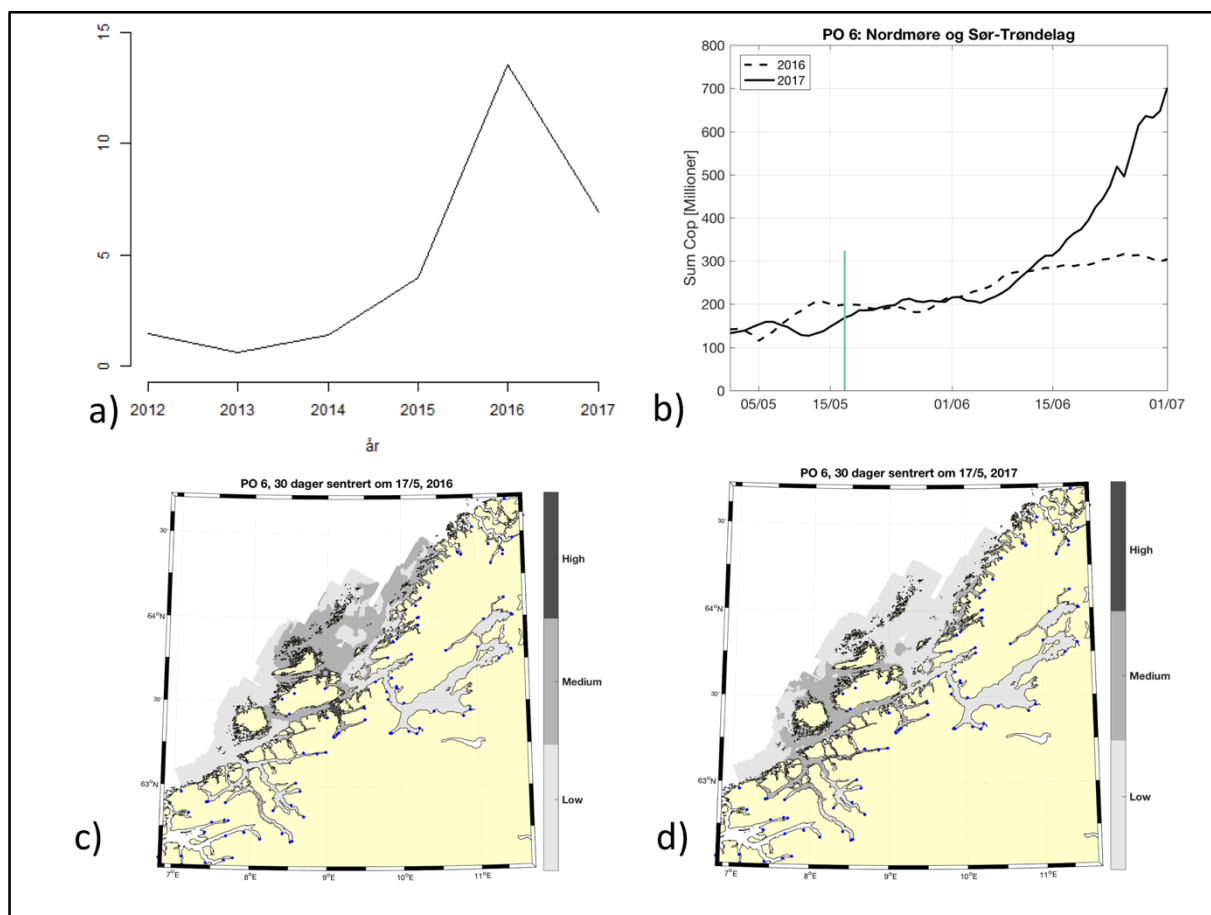


e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI), Havforskningsinstituttet (HI) og SINTEF Ocean (SINTEF). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

Konklusjon: Moderat risiko i 2016 og lav risiko i 2017 for lakselusindusert villfiskdødelighet. **Usikkerhet:** Stor usikkerhet for området i sin helhet. Smolt fra flere store vassdrag går ut gjennom Trondheimsfjorden og elvene her utgjør 72 % av total smoltproduksjon i dette produksjonsområdet. Totalt sett har dette produksjonsområdet opptil 25 % av Norges smoltproduksjon, og mye lus i utvandringsruten kan få store konsekvenser. Dette området er derfor svært sårbart med hensyn til lakselusindusert villfiskdødelighet. Indikatorene viser lavere smittepress ved Hitra/Frøya i 2017 enn i 2016 og lite lus på trålfanget vill laksesmolt og på smolt i vaktbur. Høyere smittepress i sør, men i det området har man ikke tråldata eller data på fisk i vaktbur. Uttak av stor fisk i anlegg ved Hitra og Frøya har trolig ført til redusert smittepress i området som man antar at smolten fra Trondheimsfjorden vandrer ut. Stor usikkerhet knyttet til utvandringsruter.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	101	62	2 389 000
2017	104		(23,7 %)



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: I 2016 ble Agdenes og Asserøy undersøkt med ruse og garnfangst av sjøørret uke 22-23, like etter smoltutvandringen. Undersøkelsene indikerte høy risiko for dødelighet på Agdenes og liten på Asserøy. I 2017 var infestasjonen på sjøørreten på Agdenes lavere de første ukene, men økte etter hvert. Vaktburene ved Agdenes viste i 2016 noe høyere smittepress, mens i 2017 viste de lavt ved Agdenes, men moderat ved Hitra. Det er også trålt i Trondheimsfjorden begge årene. Trålingen viste lave infestasjoner begge årene. Området vurderes derfor til moderat i 2016 og lavt til moderat for 2017 basert på overvåkingsdata. Usikkerheten vurderes til stor. Dette begrunnes med at smittekartene viste et belte med mye lus fra Hitra og nordover hvor laksen høyt sannsynlig ville passert i 2016. Vi har ingen observasjoner i dette beltet. I 2017 var smittefeltet lengre sør i systemet, hvor vi heller ikke har observasjoner.

VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var høy i 2016 og moderat for 2017, begge årene var betydelig høyere enn tidligere år.

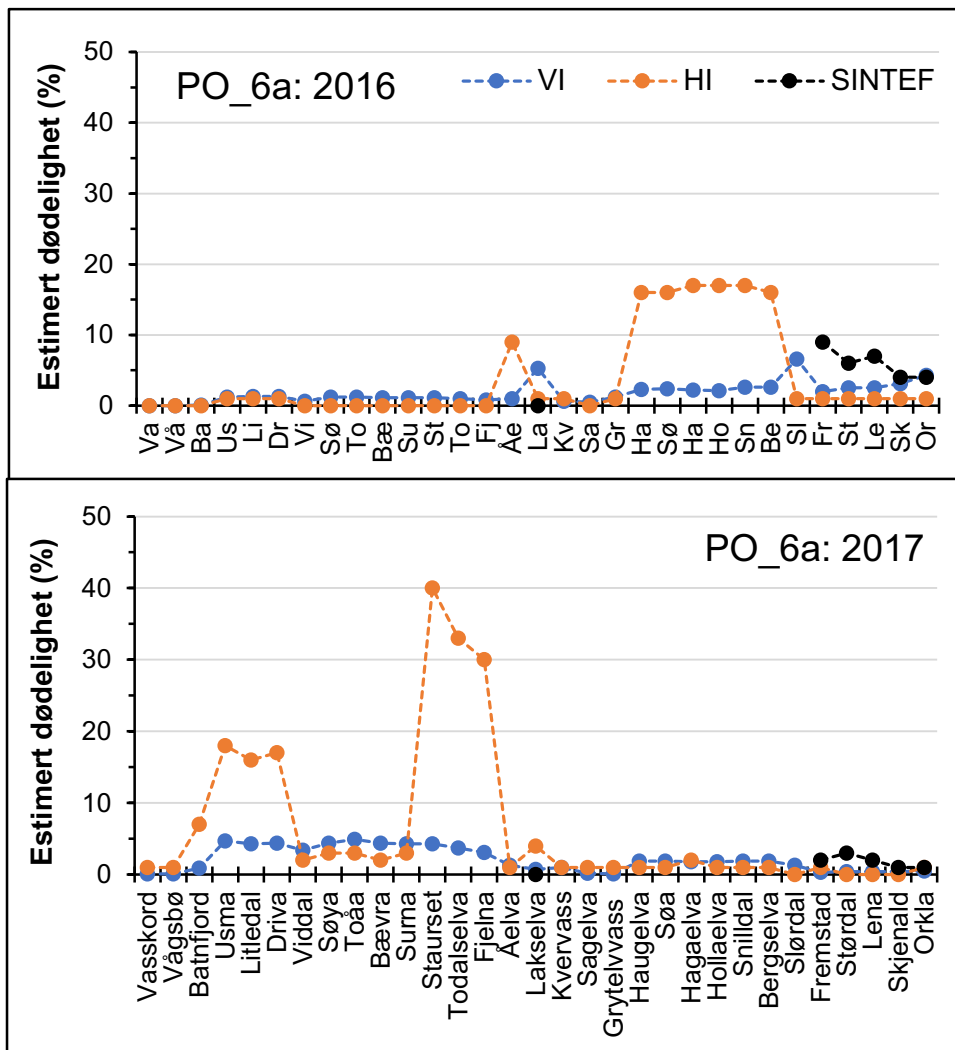
HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er moderat i store deler av området både i 2016 og 2017, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 18 og 27 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (14-25 %) og (21-34 %). Resultatet regnes derfor som lite usikkert i 2016 og middels usikkert i 2017. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

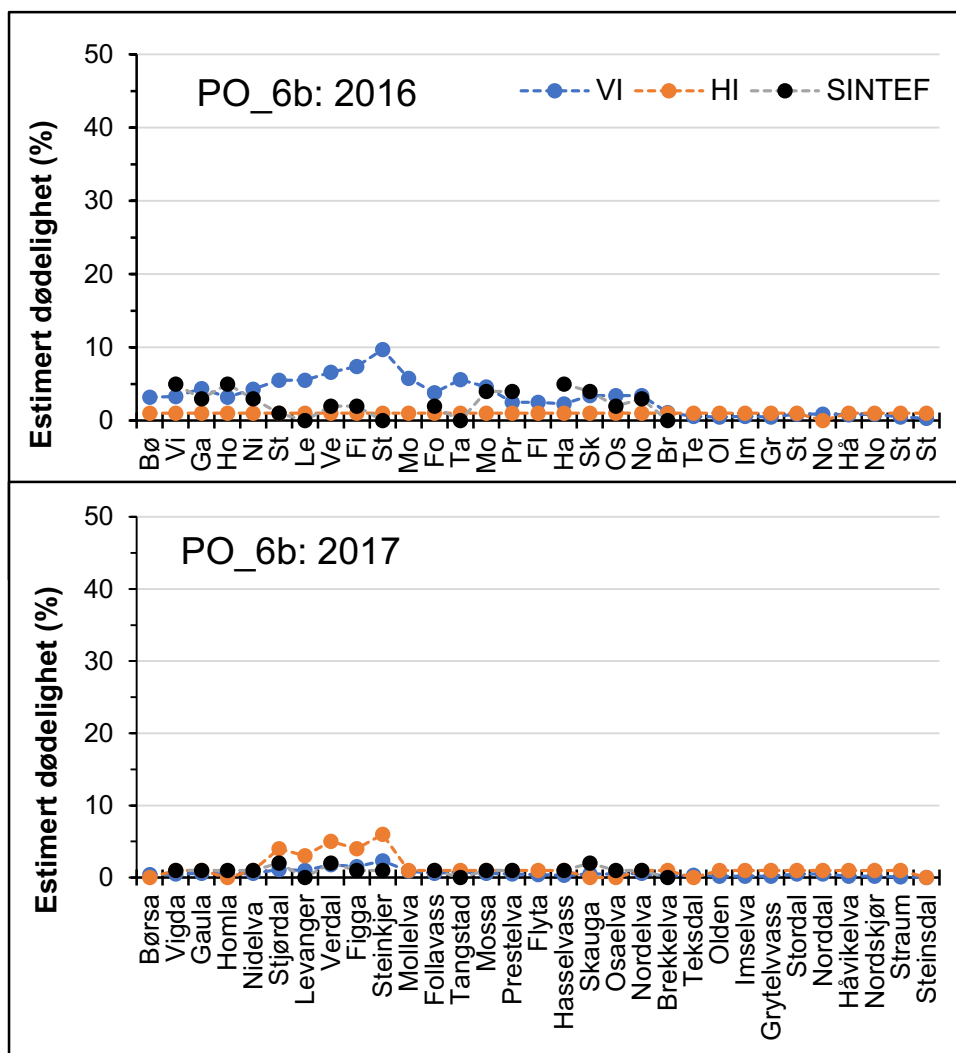
HI virtuell smolt: 62 elver. I 2016 estimerer HI's virtuelle smoltmodell liten dødelighet i store deler av området, med unntak av elver som går gjennom Hemnfjorden hvor det estimeres moderat dødelighet. I 2017 estimerer modellen liten dødelighet for 56 av 62 elver, men moderat i elver i sørlige deler (Sunnalsfjorden). Elvene i Vinjefjorden har høye dødelighetsestimater på 30 til 40 %. For de store elvene i Trondheimsfjorden regnes det liten dødelighet begge årene.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017. Usikkerheten er stor, uttrykt ved høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

SINTEF virtuell smolt og kart over potensielt smittepress: Beregnet dødelighet på virtuell smolt ligger under 9 % for 2016 og 2017 for 24 elver i Trondheimsfjorden. Kart over smittepress viser stor forskjell i potensielle lusepåslag mellom 2016 og 2017. Høye estimat for potensielle påslag (over 10 lus per smolt) i områdene rundt Hitra og Frøya og nordover i Frohavet i 2016. Smittepresset er størst lengre sør i 2017, men med reduserte dødelighetsestimat (under 5 lus per smolt over hele området). Utbredelsen av smitten er større i 2017 enn i 2016.

Viktige elver: Sør for Trondheimsfjorden har Surna og Driva (indre) med henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon. I Trondheimsfjorden er det Orkla og Gaula (midtre) med henholdsvis 21 og 27 % av teoretisk smoltproduksjon samt Stjørdalselva og Verdalselva (indre) med henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon. Elvene i Trondheimsfjorden har samlet sett 72 % av teoretisk smoltproduksjon for produksjonsområdet og om lag 17 % av hele landet.



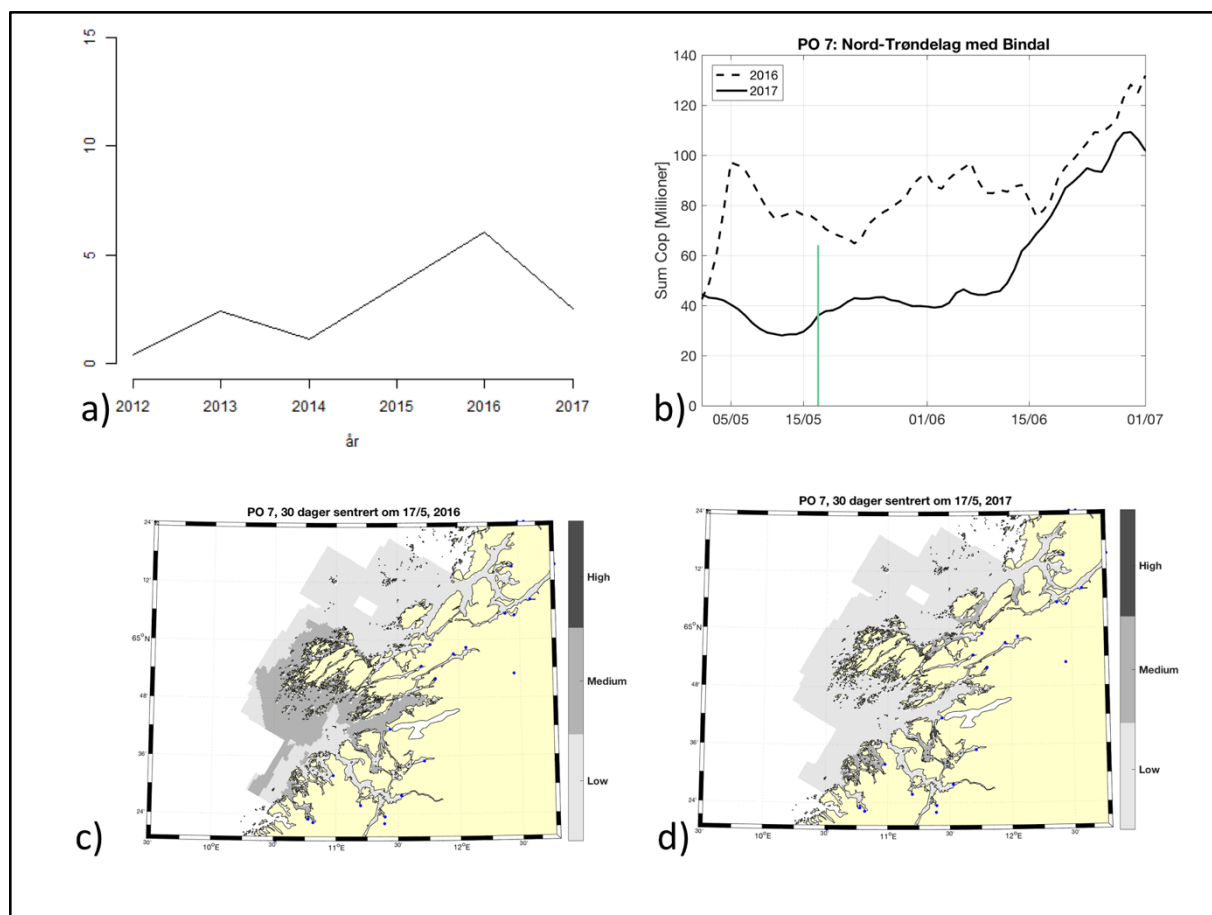


e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI), Havforskningsinstituttet (HI) og SINTEF Ocean (SINTEF). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Konklusjon: Moderat risiko i 2016 og lav risiko i 2017 for lakselusindusert villfiskdødelighet. **Usikkerhet:** Middels usikkerhet for området i sin helhet. Det finnes ikke tråldata fra området. Lavere smittepress i området sør for Vikna i 2017 som reduserer risiko for påslag for smolt fra Namsenfjorden. Stor usikkerhet knyttet til utvandringsruter.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	33	22	902 000
2017	36		(8,9 %)



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittpresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Data fra ruse og garnfangst av sjørret i 2016 indikerer moderat infestasjon på sørsiden av Namsenfjorden og høyt nordover mot Vikna. I 2017 er undersøkelsene foretatt noe tidligere, og infestasjonen på sjørret indikerer høyt påslag sør for Namsenfjorden og lavt på sørsiden av Vikna, men her var fangsten delvis mislykket og det er derfor knyttet stor usikkerhet til disse dataene. Vaktbur i dette systemet samsvarer med sjørretfangstene med forhøyet smittepress sør for Vikna i 2016, og lavere i 2017. Smittekartene indikerer også at tettheten av lus var høy rundt Vikna i 2016, men lavere i 2017. Området vurderes derfor til moderat begge årene basert på overvåkingsdata, da en betydelig del av området har moderat smittepress. Usikkerheten i 2016 anses som moderat, da dataene stemmer overens, men det

mangler tråldata og det er usikkert om laksen faktisk vandrer opp mot Vikna. Usikkerheten i 2017 ses som moderat da det ikke er trålt etter fisk, og det er usikkerhet knyttet til utvandningsruten.

VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var moderat for 2016 og lav for 2017, men betydelig høyere enn 2012 til 2014.

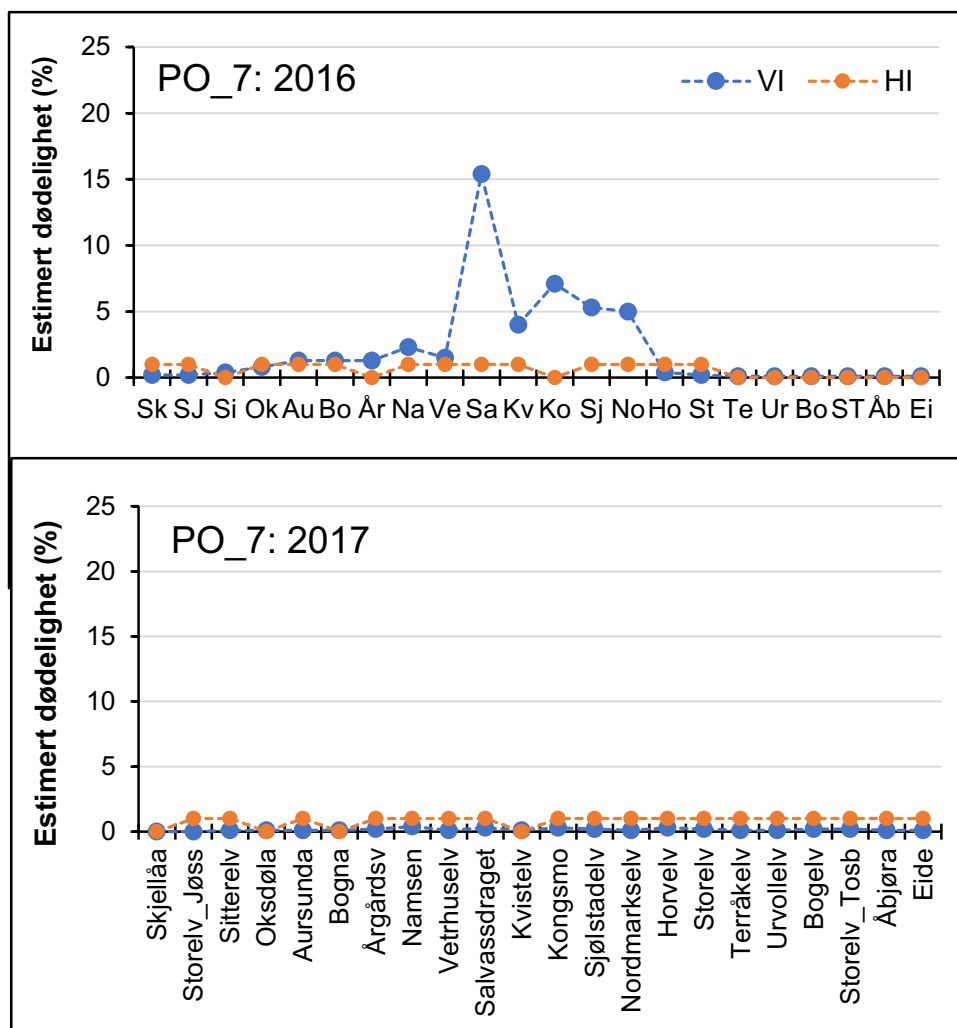
HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er moderat i store deler av området i 2016 og lavt til moderat i 2017, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 17 og 9 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (15-21 %) og (8-12 %). Resultatet regnes derfor til å ha lav usikkerhet i 2016 og middels usikkerhet i 2017. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 22 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene 2016 og 2017, det vil si dødelighetsestimat mellom 0 til 1 % for samtlige elver.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017. Usikkerheten er stor for beregningene fra 2016, men middels i beregningene fra 2017, uttrykt ved henholdsvis høy og moderat risiko for verste scenario i risikomodellen for 2016 og 2017.

SINTEF kart over potensielt smittepress: Ingen resultat for virtuell smolt. Smittekart viser stor forskjell i estimerte potensielle lusepåslag mellom 2016 og 2017. Høye verdier (over 10 lus per smolt) i områdene sør for Vikna i 2016, og større områder med estimerte potensielle påslag med verdier fra 4 til 6 lus per fisk i den nordgående kyststrømmen. I 2017 er det stor utstrekning av smittepresset, men med lave estimerte potensielle påslag (mindre enn 2 lus per smolt).

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Namsen (indre) med 69 % av teoretisk smoltproduksjon samt Årgårdsvassdraget (indre) med 14 %.



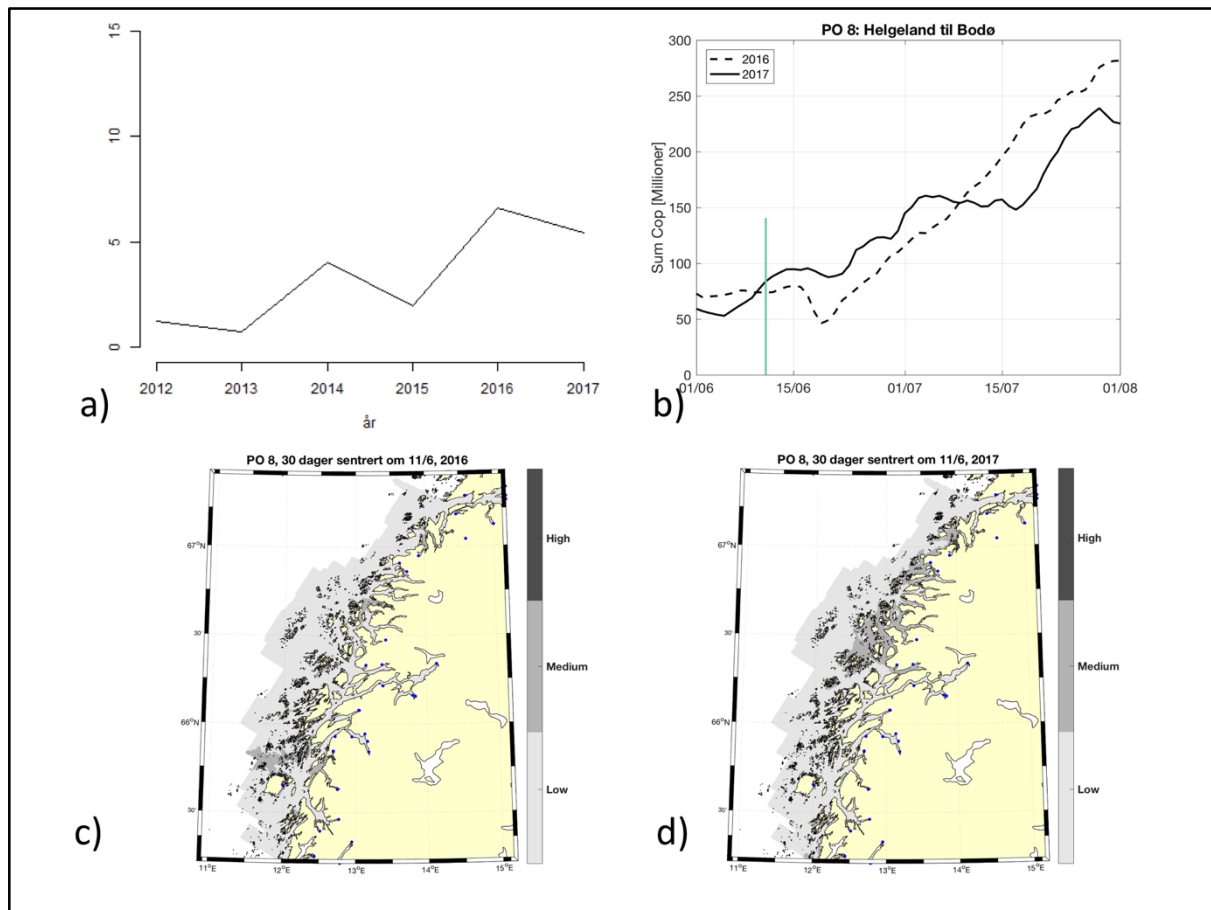
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Hayforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. Har ikke data fra trålfangst og vaktbur, og øvrige indikatorer peker på lav påvirkning.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	60	30	364 000 (3,6 %)
2017	56		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Både i 2016 og 2017 viste stasjonene undersøkt lav eller moderat infestasjon på sjørret. Smittekartene viser kun små områder med høy tetthet av lakselus i området, selv om utbredelsen av høyt smittepress er større i 2017 enn i 2016. Området vurderes derfor til lavt begge årene, med moderat usikkerhet grunnet begrenset datagrunnlag.

VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var moderat i både 2016 og 2017, men høyere enn tidligere år.

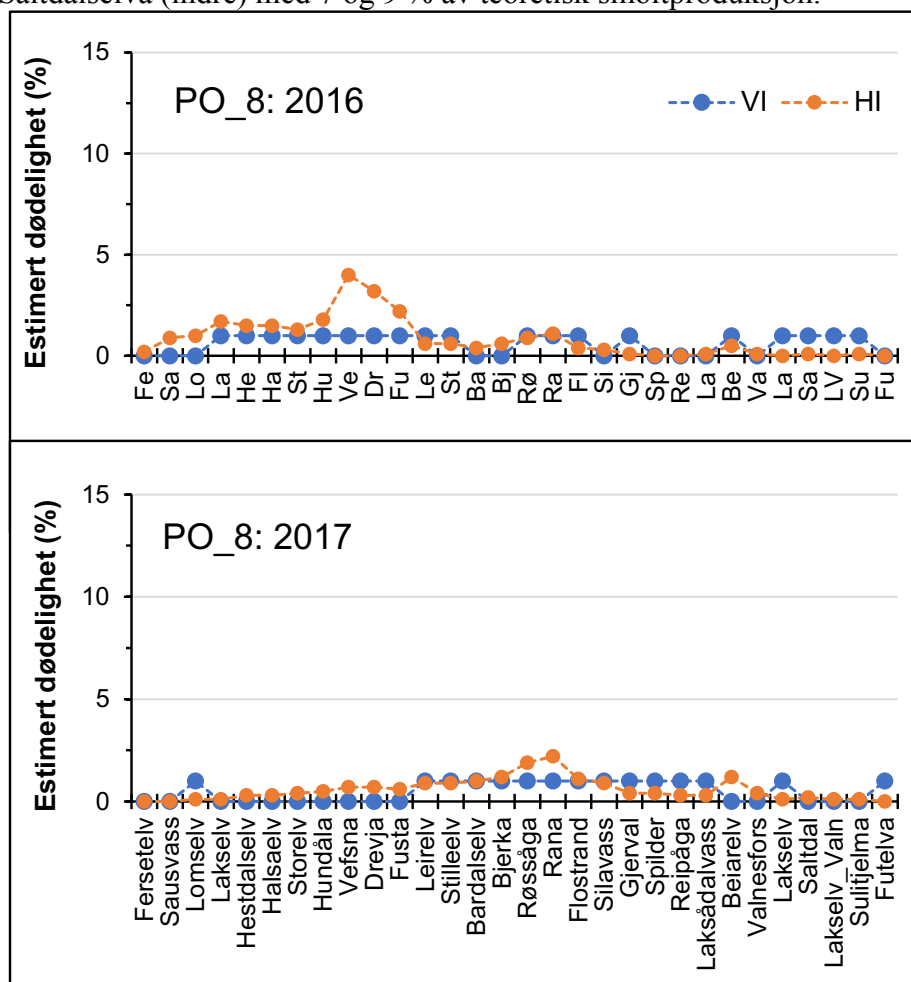
HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er lavt til moderat i dette området både i 2016 og 2017, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik

det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 13 og 18 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (10-16 %) og (13-25 %). Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge år. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 30 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene 2016 og 2017, det vil si dødelighetsestimat mellom 0 til 1 % for samtlige elver.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med stor usikkerhet uttrykt ved høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Vefsna (indre) og Fusta (indre) med henholdsvis 35 % og 7 % av teoretisk smoltproduksjon. Røssåga (indre) og Rana (indre) har videre 7 og 6 % av teoretisk smoltproduksjon, og lengre nord i området er det Beiervassdraget (indre) og Saltdalselva (indre) med 7 og 9 % av teoretisk smoltproduksjon.



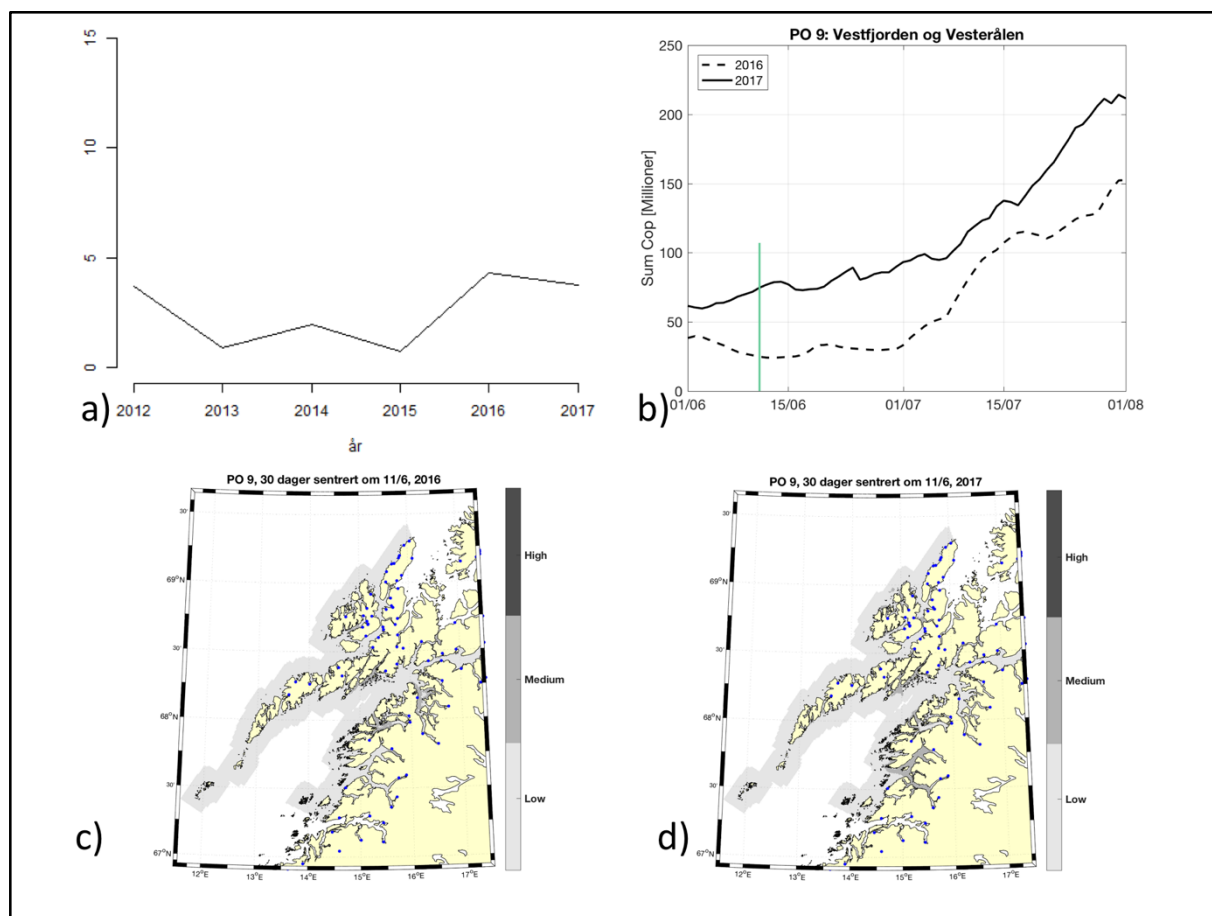
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. Har ikke data fra trålfangst og vaktbur, og øvrige indikatorer peker på lav påvirkning.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	51	58	193 000 (1,9 %)
2017	59		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Data fra ruse og garnfanget sjørretet i 2016 viste lave infestasjoner, også i 2017 fant man stort sett lave infestasjoner. Unntaket er Øksfjord hvor infestasjonen var høy. Smittekartene for begge årene samsvarer med observasjonene, og indikerer med unntak av Sørfjorden ikke store områder med høyt smittepress. Området vurderes derfor til lavt begge årene, og med moderat usikkerhet grunnet begrenset data.

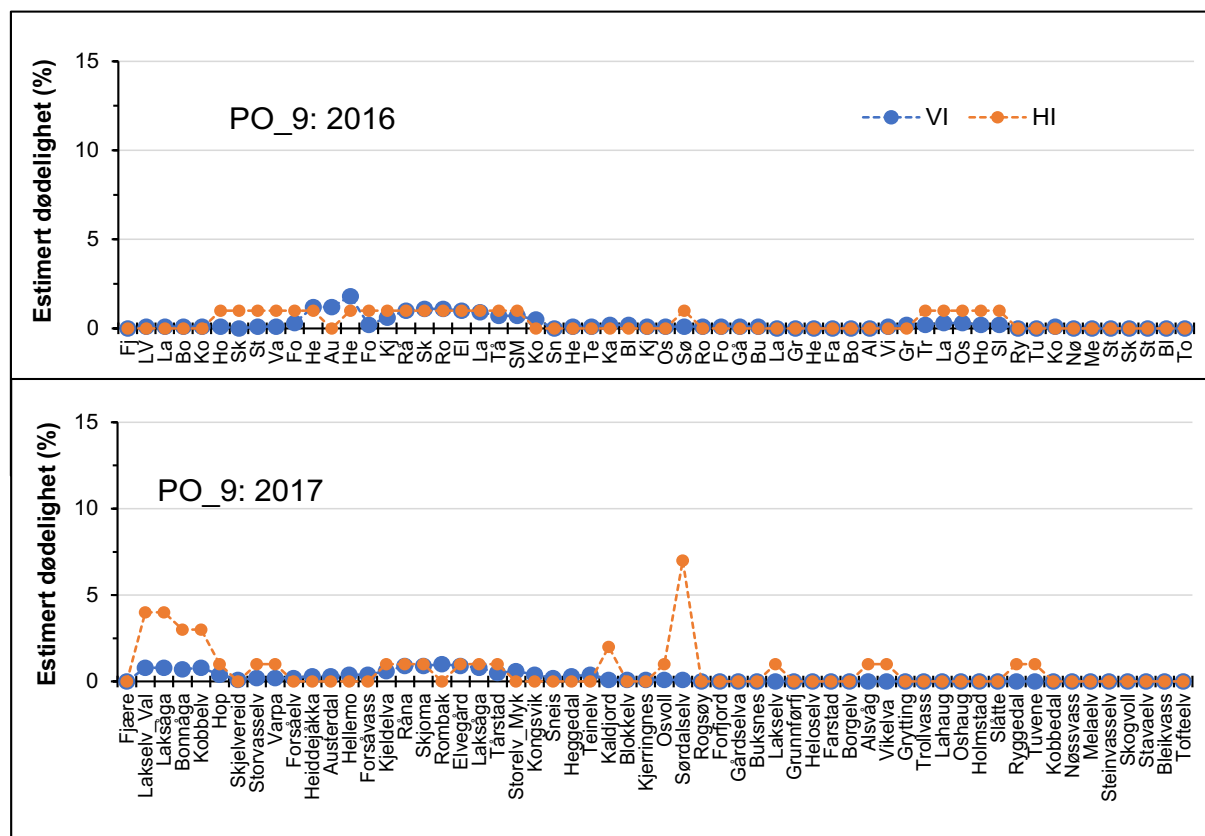
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var lav i både 2016 og 2017, men høyere enn tidligere år.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av dette området både i 2016 og 2017. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 9 og 6 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag under 10 % for begge år. Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge år. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 58 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene, det vil si mellom 0 til 1 % for samtlige elver i 2016 og < 10 % for samtlige elver i 2017. Elvene i Sørfolda har dødelighetsestimat på 3-4 %, Sørdalselva 7 %, ellers har samtlige elver fra 0 til 1 % dødelighet.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med middels usikkerhet uttrykt ved moderat beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Buksnesvassdraget (kystvassdrag) i Vesterålen med 9 % av teoretisk smoltproduksjon. Skjoma (indre) har 8 % av teoretisk smoltproduksjon.



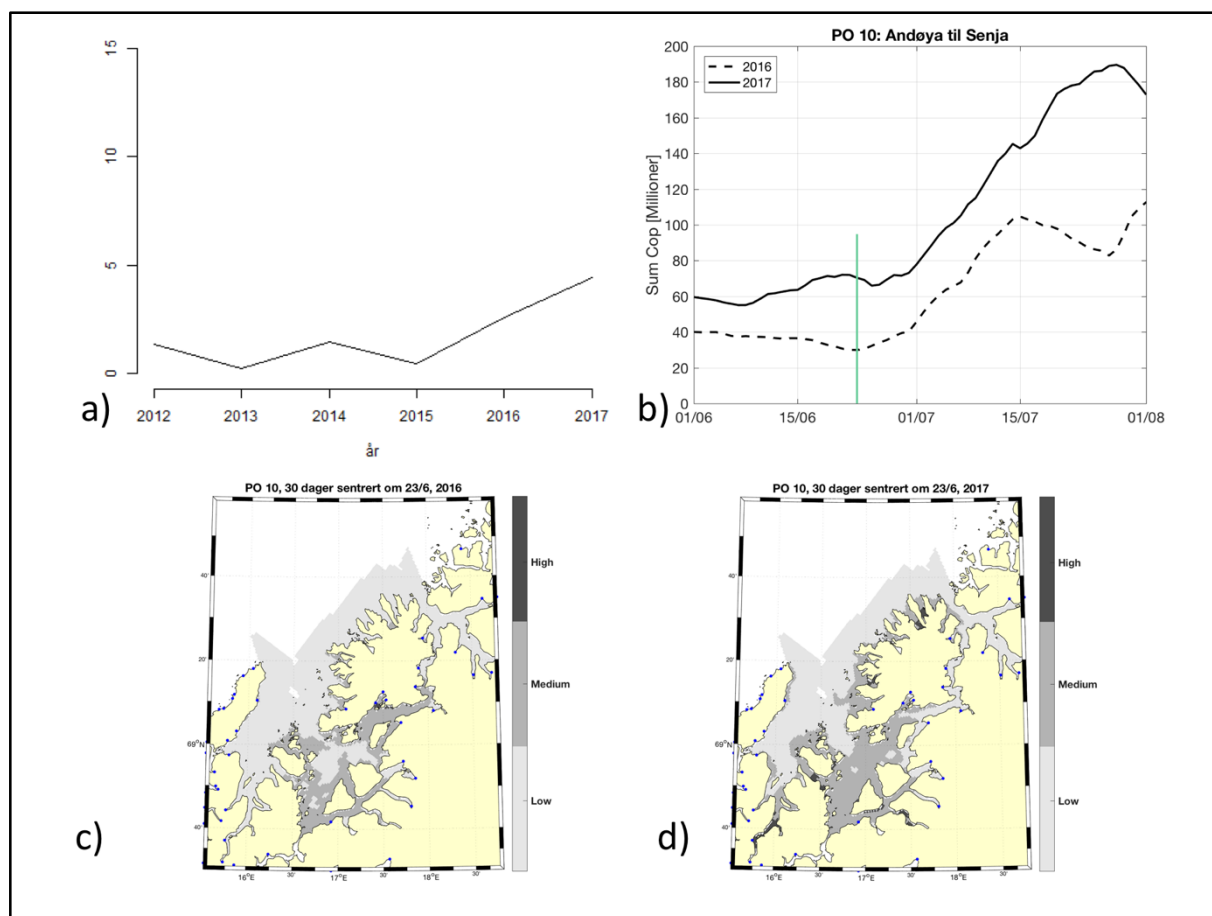
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Middels usikkerhet for området i sin helhet. Har ikke data fra trålfangst og vaktbur. Økning i smittepress fra 2016 til 2017. Måselv (38 % av smoltproduksjon i området) har lav risiko for påvirkning ifølge indikatorene.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	46	24	328 000
2017	43		(3,2 %)



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepesskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: I 2016 viste ruse og garnfangst av sjørret/sjørøye i uke 26-27 moderat risiko for lakselusindusert dødelighet i Ervika ved Harstad og lav risiko lenger nord. I 2017 var det mer lus i Gullesfjord samt i Sørreisa. Modellene indikerer en del lus på innsiden av Senja i 2016 og moderat lusetetthet i 2017 i sørlige deler av produksjonsområdet. Området vurderes derfor til lavt i 2016 og 2017 siden både modell og data indikerer relativt lave infestasjoner. Usikkerheten anses som middels på grunn av begrenset datagrunnlag.

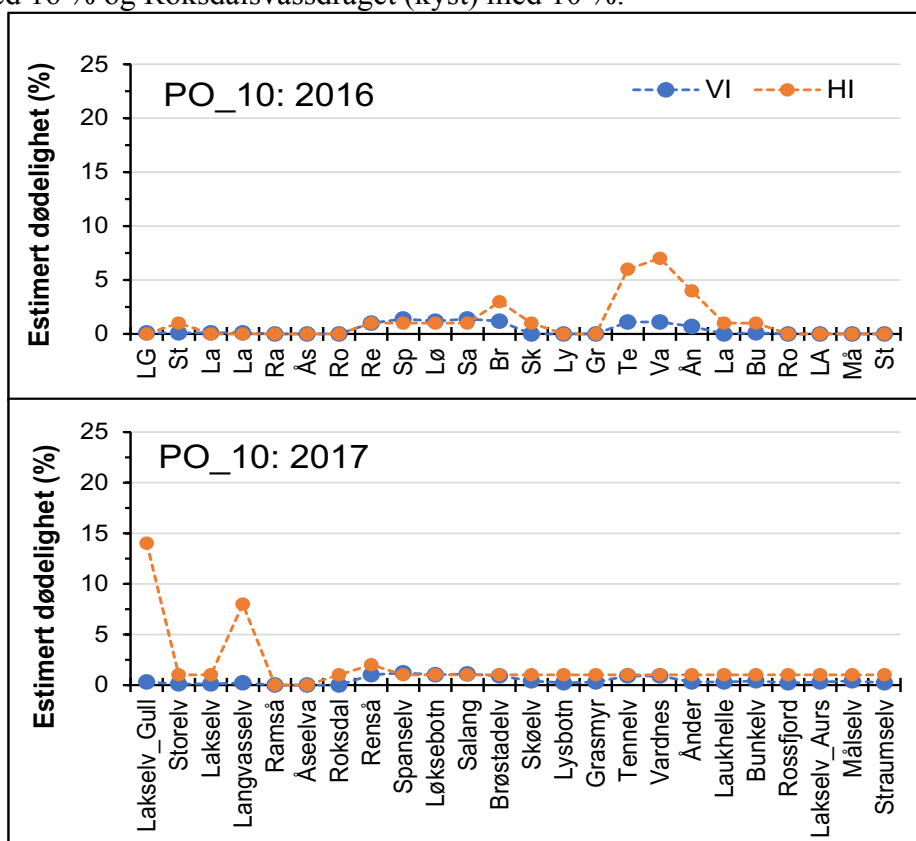
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var lav i både 2016 og 2017, men høyere enn tidligere år.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er lavt til moderat i dette området, men det er store lokale variasjoner. Sannsynligheten for høyt påslag (slik det er beskrevet i appendiks V) ved 50 % utvandring (se tabell for i appendiks VI for eksakte datoer for hver enkelt elv) var henholdsvis 20 og 33 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag mellom (15-22 %) og (27-41 %). Resultatet regnes derfor som lite usikkert i 2016 og moderat usikkert i 2017. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 24 elver. I 2016 beregner HI's virtuelle smoltmodell lave dødelighetsestimater (0-7 %) alle elvene og høyest for elvene på sørsiden av Senja. I 2017 er det også lave dødelighetsestimat for de fleste elvene, 0 til 1 %. Lakselva og Langvasselva i Gullesfjord har estimert dødelighet på henholdsvis 14 og 8 %.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med middels til stor usikkerhet uttrykt ved moderat til høy beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen for 2016 og 2017.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Måselva (indre) og Laukhelle med henholdsvis 38 og 8 % av teoretisk smoltproduksjon, i tillegg til Salangsvassdraget (kyst-midtre) med 16 % og Roksdalsvassdraget (kyst) med 10 %.



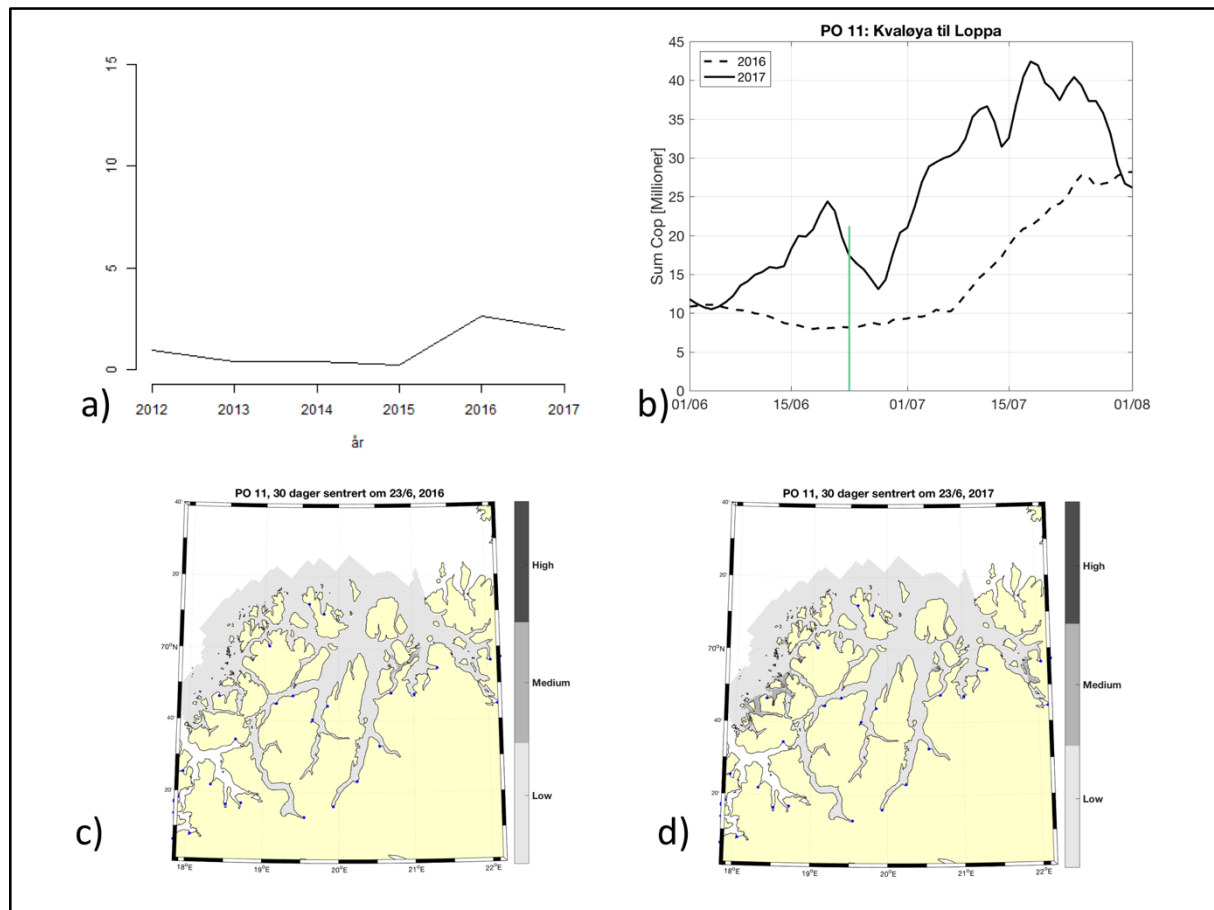
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. Har ikke data fra trålfangst og vaktbur, øvrige indikatorer peker på lav påvirkning.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	27	17	141 000 (1,4 %)
2017	27		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Alle stasjonene undersøkt med garn og rusefiske indikerte lave infestasjoner i den første undersøkelsen uke 27-28 i 2016, og uke 27-29 i 2017. Modellen indikerer ikke store områder med høyt smittepress noen av årene, og området vurderes derfor til lavt påvirket begge årene, med middels usikkerhet grunnet begrenset datagrunnlag.

VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var lav i 2016 og 2017, men allikevel litt høyere enn tidligere år.

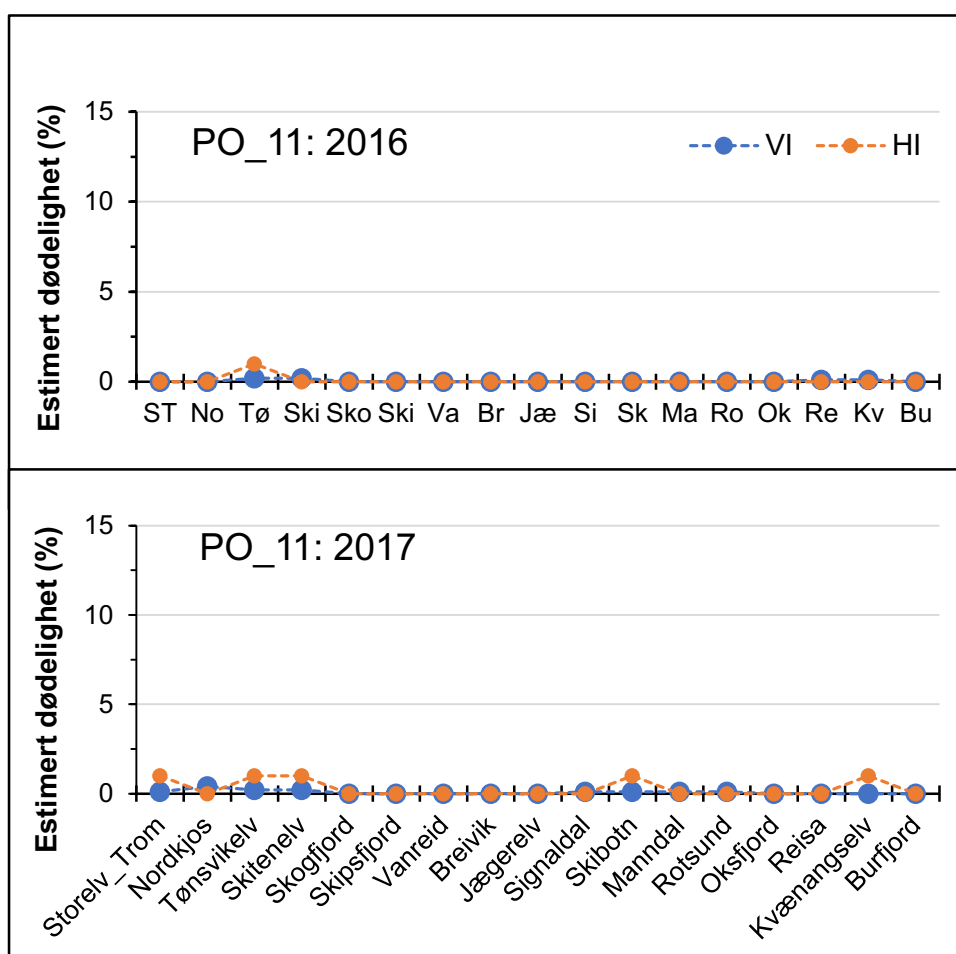
HI kalibrert smittepress (ROC): Smittepresset var lavt i det meste av området både i 2016 og 2017. Sannsynligheten for høyt påslag ved 50 % utvandring var henholdsvis 2 og 5 %.

Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag under 10 % for begge år. Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge år. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag viser at resultatet er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 17 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene, det vil si dødelighetsestimert mellom 0 til 1 % for samtlige elver.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, med liten usikkerhet uttrykt ved lav beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Reisavassdraget (kyst) med 41 % av teoretisk smoltproduksjon samt Skibotnvassdraget (Storfjorden indre) med 22 %.



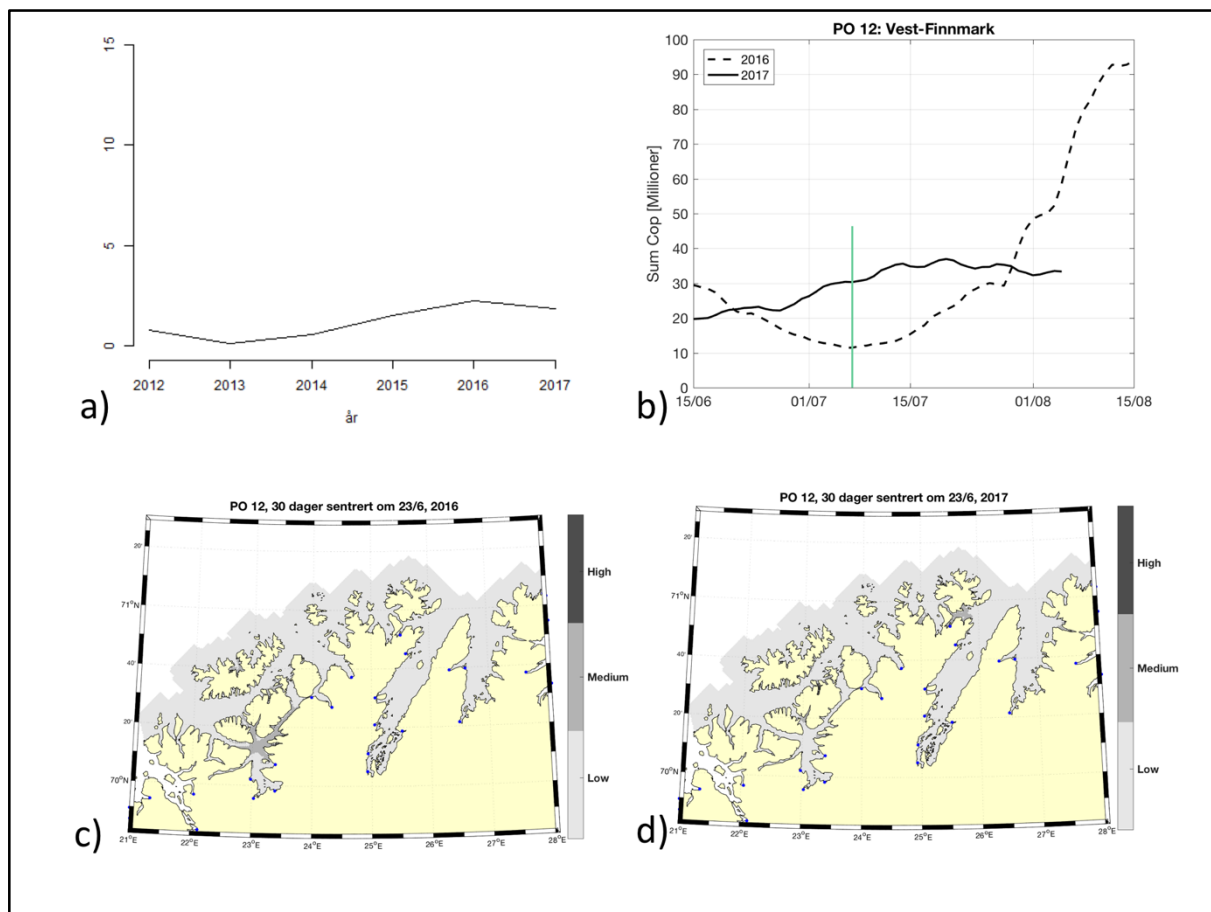
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. God dekning med vaktbur i Altafjorden og tråldata i 2017. Alle indikatorer peker på lav påvirkning.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	39	18	587 000 (5,8%)
2017	39		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: Ruse og garnfangst av sjørret/sjørøye i etterkant av forventet smoltutvandring viser lav infestasjon på sjørreten/sjørøya i Altafjorden i 2016 og 2017. Modellen indikerer et område med moderat smittepress i 2016, men ikke i 2017. Vaktburene som stod ute i 2017 indikerer lavt smittepress, og det ble funnet lite lus på den trålte smolten (merk at antallet fanget var lavt). Påvirkningen i området vurderes derfor til lavt begge årene. Usikkerheten settes til middels i 2016 grunnet begrenset data og at modellen indikerte et område på laksens utvandningsrute fra Alta viste moderat smittepress. Usikkerheten i 2017 er liten grunnet gode data og at modellen ikke indikerer områder med vesentlig høyt smittepress.

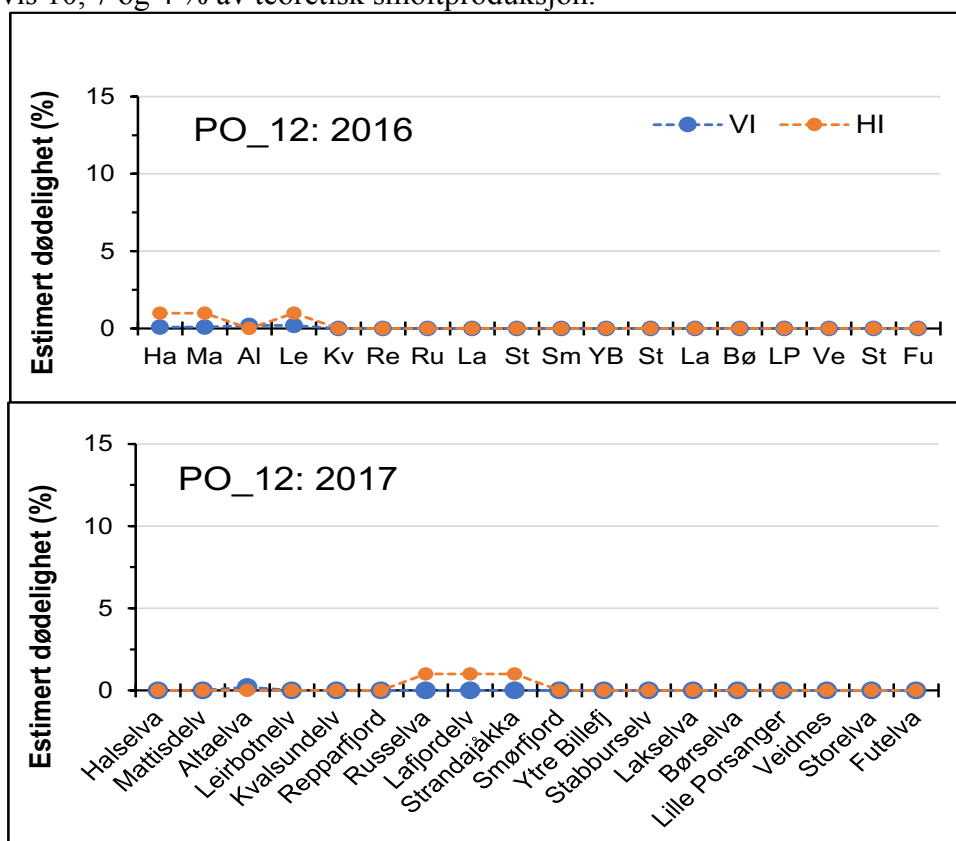
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var lav i 2016 og 2017, men allikevel litt høyere enn tidligere år.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset var lavt i det meste av dette området både i 2016 og 2017 (moderat i 2016 Alta-området). Sannsynligheten for høyt påslag ved 50 % utvandring var henholdsvis 1 og 2 %. Sensitivitetstesting der grensen for høy og moderat påvirkning ble justert opp og ned med 25 % gir en sannsynlighet for høyt påslag under 10 % for begge år. Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge år. Stigningstallet på kurven for sannsynlighet for høyt påslag er lavt og viser at resultatet ikke er følsomt i forhold til en forskyvning i tid.

HI virtuell smolt: 18 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene, det vil si dødelighetsestimater mellom 0 til 1 % for samtlige elver.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, men med middels usikkerhet uttrykt ved moderat beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Altaelva (indre) med 60 % av teoretisk smoltproduksjon. Videre østover kommer Repparfjordelva (kyst-midtre) med 8 % og vassdragene i Lille Porsangerfjorden der Lakselva, Børselva og Stabburselva har (alle indre) henholdsvis 10, 7 og 4 % av teoretisk smoltproduksjon.



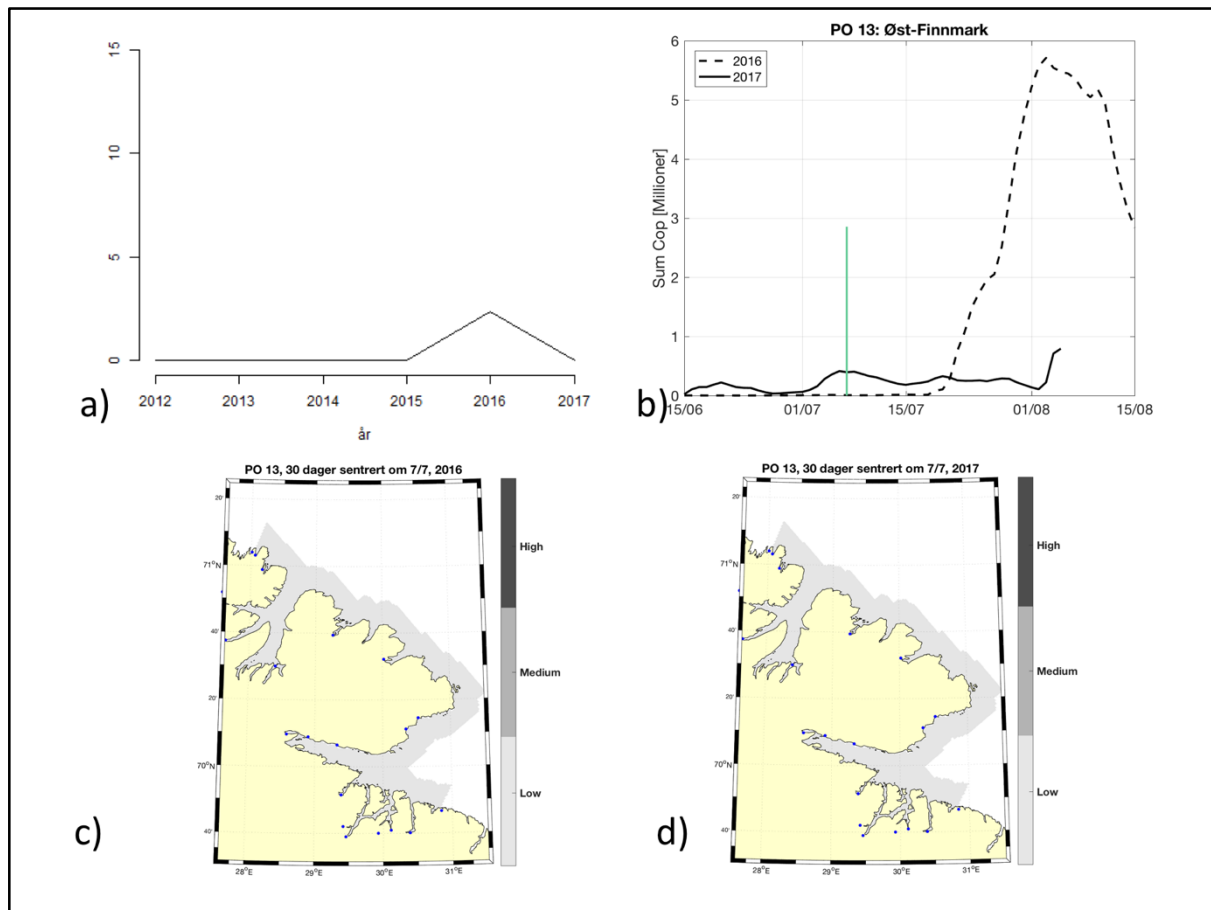
e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Konklusjon: Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet både i 2016 og 2017.

Usikkerhet: Liten usikkerhet for området i sin helhet. Har ikke data fra trålfangst og vaktbur, øvrige indikatorer peker på lav påvirkning.

	Antall anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	2	18	1 111 000 (11,0 %)
2017	3		



a) Eggproduksjon per biomasse, b) Sum kopepoditter i 2016 og 2017, tidspunkt for 50% utvandring markert i grønt. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene, c) Kalibrert smittepresskart HI, i tre kategorier lav, moderat og høy risiko, 2016, og d) 2017.

Overvåkingsdata: I dette området har vi undersøkt stasjoner i Tanafjorden og Varangerfjorden med ruse og garn. Det er ikke benyttet vaktbur eller trålt etter utvandrende laksesmolt. Undersøkelsen på sjørret/sjørøye indikerer lavt smittepress i 2016, men til dels moderat i 2017 i uke 28 og deretter lavt. Området vurderes derfor til lavt begge årene, og med liten usikkerhet grunnet liten oppdrettsaktivitet.

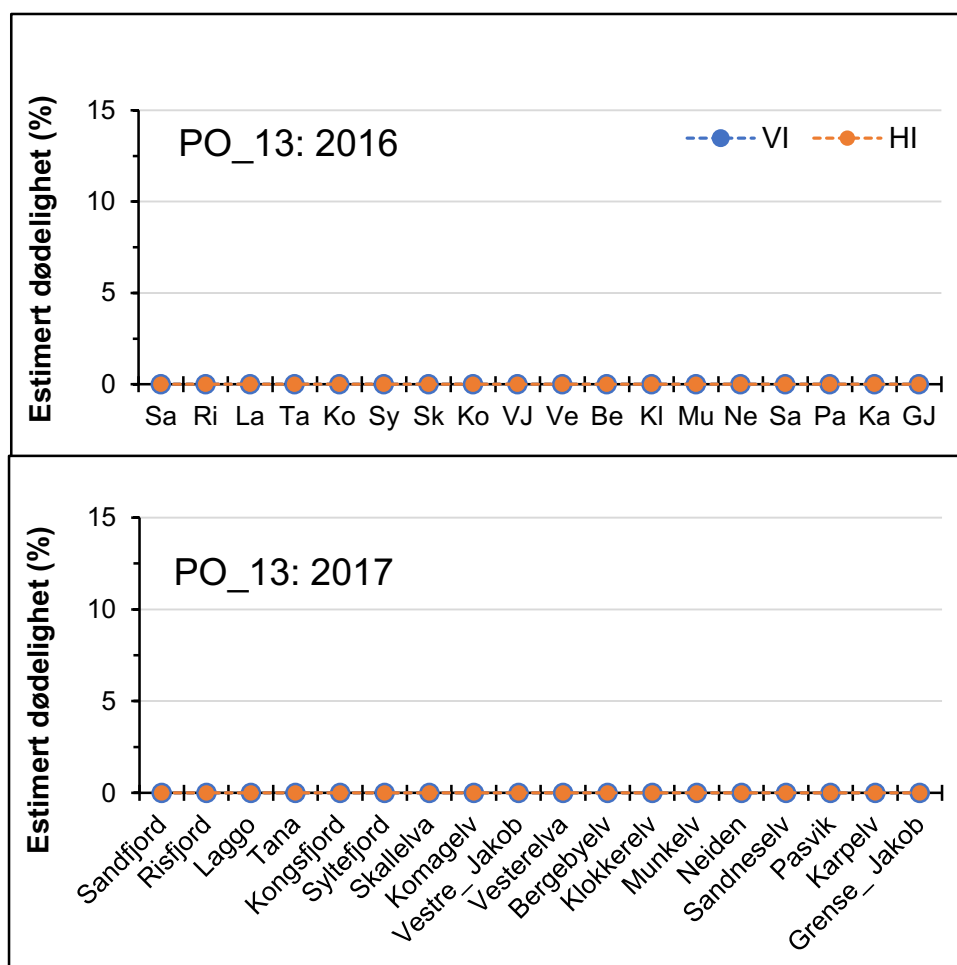
VI Eggproduksjon per biomasse: Biomassejustert eggproduksjon var lav i 2016 og 2017.

HI kalibrert smittepress (ROC): Det kalibrerte smittepresset er lavt i hele dette området både i 2016 og 2017. Sannsynligheten for høyt påslag ved 50 % utvandring var 0 %. Resultatet regnes derfor som lite usikkert begge år.

HI virtuell smolt: 18 elver. HI's virtuelle smoltmodell beregner lav risiko for dødelighet begge årene, det vil si dødelighetsestimert mellom 0 til 1 % for samtlige elver.

VI smoltmodell: VI's smoltmodell beregner lav risiko for lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017, med liten usikkerhet uttrykt ved lav beregnet risiko for verste scenario fra risikomodellen.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Tanaelva med 79 % av teoretisk smoltproduksjon og utgjør i underkant av 10 % av Norges smoltproduksjon. Neiden, Laggo, Komag og Vestre Jakobselv er andre betydelige laksevassdrag men prosentandelen i regionen blir lav på grunn av Tanas dominans.



e) Estimert lakselusindusert dødelighet for utvandrende laksesmolt (i %) for de ulike vassdragene i 2016 og 2017 basert på modellkjøringer med virtuell laksesmolt fra Veterinærinstituttet (VI) og Havforskningsinstituttet (HI). For VI er resultatene gitt som forventet dødelighet, For HI er resultatene gitt for midlere utvandringstidspunkt. De ulike vassdragene inne produksjonsområdet er sortert etter vassdragsnummer (se appendiks I).

6. Konklusjoner

Ekspertgruppen har for 2016 konkludert med lav risiko for lakselusindusert dødelighet på vill laksesmolt i syv produksjonsområder (1, 8, 9, 10, 11, 12, 13), moderat risiko for lakselusindusert dødelighet i fem produksjonsområder (2, 4, 5, 6, 7) og høy risiko for lakselusindusert dødelighet i ett produksjonsområde (3).

For 2017 konkluderte ekspertgruppen med lav risiko for lakselusindusert dødelighet i ti produksjonsområder (1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 og 13), moderat risiko for lakselusindusert dødelighet i ett produksjonsområde (5) og høy risiko for lakselusindusert dødelighet i to områder (3, 4). Konklusjonen om lav risiko i område 2 og 6 i 2017 har stor usikkerhet. Konklusjonen om lav risiko i område 7 og 10 i 2017 har middels usikkerhet. For områdene 1, 8, 9, 11, 12 og 13 har konklusjonen om lav risiko liten usikkerhet for 2017. Konklusjonen om moderat risiko for område 5 har middels usikkerhet. Konklusjonen om høy risiko i område 4 har middels usikkerhet mens konklusjonen om høy risiko i område 3 har liten usikkerhet.

Konklusjonene er basert på resultater fra modeller og overvåkingsdata fra de respektive år, samt til dels en vurdering av tidsutviklingen i produksjonsområdet. De viktigste usikkerhetene er knyttet til utvandringstidspunkt og utvandningsrute for de ulike elvene, noe som kan ha betydelig effekt på hvor stort smittepress laksesmolten vil passere igjennom på veien ut av fjordene og kysten. Mer data på vill laksesmolt i flere produksjonsområder vil være viktig for å redusere usikkerhetene spesielt der fanget smolt kan spores tilbake til elv. I tillegg er det usikkerhet knyttet til terskelverdiene som blir benyttet for å estimere lakselusindusert dødelighet. En del av modellgrunnlaget er nyutviklet, validering og kvalitetssikring i form av publisering vil derfor være viktig.

7. Veien videre

7.1. Grenseverdiene må oppdateres

Ekspertgruppen har påpekt at en problemstilling med de nåværende grenseverdiene er at de i liten grad differensierer mellom utviklingsstadium av lakselus. Dette er en svakhet ettersom laboratorieforsøk viser at ikke alle lus som setter seg på som kopepoditt vil bli utviklet til preadulte og adulte stadier, som gjør mest skade. Avhengig av når (altså på hvilket stadium) antall lus telles vil grenseverdiene overestimeres eller underestimeres. Eksempelvis, hvis antall lus som telles på fisken i laboratorium er kopepoditter vil antall preadulte lus som faktisk tar livet av en fisk være lavere enn den grenseverdien man regner ut. På lik linje hvis man beregner grenseverdiene i modellkjøringene fra HI, VI eller SINTEF er basert på antall modellerte kopepoditter som setter seg på fisken vil også lus på fisken være høyere enn det som til slutt ender opp som skadelige stadier (preadulte/adulte). I tillegg er de fleste publiserte forsøk gjort med kultivert smolt som er mye større og med bedre kondisjon, og har hatt et helt annet fôr og oppvekstmiljø. Vi anbefaler derfor at man gjennomgår tidligere laboratorieforsøk, oppdaterer med nye undersøkelser (spesielt på villsmolt) og i størst mulig grad prøver å standardisere dataene som trekkes ut fra hver publikasjon. Det anbefales også at man gjennomfører nye forsøk der man ser på stammeforskjeller i tålegrenser for lakselus hos villsmolt langs en nord-sør gradient.

7.2. Utvandningsruter og tidspunkt

Fra gjennomgangen av modellkjøringene er det tydelig at tidspunktet smolten vandrer ut fra elven samt vandringsruten er essensiell input for om en elvebestand blir definert til å ha høy eller lav lakselusindusert dødelighet. Ekspertgruppen anbefaler derfor at det gjennomføres flere studier som kan gi oss bedre og mer detaljert data på nøkkelvassdrag i hvert produksjonsområde. Det anbefales også lengre tidsserier for å fange opp mellomårlige variasjoner, samt at dataene kan brukes til å forklare det observerte mønsteret ved hjelp av elveavrenning, temperatur, genetikk eller annet.

I de fleste områder av landet har vi begrenset kunnskap om tidspunkt og forløp for smoltutvandringen. Det er usikkerheter knyttet til hvor mye senere laksesmolt vandrer ut fra de indre vassdragene i ulike fjorder enn i de kystnære vassdrag. Dette vil sannsynligvis ha stor påvirkning på modelleringsresultatene ettersom smolt fra de indre vassdragene har lange utvandringstruter. I områder hvor smolt fra slike vassdrag må vandre gjennom områder med høy tetthet av lakselus er det disse populasjonene som blir sterkest påvirket av lusepåslag ifølge modellene. Det blir derfor viktig å få god dokumentasjon på utvandringstidspunkt i disse vassdragene i fremtidige studier. I tillegg må det gjennomføres flere undersøkelser for å avdekke vandringstruter hos vill laksesmolt i ulike fjordsystem.

7.3. Utvikling og validering av smoltmodeller

Det er behov for å videreutvikle smoltmodellene og forbedre påslagsmodellene som overfører modellert smittepress til antall lus på fisken. I 2017 ble det trålt i seks fjordsystemer, og det er igangsatt et arbeid for å kunne spore smolten tilbake til elv ved hjelp av genetiske metoder. Det foreligger resultater fra de tre sørligste systemene (Boknafjorden, Hardangerfjorden og Sognefjorden). Disse analysene sier ikke noe om når fisken har gått ut, dens rute eller progresjonshastighet, men da trålingene er gjennomført over 4 uker vil det gi ett betydelig bedre datagrunnlag til å kalibrere og validere smoltmodellene. Dataen fra dette arbeidet var et av de viktigste empiriske datagrunnlaget for vurderingen. Vi anbefaler derfor at dette arbeidet videreføres.

8. Litteratur

- Aldrin, M., Storvik, B., Kristoffersen, A. B. & Jansen, P. A. 2013. Space-Time Modelling of the Spread of Salmon Lice between and within Norwegian Marine Salmon Farms. *Plos One*, 8(6). doi: ARTN e64039, 10.1371/journal.pone.0064039.
- Alver, M. O., Broch, O. J., Melle, W., Bagøien, E. & Slagstad, D. 2016. Validation of an Eulerian population model for the marine copepod *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea, *J Marine Syst*, 160: 81-93, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.04.004.
- Anon. 2011. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning Kvalitetsnormer for laks – anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 1. 105 s.
- Anon. 2016. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9b. 849 s.
- Anon. 2017. Status for norske laksebestander i 2017. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 10, 152s
- Asplin, L., Johsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & Boxaspen, K. K. 2014. Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10: 216-225.
- Barlaup, B. T., Gabrielsen, S. E., Loyland, J., Schlappy, M. L., Wiers, T., Vollset, K. W. & Pulg, U. 2013. Trap design for catching fish unharmed and the implications for estimates of sea lice

- (*Lepeophtheirus salmonis*) on anadromous brown trout (*Salmo trutta*). *Fisheries Research*, 139: 43-46.
- Bjørn, P. A. & Finstad, B. 1997. The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolts. *Nordic J. Freshw. Res.*, 73: 60-72.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Asplin, L., Skilbrei, O., Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M. & Boxaspen, K. K. 2011. Metodeutvikling for overvåkning og telling av lakselus på villlevende laksefisk. Rapport fra Havforskningen nr. 8-2011, 58 pp
- Bui, S., Dempster, T., Remen, M. & Oppedal, F. 2016. Effect of ectoparasite infestation density and life-history stages on the swimming performance of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 387-395.
- Dohoo, I., Martin, W. & Stryhn, H. 2010. *Veterinary Epidemiologic Research*. 865 pp.
- Finstad, B., Kroglund, F., Strand, R., Stefansson, S. O., Bjørn, P. A., Rosseland, B. O., Nilsen, T. O. & Salbu, B. 2007. Salmon lice or suboptimal water quality - Reasons for reduced postsmolt survival? *Aquaculture*, 273: 374-383.
- Finstad, B. & Bjørn, P. A. 2011. Present status and implications of salmon lice on wild salmonids in Norwegian coastal zones. In: Jones, S., Barnes, R. (eds) *Salmon lice: an integrated approach to understanding parasite abundance and distribution*. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 281-305.
- Gravil, H. R. 1996. Studies on the biology and ecology of the free swimming larval stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer, 1838) and *Caligus elongatus* Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). Institute of Aquaculture, University of Stirling.
- Heuch, P.A. & Mo, T.A. 2001. A model of salmon louse production in Norway: Effects of increasing salmon production and public management measures. *Dis. aquat. Org.*, 45: 145-152.
- Holst, J. C., Jakobsen, P., Nilsen, F., Holm, M., Asplin, L. & Aure, J. 2003. Mortality of seaward-migrating post-smolts of Atlantic Salmon due to salmon lice infection in Norwegian salmon stocks. In: Mills (ed) *Salmon at the edge*. Blackwell Science, Oxford, p. 136-137.
- Jansen, P. A., Kristoffersen, A. B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M. & Stien, A. 2012. Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proc. R. Soc. B*, 279: 2330-2338.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T. mfl. 2013. Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases*, 36: 273-281.
- Jacobsen, J. A. & Gaard, E. 1997. Open-ocean infestation by salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*): Comparison of wild and escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *ICES Journal of Marine Sciences*, 54: 1113-1119.
- Johnsen, I. A., Fiksen, Ø., Sandvik, A. D. & Asplin, L. 2014. Vertical salmon lice behavior as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5: 127-141.
- Johnsen, I. A., Asplin, L., Sandvik, A. D. & Serra-Llinares, R. M. 2016. Salmon lice dispersion in a northern Norwegian fjord system and the impact of vertical movements. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 99-116.
- Jonsson, B., Jonsson, M. & Jonsson, N. 2017. Influence of migration phenology on survival are size dependent in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool.*, 95: 581-587.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. (red.) 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen, Nr. 14-2016, 139 s.

- Krkošek, M., Connors, B. M., Ford, H., Peacock, S., Mages, P., Ford, J. S., Morton, A. mfl. 2011. Fish farms, parasites, and predators: implications for salmon population dynamics. *Ecological Applications*, 21: 897-914.
- Krkošek, M., Revie, C. W., Gargan, P. G., Skilbrei, O. T., Finstad, B. & Todd, C. D. 2013. Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 280.
- Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Sandvik, A. D., Elvik, K. M. S., Asplin, L., Bjørn, P. A., Johnsen, I. A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Vollset, K. W. & Lehmann, G. B. 2017a. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2016. Med vekt på modellbasert varslng og tilstandsbekreftelse. Rapport fra Havforskningen, Nr. 1-2017, 55 s.
- Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Elvik, K. M. S., Kvamme, B. O., Karlsen, Ø., Finstad, B. & Lehmann, G. B. 2017b. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk vår og sommer 2017 – Fremdriftsrapport til Mattilsynet september 2017. Rapport fra Havforskningen, xx-2017.
- Peterson, I. & Wroblewski, J. 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1117-1120.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M. S. & Skogen, M. D. 2016. Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 527-542.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M. & Asplin, L. 2014. Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian 'national salmon fjords'. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5: 1-16.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R. & Asplin, L. 2016. Nearby farms are a source of lice for wild salmonids: a reply to Jansen mfl. 2016. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 351-356.
- Shephard, S., MacIntyre, C. & Gargan, P. 2016. Aquaculture and environmental drivers of salmon lice infestation and body condition in sea trout. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 597-610.
- Stien, A., Bjørn, P. A., Heuch, P. A. & Elston, D. A. 2005. Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progressive Series*, 290: 263-275.
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Stien, L. H., Taranger, G. L. & Boxaspen, K. K. 2016. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og Havet*, særnummer 2-2016, 190 s.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S. & Boxaspen, K. K. 2011. Risikovurdering miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2010. *Fisken og Havet*, særn. 3-2010, 93 s.
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. & Svåsand, T. 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 997-1021.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Bjørn, P. A., Jansen, P. A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R. N., Asplin, L., Skilbrei, O., Glover, K. A., Skaala, Ø., Wennevik, V. & Boxaspen, K. K. 2012. Forslag til førstegangs målemetode for miljøeffekt (effektindikator) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på viltlevende laksefiskbestander. *Fisken og Havet* 13-2012, Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7-2012.
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *J. Fish Biol.*, 81: 500-542.

- Urke, H. A., Kristensen, T., Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O., Kjærstad, G., Stefansson, S. O., Ebbesson, L. O. E. & Nilsen, T. O. 2012. Seawater tolerance and post-smolt migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* × brown trout *S. trutta* hybrid smolts. *J. Fish. Biol.*, 82(1): 206-227.
- Urke, H.A., Kristensen, T., Ulvund, J.B. & Alfredsen, J.A. 2013. Riverine and fjord migration of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fish. Manage. Ecol.*, 20: 544-552.
- Urke, H.A., Kristensen, T. & Ulvund, J.B. 2015. Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lardalselvi 2014. INAQ AS 1393, 19s.
- Vollset, K. W., Barlaup, B. 2014. First report of winter epizootic of salmon lice on sea trout in Norway. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5: 249-253.
- Vollset, K. W., Krontveit, R. I., Jansen, P. A., Finstad, B., Barlaup, B. T., Skilbrei, O. T., Krkošek, M., mfl. 2015. Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 17: 714-730.
- Vollset, K.W., Mahlum, S., Davidsen, J.G., Skoglund, H. & Barlaup, B.T. 2016. Interaction between migration behaviour and estuarine mortality in cultivated Atlantic salmon *Salmo salar* smolts. *J. Fish. Biol.*, 89(4): 1974-1990.
- Vollset, K. W., Dohoo, I., Karlsen, Ø., Halttunen, E., Kvamme, B. O., Finstad, B., Wennevik, V., mfl. 2017. Disentangling the role of sea lice on the marine survival of Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science*, doi: 10.1093/icesjms/fsx104.
- Wright, D. W., Oppedal, F. & Dempster, T. 2016. Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater-sensitive. *Journal of Fish Biology*. Akseptert.
- Ådlandsvik, B., Sundby, S. 1994. Modelling the transport of cod larvae from the Lofoten area. *ICES Marine Science Symposia*, 198: 379-392.
- Ådlandsvik, B., 2015. Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. Rapport fra Havforskningen, Nr. 20-2015, 59 s.

9. Appendiks

Appendiks I Vassdragsoversikt og utvandringstidspunkt NINA

Appendiks II NALO HI

Appendiks III Fysisk miljø HI

Appendiks IV Hydrodynamisk spredningsmodellering HI

Appendiks V Smittepresskart HI

Appendiks VI Virtuell smolt HI

Appendiks VII Produksjon av lakselus i oppdrett VI

Appendiks VIII Modellering SINTEF

Appendiks IX Fangst og gjenfangst Rådgivende Biologer AS

Appendiks X Smolt migration HI