

Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022



Ekspertgruppens leder og redaktør:
Knut W. Vollset, *Forsker ved NORCE*

Ekspertgruppens nestleder:
Frank Nilsen, *Professor ved Universitetet i Bergen*

Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):
Ingrid Ellingsen, *Seniorforsker ved SINTEF Ocean AS*
Ørjan Karlsen, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*
Rachel A. Paterson, *Forsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*
Lars Qviller, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*
Jofrid Skardhamar, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*
Leif Christian Stige, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*
Harald Sægrov, *Forsker ved Rådgivende Biologer AS*
Ola Ugedal, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

Ekspertgruppens sekretær:
Sussie Dalvin, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

Knut W. Vollset, NORCE
Frank Nilsen, Universitetet i Bergen
Ingrid Ellingsen, SINTEF Ocean AS
Ørjan Karlsen, Havforskningsinstituttet
Rachel A. Paterson, Norsk institutt for naturforskning
Lars Qviller, Veterinærinstituttet
Jofrid Skardhamar, Havforskningsinstituttet
Leif Christian Stige, Veterinærinstituttet
Harald Sægvog, Rådgivende Biologer
Ola Ugedal, Norsk institutt for naturforskning
Sussie Dalvin, Havforskningsinstituttet

Bergen, Trondheim 24.11.2022

ISBN-nummer:
978-82-93932-03-1

Referanse til publikasjonen:

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Karlsen, Ø., Paterson, R.A., Qviller, L., Skardhamar, J., Stige, L.C., Sægvog, H., Ugedal, O., Dalvin, S. 2022. Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

Nøkkelord:

Trafikklyssystemet
Nærings- og fiskeridepartementet
Ekspertgruppen
Lakselus
Dødelighet laksesmolt
Produksjonsområder

Foto framside:

Feltforsøk; preadulte lakselus på utvandrende sjøørret, fotografi av Sussie Dalvin, HI.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og introduksjon	8
2	Definisjoner og begreper	11
2.1	Lakselusindusert dødelighet	11
2.2	Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk	11
2.3	Faktorer som påvirker populasjonsvekst, men ikke dødelighet	12
2.4	Ekspertgruppen sin tolking av den estimerte lakselusinduserte dødeligheten basert på grenseverdier.	12
2.5	Produksjonsområder	13
2.6	Bestand, populasjon og populasjonskompleks	14
2.7	Utfordringer ved å trekke konklusjoner over et helt produksjonsområde	14
2.8	Kvantifisering av dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg	15
3	Metodebeskrivelse	16
3.1	Datainkludering i ekspertvurderingen	16
3.2	Sammenheng mellom data, modeller og estimater	18
3.3	Observasjonsdata	18
3.3.1	Data fra oppdrett	18
3.4	Overvåkingsdata	19
3.5	Modeller og analyser	20
3.5.1	Beskrivelse av Havforskningsinstituttets (HI) modellsystem	21
3.5.2	Beskrivelse av Veterinærinstituttets (VI) modellsystem	23
3.5.3	Beskrivelse av SINTEFs modellsystem	24
3.6	Oppdatering av metoder for 2022-sesongen.	25
3.6.1	Endring i innsamling av observasjonsdata	25
3.6.2	Oppdatering av HI sine modellsystemer	25
3.6.3	Oppdatering av VI sine modellsystemer	26
3.6.4	Oppdatering av SINTEF sine modellsystemer	27
4	Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen	28
4.1	Laksepostsmoltens tålegrenser for infestasjonsnivå av lakselus	28
4.2	Mellomårlig variasjon og sesongutvikling	29
4.3	Usikkerhet i kildeleddet	29
4.4	Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus	30
4.5	Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering	30
4.6	Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering	31
4.7	Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering	32
4.8	Villfisk som bidragsyttere	33
4.9	Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt	33
4.10	Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn	34
4.11	Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur	35
4.12	Usikkerhet knyttet til tråling	36
5	Vurdering av status i produksjonsområdene	38
5.1	Hvordan vurderer Ekspertgruppen lakselusindusert villfiskdødelighet	38
5.2	Ekspertvurderingsmetode (SHELF metoden)	38
5.3	Sammenligning med tidligere års beskrivelse av usikkerhet	43
5.4	Usikkerhetsbeskrivelse ved presentasjon av metoder	44
5.5	Vurderinger	46
5.5.1	Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren	47
5.5.2	Produksjonsområde 2: Ryfylke	52

5.5.3	Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	58
5.5.4	Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt	64
5.5.5	Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	70
5.5.6	Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag	75
5.5.7	Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal.....	80
5.5.8	Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø.....	85
5.5.9	Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	91
5.5.10	Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	96
5.5.11	Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	101
5.5.12	Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark.....	106
5.5.13	Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	111
6	Utvikling over tid	116
6.1	<i>Endring i biomasse og lusetall i hvert produksjonsområde</i>	<i>116</i>
6.2	<i>Mellomårsvariasjon i smittepress grunnet produksjonssykluser</i>	<i>122</i>
	Litteratur	123
	Appendiks	130

Sammendrag

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon. 2017a) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder (POer), hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. I forskriften står følgende: «Produksjonskapasiteten i produksjonsområder for akvakultur reguleres i samsvar med områdets miljømessige bærekraft. Påvirkningen fra akvakultur på miljøet overvåkes etter de til enhver tid gjeldende miljøindikatorer [...]». I første omgang er effekten lakselus produsert i oppdrett har på vill laksefisk den eneste miljøindikator. Nærings og Fiskeridepartementet (NFD) har derfor oppnevnt en styringsgruppe som igjen har oppnevnt en ekspertgruppe bestående av 10 forskere som skal evaluere lusepåvirkning fra oppdrett på villfisk. Mandatet til ekspertgruppen er:

«Ekspertgruppen skal hvert år gjøre en grundig naturfaglig vurdering av hvordan vill laksefisk påvirkes av lakselus i hvert enkelt produksjonsområde.»

Årets rapport har flere vesentlige endringer som en konsekvens av anbefalinger fra den internasjonale evalueringskomiteens rapport (Eliassen mfl. 2021). De 4 viktigste endringene i årets rapport er:

1. *Beskrivelse av hvordan ny kunnskap blir inkludert*
2. *Illustrering av sammenheng mellom modeller og observasjoner*
3. *Hvordan Ekspertgruppen estimerer og kommuniserer usikkerhet*
4. *Hvordan Ekspertgruppen kommer til en felles vurdering basert på resultatene*

Av disse fire er det det siste punktet som får størst påvirkning på hvordan resultatene blir kommunisert. Endringen fører til at man istedenfor å konkludere hvilken kategori av lakselusindusert villfiskdødelighet Ekspertgruppen mener er riktig kategori, rapporteres en sannsynlighetsfordeling av dødelighet basert på SHELF metoden (se kapittel 5 for detaljer).

Oppsummert er kategoriene for lakselusindusert dødelighet for vill laksepostsmolt for 2022 som følger:

- (1) Høy i PO3 og PO4
- (2) Moderat i PO2, PO5, PO6, PO7 og PO8
- (3) Lav i PO1, PO9, PO10, PO11, PO12 og PO13

Vurderingene av usikkerhet er som følger:

I PO3 var det *sannsynlig* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *over 30 %*, *usannsynlig* at den var *mellom 10 og 30 %* og *veldig usannsynlig* at den var *under 10 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POet har høy lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha middels usikkerhet.

I PO4 var det *mer sannsynlig enn ikke* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *over 30 %*, *usannsynlig* at den var *mellom 10 og 30 %* og *veldig usannsynlig* at den var *under 10 %*. Etter

den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POet har høy lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha stor usikkerhet.

I PO2, PO5, PO7 og PO8 var det *mer sannsynlig enn ikke* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *mellom 10 og 30 %*, *usannsynlig* at den var *under 10 %* og *usannsynlig* at den var *over 30 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POene har moderat lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha stor usikkerhet.

I PO6 var det *mer sannsynlig enn ikke* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *mellom 10 og 30 %*, *mindre sannsynlig enn ikke* at den var *under 10 %* og *usannsynlig* at den var *over 30 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POet har moderat lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha stor usikkerhet.

I PO9, PO10 og PO11 var det *mer sannsynlig enn ikke* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *under 10 %*, *mindre sannsynlig enn ikke* at den var *mellom 10 og 30 %* og *veldig usannsynlig* at den var *over 30 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POene har lav lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha stor usikkerhet.

I PO12 var det *sannsynlig* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *under 10 %*, *usannsynlig* at den var *mellom 10 og 30 %* og *svært usannsynlig* at den var *over 30 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POet har lav lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha liten usikkerhet.

I PO1 var det *veldig sannsynlig* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *under 10 %*, *veldig usannsynlig* at den var *mellom 10 og 30 %* og *svært usannsynlig* at den var *over 30 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POet har lav lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha liten usikkerhet

I PO13 var det *svært sannsynlig* at lakselusindusert villfiskdødelighet var *under 10 %*, *svært usannsynlig* at den var *mellom 10 og 30 %* og *svært usannsynlig* at den var *over 30 %*. Etter den tidligere usikkerhetsdefinisjonen vurderes konklusjonen om at POet har lav lakselusindusert villfiskdødelighet til å ha liten usikkerhet.

Fra og med 2020 er det i hvert PO også blitt inkludert en vurdering av hvordan smittepresset, altså antall produserte luselarver per time i hele produksjonsområdet, har variert gjennom årene og sesongen. Denne er presentert for å belyse hvordan smittepresset endrer seg i perioden etter overvåking av laksesmolt avsluttes, når man forventer at sjøørret og sjørøye fremdeles oppholder seg i sjøen. Det er viktig å påpeke at det ikke er gjennomført en vurdering av lakselusindusert dødelighet for sjøørret eller sjørøye, ettersom det fremdeles er uklart hvilke kriterier man skal legge til grunn i slike vurderinger. Generelt øker smittepresset utover sommeren etter perioden smolten vandrer ut, med unntak av de nordligste POene (PO11-PO13). Det påpekes også at økningen i smittepress er spesielt høy i PO6 utover sensommeren.

I mandatet påpekes det at «[r]apporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåking, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.». I rapporten fra 2020 skrev vi et eget kapittel om vurderinger av trend. Dette kapittelet var i

hovedsak en vurdering av hvordan mengden oppdrettsfisk eller totalt antall lus per areal har endret seg over tid. I 2022-rapporten repeterer vi ikke vurderingene, men har oppdatert figurene fra rapporten fra 2020. Vi konkluderer med at det ikke er store endringer i det generelle mønsteret vi så i 2020-rapporten, og at konklusjonen fra denne rapporten fremdeles er gjeldende. Det vil si at områder med høyt utslipp av lakselus fra oppdrett med jevne mellomrom vil ha høy kategori, men også at vurderingen av lakselusindusert villfiskdødelighet kan variere fra lav til høy avhengig av biologiske, fysiske og geografiske forhold.

Ekspertgruppen påpeker også i år at det er økende smittepress i de nordlige områdene samtidig som det er flere produksjonsområder (PO8, PO9 og PO11) som har svært lite observasjonsdata av luseforekomster på villfisk.

Ekspertgruppen er samstemt i sine konklusjoner.

1 Bakgrunn og introduksjon

Produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon. 2017a) deler kysten inn i 13 produksjonsområder (POer), hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme omfanget av den samlede produksjonen av laksefisk i produksjonsområdet. Avgrensingen av POene er basert på at det skal være minst mulig spredning av lakselus mellom områdene (Ådlandsvik, 2015). Stortingsmelding 16 2014-2015 (Anon. 2015) legger til grunn at status innen hvert PO i første omgang skal være basert på dødelighet på utvandrende postsmolt av laks, førstegangsutvandrende postsmolt av sjøørret og sjørøye, og på beitende sjøørret og sjørøye som en konsekvens av smitte med lakselus fra oppdrettsanlegg. Andre bærekraftsindikatorer skal eventuelt tillegges vekt i fremtidige arbeid.

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

Ekspertgruppen har siden 2016 mottatt årsspesifikke mandater fra NFD via Styringsgruppen og har svart på disse i årsrapporter med en grundigere gjennomgang i hvert oddetallsår (2017, 2019 og 2021). I 2020 ble det laget et mer generisk mandat som gjelder for flere år. Brevet fra departementet til Styringsgruppen definerer følgende:

«Ekspertgruppen skal hvert år gjøre en grundig naturfaglig vurdering av hvordan vill laksefisk påvirkes av lakselus i hvert enkelt produksjonsområde.»

Og videre i mandatet

«Mandat Ekspertgruppe

Ekspertgruppen opprettes av Styringsgruppen for to år av gangen. Den skal settes sammen så bredt som mulig av personer med kompetanse på feltet og med evne til å gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap, for å komme med en enhetlig vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Ekspertgruppen skal ha kompetanse på både oppdrettsfisk og villlevende laksefisk. Størrelsen på gruppen må vurderes ut ifra hva som er hensiktsmessig. Ekspertgruppen rapporterer til Styringsgruppen.

Ekspertgruppen skal innen 15. oktober hvert år utarbeide en statusrapport for lakseluspåvirkning i produksjonsområdene. Rapporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender. Usikkerheten i vurderingene må komme tydelig fram.

Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet dekker sine utgifter til dette arbeidet innenfor sine bevilgninger fra departementet. Havforskningsinstituttet dekker i tillegg utgifter til de øvrige involverte parter innenfor sine rammer.

Rapportene som leveres skal legge hovedvekt på påvirkningen på villaks inntil sjøørret og/eller sjørøye er inkludert i trafikklyssystemet.»

Ekspertgruppens mål har vært å gjøre en grundig naturfaglig vurdering av hvordan vill laksefisk påvirkes av lakselus i hvert enkelt produksjonsområde basert på all tilgjengelig kunnskap. Publiserte vitenskapelige artikler og offentlige rapporter er sitert der det er relevant. Metodene som har blitt brukt blir presentert i kapittel 3.

Årets rapport er noe annerledes enn tidligere år som en konsekvens av at trafikklyssystemet har blitt vurdert av en internasjonal evalueringskomite¹ (IEK). For å svare opp noen sentrale anbefalinger, har Ekspertgruppen forbedret metodene basert på evalueringsrapporten (Eliassen mfl. 2021) og i dialog med evalueringskomiteen. De viktigste punktene er:

- 1 *Beskrivelse av hvordan ny kunnskap blir inkludert* – En av anbefalingene fra IEK var å inkludere en god beskrivelse av kriteriene for hvordan kunnskap ble inkludert. En detaljert beskrivelse av hvordan kunnskap blir inkludert i arbeidet finnes nå i starten av kapittel 3.
- 2 *Illustrering av sammenheng mellom modeller og observasjoner* – IEK kom med forslag til en figur for å beskrive sammenhengen mellom observasjoner og modeller, og hvordan disse førte fram til den endelige vurderingen. Ekspertgruppen har fulgt dette rådet, men har laget en litt enklere versjon av figuren for å illustrere hvordan forskjellige metoder henger sammen (Figur 2). I tillegg har vi inkludert en figur som illustrerer hvordan de ulike metodene brukes i vurderingen av lakselusindusert villfiskdødelighet for de forskjellige områdene (Figur 4).
- 3 *Hvordan man estimerer og kommuniserer usikkerhet* – IEK påpekte at så langt det lar seg gjøre bør man kvantifisere usikkerhet for modellresultatene, og at språket for usikkerhet bør være så forståelig som mulig. Vi har stort fokus på å forbedre rapportering av usikkerhet fra de forskjellige metodene. En av de viktigste forbedringene fra tidligere år er at det gjennomføres sensitivitetsanalyser fra modeller og empiriske data for å vurdere hvordan antakelser om utvandringstidspunkt og dødelighetsgrenser påvirker konklusjonen. I tillegg har vi implementert usikkerhetskategoriseringer som er i tråd med IPCC sine retningslinjer².
- 4 *Hvordan ekspertene kommer til en felles vurdering basert på resultatene* («expert elicitation») - En viktig anbefaling fra IEK vedrørende tidligere rapporter har vært at ekspertvurderingene som ligger til grunn for konklusjonene ikke har fulgt en internasjonal standard. I dialog med ekspertene på dette feltet i IEK har vi i år derfor valgt å følge «Sheffield Elicitation Framework» (SHELF), hvor man bruker anonym subjektiv vurdering av sannsynligheter etterfulgt av en gruppediskusjon for å komme fram til et omforent resultat, i form av en sannsynlighetsfordeling. Dette betyr at man i årets rapport rapporterer en sannsynlighetsfordeling, hvor man kan lese ut hvilke av kategoriene (0-10 %, 10-30 %, >30 % lakselusindusert villfiskdødelighet) som vurderes som mest sannsynlig. En nærmere beskrivelse av dette er gitt i kapittel 5.

Mandatet til Ekspertgruppen påpeker at «[r]apporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.». I rapporten fra 2020 skrev vi et eget kapittel om vurderinger av trend. Dette kapittelet

¹ <https://www.forskningsradet.no/siteassets/publikasjoner/2021/an-evaluation-of-the-scientific-basis-of-the-traffic-light-system-for-norwegian-salmonid-aquaculture.pdf>

² Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties, IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties, Jasper Ridge, CA, USA, 6-7 July 2010

var i hovedsak en vurdering av hvordan mengden oppdrettsfisk eller totalt antall lus per areal har endret seg over tid. I 2022 rapporten repeterer vi ikke vurderingene, men oppdaterer figurene og kommenterer om det er noen store endringer, på lik linje med det som ble gjort i 2021.

Mandatet påpeker også spesifikt at Ekspertgruppen skal «*legge hovedvekt på påvirkningen på villaks inntil sjøørret og/eller sjørøye er inkludert i trafikklyssystemet.*». Vi anser det fremdeles som uavklart hva som menes som med «hovedvekt [...] på villaks» gitt at det må tolkes ut fra denne formuleringen at sjøørret og/eller sjørøye ikke er inkludert i trafikklyssystemet. Lakselusindusert villfiskdødelighet på sjøørret er derfor ikke vurdert i denne rapporten. Som i 2021-rapporten har vi derimot også beskrevet under hvert PO om smittepresset øker i etterkant av vår vurdering i den perioden man skal forvente sjøørret og sjørøye oppholder seg i kystnære områder for å beite.

Som tidligere år har Ekspertgruppen i sin vurdering benyttet data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet for lakselus (NALO), resultater fra modellert smittepress og resultater fra modeller som beregner påslag og dødelighet på vill laksesmolt (virtuelle smoltmodeller). I tidligere rapporter har resultatene fra modeller og empiriske data blitt sammenstilt i en tabell. I årets rapport er denne tabellen byttet ut med en generell beskrivelse av hvordan de forskjellige metodene beskriver hendelsesforløpet fram til vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet (Figur 4). Dette er gjort for å poengtere at vurderingene ikke er en additiv prosess hvor hver metode vektet likt, men en ekspertvurdering hvor man forsøker å inkludere informasjonen og usikkerheten i hvert ledd for å enes om en endelig vurdering.

2 Definisjoner og begreper

2.1 Lakselusindusert dødelighet

Lakselusindusert dødelighet er et uttrykk som brukes vitenskapelig for å omtale den delen av dødeligheten hos fisken 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 dødelighet og overlevelse i epidemiologi (Dohoo mfl. 2010). De mest vanlige og relevante i kontekst av luseindusert dødelighet på populasjonsnivå er *risikoforskjell* (RF), *relativ risiko* (RR) og *risikobidrag* (RB).

Risikoforskjell (RF) er differanse i overlevelse mellom gruppen som er påvirket av lakselus og gruppen som ikke er påvirket av lakselus. Det vil si at hvis overlevelsen er 5 % i upåvirket miljø og 4 % i påvirket miljø, blir RF $5 - 4 = 1$ %.

Relativ risiko (RR) er forholdet mellom overlevelsen (eller risikoen) til en upåvirket og påvirket gruppe. For verdiene gitt over ville RR blitt $5 \% / 4 \% = 1,25$. Den sier altså at det er 1,25 ganger større sannsynlighet at fisk fra en gruppe som ikke er påvirket av lakselus overlever, enn om gruppen er påvirket av lakselus (gitt at alt annet er likt).

Risikobidrag (RB) er prosentvis forskjell i størrelse på den overlevende gruppen individer med og uten dødelighet fra lakselus. Dette kan i denne sammenhengen regnes ut direkte fra sjøoverlevelsen som følger $((0,05 - 0,04)/0,05) = 0,2$. Dette betyr altså at 20 % færre fisk overlever når den påvirkes av lakselus, enn om den ikke gjør det. Ekspertgruppen er av den oppfatning at RB gir den mest fornuftige tolkning av dødelighetsbegrepet i Stortingsmelding 16 (Anon. 2015, Tabell 10.1.).

2.2 Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

I dag brukes antall lus per gram fiskevekt for å estimere sannsynlighet for at en utvandrende postsmolt av laks dør på grunn av lakselus. For å kunne beregne dødelighet basert på et slikt mål må man ha en funksjon som relaterer lus per gram fiskevekt til dødelighet, eller grenseverdier for når dødelighet inntreffer. Basert på best tilgjengelig kunnskap har Taranger mfl. (2012) foreslått følgende grenseverdier for laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørørret og sjørøye < 150 g:

- 100 % av individer med >0,3 lus per gram fiskevekt vil dø;
- 50 % av individer med 0,2-0,3 lus per gram fiskevekt vil dø;
- 20 % av individer med 0,1–0,2 lus per gram fiskevekt vil dø;
- 0 % av individer med < 0,1 lus per gram fiskevekt vil dø.

Denne utregningsmetoden benyttes både i Havforskningsinstituttets (HI) risikovurdering (Taranger mfl. 2015; Grefsrud mfl. 2021) og i ”Kvalitetsnormer for laks - anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander” fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) (Anon. 2011).

Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012) er basert på relativt få laboratorieforsøk og vurderinger av data fra felt, og verdiene må betraktes som veiledende og som førstegenerasjons indikatorverdier. 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 avvike fra det som registreres i laboratorieundersøkelser med sammenlignbare infestasjoner. Effektene av lakselus har vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks påvirket av dårlig vannkvalitet (Finstad mfl. 2007), sykdom (Barker mfl. 2019) eller redusert vekst i havet (Vollset mfl. 2019). Videre kan svekket fisk i naturen utsettes for en økt predasjonsrisiko (Thorstad mfl. 2012), ha dårligere vekst eller endret risikovillighet, og dette vil påvirke blant annet alder ved kjønnsmodning og investering i reproduksjon (Miller mfl. 2014). Et redusert immunsystem kan 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 terskelnivåer for dødelighet i naturen (Bjørn & Finstad 1997). På den andre siden kan ikke fisken reagere atferdsmessig på lusepåslaget i laboratoriet, det vil si at den ikke kan søke til avlusingsområder med lav saltholdighet. Det er ikke dokumentert prematur tilbakevandring hos utvandrende postsmolt av laks.

2.3 Faktorer som påvirker populasjonsvekst, men ikke dødelighet

Vår oppgave som Ekspertgruppe er å spesifikt vurdere lakselusindusert villfiskdødelighet. Parasitter kan også påvirke verten på måter som ikke er direkte dødelige, men som allikevel påvirker populasjonsveksten og evolusjonen til de ville laksefiskpopulasjonene. Det er utfordrende å kvantifisere slike effekter direkte, men det er argumentert i definisjonene av grenseverdiene at slike effekter er tatt høyde for (Taranger mfl. 2012). Vi argumenterer derfor for at slike effekter er inkludert i disse omforente grenseverdiene.

2.4 Ekspertgruppen sin tolking av den estimerte lakselusinduserte dødeligheten basert på grenseverdier.

Det er 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. Studier 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 (Vollset mfl. 2015). Tilsvarende er det vist at veksten til postsmolt bare er påvirket i perioder med dårlig sjøoverlevelse (Susdorf mfl. 2018a, 2018b; Vollset mfl. 2019). Grenseverdiene må altså sees på som gjeldende for gjennomsnittlige forhold i havet.

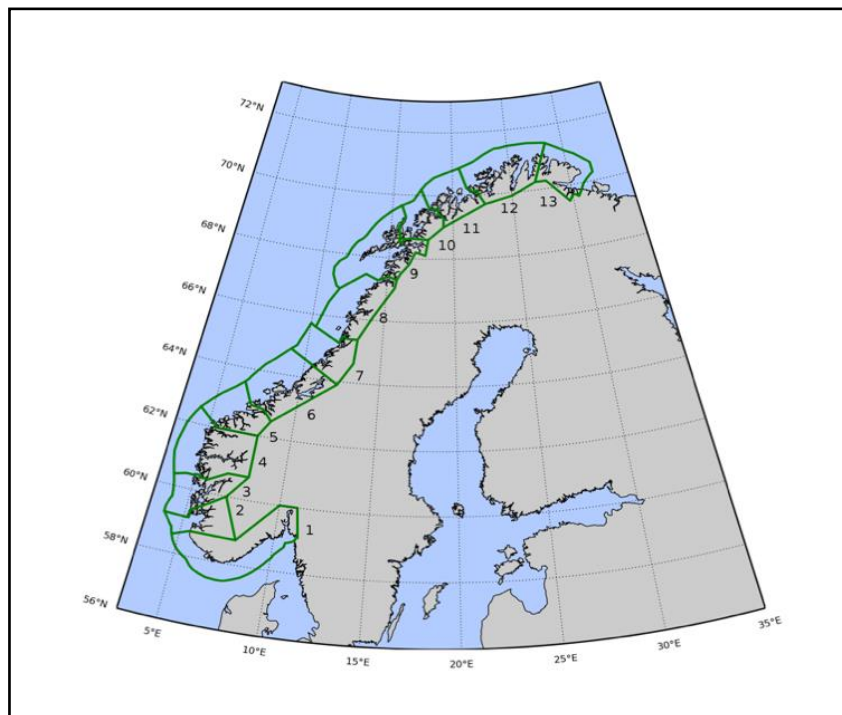
En annen problemstilling er selektiv dødelighet. Dette vil påvirke om dødeligheten som vi regner ut basert på grenseverdier skal sees på som *additiv* eller *kompensatorisk*. Hvis den er additiv anser vi det som sannsynlig at andelen av populasjonen som dør av lakselus ikke har økt sannsynlighet for å dø av andre årsaker enn resten av populasjonen. Hvis den er kompensatorisk anser vi det som sannsynlig at den andelen av bestanden som dør av lakselus også har økt sannsynlighet for å dø av andre årsaker. Et eksempel på dette er størrelsesselektiv dødelighet (Peterson & Wroblewski 1984). Ved å bruke grenseverdier for lakselusindusert dødelighet som er korrigert for vertsfiskens 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. Tallfesting av størrelsesselektiv dødelighet hos utvandrende laksesmolt er krevende, og resultater fra ulike studier er noe sprikende. I enkelte studier er det dokumentert sterk seleksjon (se for eksempel Chaput mfl. 2018, Gregory mfl. 2019), mens i andre studier er det ingen tegn til seleksjon. Sannsynligvis er seleksjonsmønsteret noe som varierer mellom tid og sted, og dermed blir det vanskelig å si noe om effektens størrelse. I et modelleringsarbeid av Vollset mfl. (2019) var det imidlertid ingen indikasjon på at dette hadde store utslag i det endelige estimatet av hvor stor andel av bestanden som døde i løpet av utvandringen.

Vollset mfl. (2019) påpekte også at det er andre faktorer som kan påvirke lakselusindusert dødelighet i naturen. Eksempelvis kan temperaturen som laksesmolten (og lakselusen) opplever etter lusepåslag påvirke hvor fort den relative veksten til vert og parasitt er, og føre til høyere dødelighet når temperaturen er høy. På lik linje vil størrelse og vekst i kritiske faser være viktig for hvor stor effekten av parasitten vil være.

2.5 Produksjonsområder

I Produksjonsområdeforskriften er den norske kysten delt opp i 13 produksjonsområder (Figur 1) basert på en vurdering av sannsynlighet for spredning av lakselus fra oppdrettsanlegg mellom produksjonsområder (Ådlandsvik 2015). Ekspertgruppens mandat er å vurdere hvordan lakselus fra oppdrett påvirker utvandrende post-smolt av laks i disse produksjonsområdene.



Figur 1. Inndeling av kysten i produksjonsområder (Ådlandsvik 2015).

2.6 Bestand, populasjon og populasjonskompleks

Uttrykkene bestand og populasjon brukes om hverandre i norsk lakseforvaltning. I økologi brukes ofte ordet bestand om populasjonsenheter det høstes på, mens populasjon brukes i mer vitenskapelige sammenhenger. Populasjon er 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 (PO). Innen hvert PO er det 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 i en biologisk forstand. For å forenkle denne problemstillingen har vi valgt å bruke uttrykket «bestand» for populasjoner i hver elv, og beskriver konkret når vi beregner snitt eller vektet snitt av effekter for alle bestander innen et PO.

2.7 utfordringer ved å trekke konklusjoner over et helt produksjonsområde

Vektlegging av de enkelte bestandene i en overordnet vurdering av POene (Vollset mfl. 2017) kan gjøres på flere måter. I praksis er det tre tilnæringer man kan se for seg når man skal regne ut populasjonseffekter av lakselusindusert dødelighet:

A: Førre var-tilnærming – Utrekning av lakselusindusert dødelighet skjer kun på bestandsnivå slik at estimatet for et PO 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 PO som dør, eller at man tar snittverdien av alle elver for et område.

C: Andre kriterier – Det siste forslaget er å vekte forskjellige elver basert på et sett med kriterier. Dette kan for eksempel være viktigheten av elven utfra 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 utfra politiske dokumenter eller grad av sårbarhet som i alternativ C. Den eneste muligheten vi har i dette dokumentet er dermed å framlegge utregninger som kan brukes til tilnærming A og B. Hovedproblemstillingen med tilnærming A er at det er knyttet stor usikkerhet til estimatene for hver enkelt elv. I tillegg legger vi stor vekt på observasjonsdata. Disse er, med unntak av tråldata med genetisk tilhørighetsdata, ikke knyttet opp til spesifikke bestander, 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 observasjonsdata, 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, eller Altaelva i Finnmark).

Estimert potensiell smoltproduksjon fra hver bestand er beskrevet i Appendiks Ia. Ved behandling av resultatene fra modellkjøringene blir snittverdier av dødelighet både regnet uvektet av alle elver og vektet basert på smoltproduksjonen. Ekspertgruppen bruker disse verdiene for å vurdere om vektlegging av store vassdrag vil ha en påvirkning på den totale vurderingen i POet. I tilfeller hvor disse to estimatene avviker vil det være naturlig å vurdere

om den geografiske spredningen av teoretisk smoltproduksjon og usikkerheten i disse estimatene vil ha stor påvirkning på den endelige konklusjonen for POet.

2.8 Kvantifisering av dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg

Det er nylig gjort en sammenligning av hvor mange voksne hunnlus det er på villfisk, rømt oppdrettslaks og oppdrettslaks (Dempster mfl. 2021). I dette arbeidet, med fokus på tidsrommet fra 1998 til 2017, ble det vist at oppdrettsfisk hadde en økende betydning som verter for lakselus i hele tidsrommet. I 2017 utgjorde oppdrettslaksefisk 99,6 % av alle tilgjengelige verter for lakselus, og disse var verter for 99,1 % av alle voksne hunnlus i Norge.

Modellberegningene som brukes i denne Ekspertgrupperapport simulerer kun spredning av lus som reproducerer på oppdrettsfisk. Selv om lus fra vill laksefisk og fra rømt oppdrettsfisk også vil bidra med produksjon av larver, vil dette utgjøre en svært liten andel av total produksjon (Dempster mfl. 2021). Derfor er det rimelig at oppdrettsanleggene er brukt som eneste kilde til lakselus i modellberegningene.

3 Metodebeskrivelse

I dette kapitlet beskriver vi i detalj grunnlagsdata, feltobservasjoner, analyser og modellering som brukes til å beregne indekser som brukes til å gjøre vurderinger av lakselusindusert villfiskdødelighet. Vi starter kapitlet med en detaljert beskrivelse av hvordan Ekspertgruppen jobber med å samle inn og inkludere data i ekspertvurderingen.

3.1 Datainkludering i ekspertvurderingen

I mandatet til Ekspertgruppen står det mellom annet at Ekspertgruppen «...skal gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap, for å komme med en enhetlig vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde.» I rapporten fra evalueringskomiteen av trafikkløssystemet (Eliassen mfl. 2021) blir det etterlyst mer dokumentasjon på hvordan Ekspertgruppen har innhentet kunnskap og de kom med to anbefalinger som de mener kan føre til forbedringer i fremtiden.

Hvordan denne delen av mandatet skal oppfattes har vært diskutert i ekspertgruppen ved flere anledninger. All tilgjengelig kunnskap i denne sammenheng vil slik Ekspertgruppen forstår det være publiserte fagfelleverderte artikler, vitenskapelige avhandlinger, data fra overvåkning (spesielt NALO), offentlig tilgjengelige rapporter (fra rapportserier og lignende), andre typer rapporter/data samt ervervet kunnskap som medlemmene i Ekspertgruppen besitter. All litteratur som benyttes i rapportene direkte blir sitert på vanlig måte og listet opp i en litteraturliste som er standard for alt vitenskapelig arbeid.

Fagfelleverdert litteratur

Det er en selvfølgelighet at all relevant internasjonal fagfelleverdert litteratur er en del av kunnskapen som benyttes i vurderinger gjort av Ekspertgruppen. Med ti aktive forskere som medlemmer av Ekspertgruppen på tema særlig relevant for arbeidet til Ekspertgruppen, vil dette sikre kjennskap til det meste av relevant fagfelleverdert litteratur. Lakselus er et relativt lite forskningsfelt internasjonalt, og en stor del av forskningen blir utført i land der man har oppdrett av laksefisk. I forhold til mange andre fagområder er mengden fagfelleverdert internasjonal forskningslitteratur lav, med mellom 150 og 200 nye artikler/år av varierende relevans. Denne litteraturen er også offentlig tilgjengelig i flere ulike databaser som gjør den lett tilgjengelig i form av søk.

Vitenskapelige avhandlinger

Vitenskapelige avhandlinger er mastergradsoppgaver eller PhD-avhandlinger fra norske eller utenlandske universiteter. Dette er kvalitetssikret vitenskapelig litteratur og relevante avhandlinger vil inngå i kunnskapsgrunnlaget til Ekspertgruppen. De aller fleste mastergradsoppgaver og PhD-avhandlinger vil være offentlig tilgjengelig via institusjonen der eksamen er avlagt og de norske er søkbare via Universitetsbiblioteket.

Vitenskapelige rapporter

Mange forskningsinstitusjoner gir ut rapporter i egne rapportserier som er offentlig tilgjengelige. Slike rapporter har et sammendrag, introduksjon, material og metode del, resultater, diskusjon og referanseliste som gjør at resultatene vil være etterprøvbare. De har vanligvis ISSN eller ISBN nummer. Slike rapporter har som oftest en institusjonslogo og det er et system for kvalitetssikring av innhold. Rapportene er typisk tilgjengelige via institusjonen

og noen rapportserier er søkbare via for eksempel universitetsbiblioteket. Slike rapporter (med relevans for arbeidet) vil bli benyttet av Ekspertgruppen og vil bli sitert på standard måte.

Andre rapporter (gråliteratur)

Rapporter eller publikasjoner på relevante tema for Ekspertgruppen som ikke er bygd opp på måten beskrevet for «vitenskapelige rapporter» vil kun unntaksvis bli benyttet av Ekspertgruppen. Slike rapporter (publikasjoner) vil i liten grad være søkbare via ordinære litteratursøk. For at de skal bli benyttet må de ha svært høy relevans for mandatet til Ekspertgruppen (for eksempel smoltutvandring) og de må inneholde en beskrivelse av materiale og metoder, og en tydelig fremstilling av resultatene.

Overvåkingsdata

Resultatene fra NALO (og relaterte prosjekter) er sentrale i den årlige vurderingen til Ekspertgruppen. Overvåkingsdata er i denne sammenheng «ferskvare» siden Ekspertgruppens vurderinger blir gjort kort tid etter overvåkingssesongen er over. Man må derfor benytte resultatene før NALO rapporter er helt ferdig. Metodene for NALO er godt beskrevet tidligere og man har dermed god innsikt i hva som gjøres og hvordan det blir utført (material og metode). Det blir utført noe overvåking utenfor NALO som har relevans for Ekspertgruppen. For at slike data skal benyttes er det viktig at det finnes en god beskrivelse (enten fra tidligere uten vesentlige avvik eller vedlagt årets data) av hva som er gjort og hvordan det er utført (material og metode) samt oversiktlige resultater. Data som ikke inneholder en god metodebeskrivelse (eller bygger på tidligere metodebeskrivelser med henvisning) kan bli utelatt.

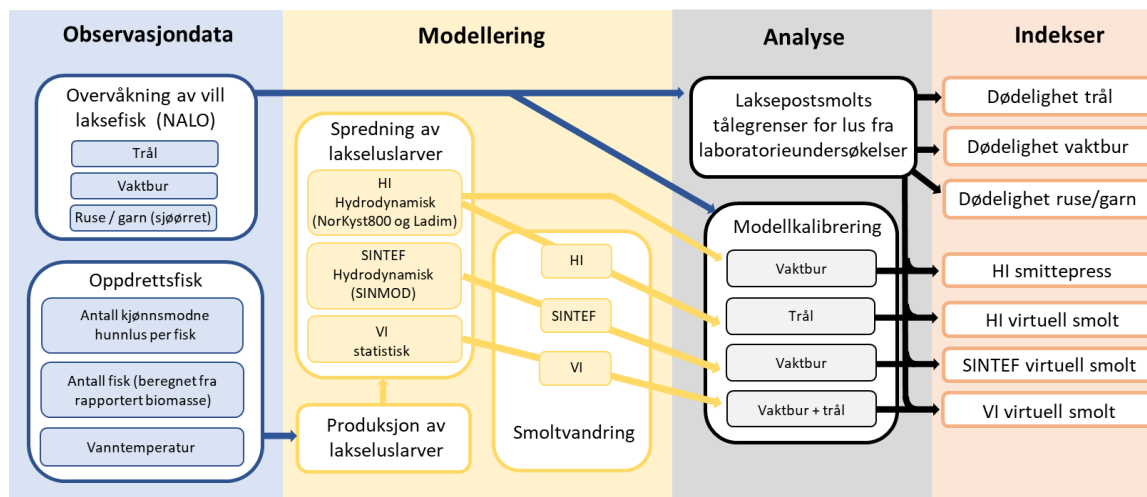
Tidsfrist for andre data er senest 1.9., slik at ekspertgruppen har tid til å vurdere kvaliteten på ny informasjon før det inkluderes i vurderingene.

I 2022 ble det sendt ut invitasjon til online møte for å diskutere eventuelle uklarheter med innsendte data til forskere som tidligere hadde vært i kontakt med ekspertgruppen eller styringsgruppen med ønske om å bidra med data. Denne invitasjonen ble også lagt ut offentlig på hjemmesiden til trafikksystemet.

<https://trafikklyssystemet.no/Aktuelt/ny-informasjon-og-data-til-ekspertgruppen>

3.2 Sammenheng mellom data, modeller og estimater

Den endelige vurderingen av lakselusindusert villfiskdødelighet er et resultat av en rekke datakilder og modeller. Disse er derimot ikke helt uavhengig av hverandre, men er forskjellige måter å komme fram til estimater (eller indekser). Figur 2 er en forenkling, men viser hvordan observasjonsdata fra overvåkning av lus på villfisk samlet brukes til å lage syv indekser som brukes i rapporten for å vurdere lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt.



Figur 2. Skjematisk beskrivelse av sammenheng mellom observasjonsdata (blå), modellering (gul), analyse (grå) og indekser (oransje).

I den følgende teksten beskriver vi i detalj (1) observasjonsdata som brukes i vurderingene og (2) hvordan man modellerer og analyserer data for å beregne de syv indeksene.

3.3 Observasjonsdata

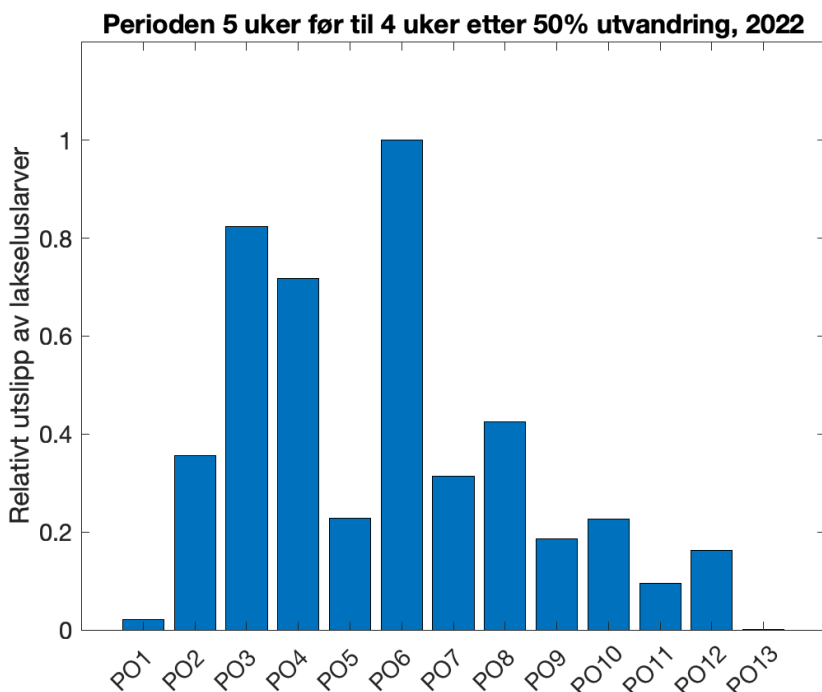
3.3.1 Data fra oppdrett

Egg og nauplieproduksjon

Fra hver kjønnsmodne hunnlus på oppdrettsfisk anslås det at det i gjennomsnitt klekkes 300 egg hver uke (ved 10 °C), og reproduksjonspotensialet er derfor stort (Stien mfl. 2005). I et oppdrettsanlegg med flere hundre tusen fisk vil selv få hunnlus på hver enkelt fisk (også antall som er tillatt i henhold til grenseverdier regulert av Mattilsynet) kunne føre til klekking av flere millioner luseegg hver uke. Lakselus utvikler seg gjennom to larvestadier (nauplier) som ikke er smittsomme til et tredje stadium, kopepodittstadiet, hvor larvene kan feste seg til fisk. Varigheten av stadiene er avhengig av vanntemperaturen (Samsing mfl. 2016). De to naupliestadiene varer i 7 dager ved 7 °C, men bare 2 dager ved 15 °C, mens kopepodittstadiet som altså er den smittsomme fasen varer i 13 og 10 dager ved hhv. 7 og 15 °C (Hamre mfl. 2019). Utviklingen videre, fra kopepodittene har festa seg, til de blir preadulte og voksne stadier er temperaturavhengig på samme måte. Siden temperaturen er høyere i sørlige enn i nordlige deler av landet, utvikles lusen raskere i de sørlige områdene.

Antall egg som klekkes beregnes ut fra rapporterte antall fisk i anleggene, antall hunnlus per fisk og vanntemperatur. Antallet lus som klekkes øker med økende temperatur (Hamre mfl. 2019). En oversikt over relativt utslipp av lakseluslarver fra oppdrettsfisk i hele landet i 2022

er vist i Figur 3. Merk at figuren viser utslipp summert over hvert område, slik at store områder vil ha større utslippstall enn mindre områder for et gitt utslipp per arealenhet.



Figur 3. Relativt utslipp av lakseluslarver i alle produksjonsområder. Utslipet er beregnet rundt tiden hvor laksesmolten utvandrer. Estimatenes for hvert område er delt på verdien fra POet med høyest verdi, slik at tallet (0-1) er relativt til dette.

3.4 Overvåkingsdata

I overvåkingsprogrammet NALO kartlegges smittepresset på vill laksefisk vha. tråling, ruser og garn, samt vaktbur. Hvordan dette gjøres er nærmere beskrevet nedenfor og i Appendiks II.

Vaktbur er ca. 1 m³ lukkede merder som henger fra 0,5 til 1,5 m dybde (Bjørn mfl. 2011). I burene settes ca. 30 laksesmolt som står ute i 14 dager før fisken tas ut og lus telles. Normalt settes det ut 18-20 vaktbur i hvert fjordsystem som overvåkes på relativt faste stasjoner, som er ment å fange opp smittepresset i området. Oppdrettsmolten som benyttes (80-100 g) er betydelig større enn villsmolt (15-25 g), og smittepresset vurderes derfor ut ifra antall lus per fisk, og ikke antall lus per gram fiskevekt. Grenseverdien for lavt smittepress er satt til < 2 lus/fisk/14 dager, moderat fra 2-6 lus/fisk/14 dager og høy > 6 lus/fisk/14 dager. I perioden 2012-2018 ble disse grenseverdiene brukt: lav 1 lus/fisk/14 dager, moderat fra 1-10 lus/fisk/14 dager, og høy > 10 lus/fisk/14 dager. Endringen i 2019 ble gjort fordi det var enklere å sammenligne resultater fra smittepress (ROC metoden) og vaktbur når vi benytter de samme grenseverdiene (se kapittel 2). Vi har tatt hensyn til endringer i grenseverdier når vi har sammenlignet resultater mellom år. I 2022 ble det benyttet vaktbur i Boknafjorden, Hardangerfjorden og Sognefjorden.

Det foretas prøvafiske av sjørret og/eller sjørøye med *ruse og garn* i alle POene. Formålet med lusetellingene på sjørret og sjørøye fra dette prøvafisket er å gi informasjon om smittepresset

på utvandrende laksesmolt. Forutsetningene for en slik bruk av dette som mål på smittepress på laksesmolt er at det er en sammenheng mellom det smittepresset sjøørret og laksesmolten blir utsatt for. Det er vist i tidligere studier at påslagene mellom artene korrelerer (Vollset mfl. 2017), men også at påslagene på ørret er høyere enn på laksesmolt når fisken fanges med samme redskap. Dette må forventes, ettersom de to artene har svært ulik vandringsatferd, og må hensyntas når en vurderer hva et observert påslag på sjøørret ville kunne ha å si for utvandrende postsmolt av laks i samme område.

Ruse er det foretrukne redskap da fisken fanges levende og kan slippes fri i naturen etter telling. Rusene er utstyrt med ledegarn som strekker seg fra land og leder fisken ut til et fangstkammer. Fangstkammeret står 30-50 m fra land på 1-2 m dybde (Barlaup mfl. 2013). Rusene sjekkes minst en gang i døgnet. Fiskene løftes over i kar med bedøvelse, fiskens lengde og vekt registreres, og lus i de ulike stadiene telles. Garnfiske supplerer rusene der rusefiske er utfordrende. Garnene som benyttes er 25 m lange, 1,5-2,5 m dype monofilament flytegarn med maskevidder fra 16 til 26 mm, og de settes fra land og utover. Garnene røktes kontinuerlig for å unngå at fisken dør i garnene av velferdsårsaker, men også fordi mobile lus kan hoppe av om verten dør. Fisk som fanges, klippes ut av garnet, avlives, og lus i de ulike stadiene telles umiddelbart. Fiskens lengde og vekt registreres også. Alle som utfører lusetellinger har bestått kurs i artsidentifikasjon, stadiestemmelse og telling av lakselus. For å estimere effekten av den observerte lusesmitten, benyttes grenseverdiene beskrevet over og i Taranger mfl. (2012). All fisk benyttes i vurderingen, og for hver fisk regnes antall lus i alle stadier per gram fiskevekt. Det skilles ikke på sjøørret og sjørøye. Dødelighetsestimatene presenteres som estimat med konfidensintervaller. Metoden er vurdert i kap. 3.11.

Det *tråles* etter utvandrende postsmolt av laks i 6 fjordssystemer (Bokna-, Hardanger-, Sogne-, Romsdals-, Trondheims- og Altafjorden). Målet med overvåkingen er å fremskaffe data på infestasjon av lakselus på utvandrende villaks postsmolt. Til trålingen benyttes en pelagisk overflatetrål, ca. 35 m bred og 5 m dyp. Det er montert en skillerist i trålen for å lede smolten inn i et akvarium for å minimere skjell- og lusetap (Holst & McDonald 2000). For å estimere effekten av den observerte lusesmitten, benyttes grenseverdiene beskrevet over og i Taranger mfl. (2012). I analysen brukes bare laks. Fisk over 50 g og merket kultivert fisk benyttes ikke i analysene. Det tråles primært i de ytre delene av fjordene på dagtid med 2-4 knop, både med- og motstrøms.

Trålfangstene tas primært i de ytre delene av fjordene, men fisken fanges uansett alltid før den har fullført vandringen i fjordene og langs kysten. Derfor vil det observerte antall lakselus på fisken være underestimerer på den totale lusemengden smolten får på seg i løpet av vandringen fra elvemunning til åpent hav. Havforskningsinstituttet har utviklet en metode for å bestemme hvilken elv den trålfangete fisken kommer fra (Harvey mfl. 2019). Dette gir oss anledning til å vurdere luseinfeksjonen for elvebestandene. Metoden er ikke i stand til å bestemme hvilke vassdrag all fisken kommer fra, men vi antar at utvalget som kan bestemmes fra hver elv er representativt for elven.

3.5 Modeller og analyser

I rapporten brukes resultater fra modeller som beregner fordelingen av lakselus i tid og rom langs hele kysten. Informasjonen fra modellene utfyller observasjonsdataene ved at de dekker hele utvandningsperioden og hele produksjonsområdet, mens observasjonene dekker kun

begrensede perioder og områder. Modellene indikerer derfor om observasjonene er representative, det vil si om den observerte fisken har opplevd høyere eller lavere smittepress enn det typiske for den utvandrende laksepostsmolten i produksjonsområdet det gitte året. Modellene gir også informasjon om sannsynlig lusenivå og luseindusert dødelighet i områder der observasjoner av laksepostsmolt mangler. Det presenteres resultater fra Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet og SINTEF. Alle modellene beregner fordeling av smittsomme lakselus, og tar utgangspunkt i nauplieproduksjonen ved hvert oppdrettsanlegg. Modellene bruker ulike tilnærminger for å spre pelagiske luselarver 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 for vannbåren transport er de samme. Veterinærinstituttet bruker en modell som baserer seg på en statistisk assosiasjon der tettheten av lakselus avtar med avstanden fra utslippspunktet. Modellenes egnethet er vist ved å sammenligne modellresultatene med data fra vaktbur og trålfanget laks. En mer detaljert beskrivelse av de enkelte modellene står under, og fullstendig beskrivelse inngår i Appendiks IV, V og VI, med tilhørende referanser.

3.5.1 Beskrivelse av Havforskningsinstituttets (HI) modellsystem

For å kunne regne ut hvor de smittsomme lakseluslarvene befinner seg til enhver tid, har Havforskningsinstituttet utviklet en modell (eller mer korrekt et system av modeller) som beskriver hvordan lakselus fordeles i vannmassene ved hjelp av vannstrømmer (se Appendiks IV for flere detaljer). Den hydrodynamiske modellen som beregner strøm, saltholdighet og temperatur er kvalitetssikret og validert mot oseanografiske måledata i Asplin mfl. (2020), og miljøtilstanden i 2022 er rapportert i Appendiks III Fysisk miljø-HI. Spredning av lakselus med strømmene simuleres med en partikkelspredningsmodell (LADIM) som er tilgjengelig på <https://github.com/bjornaa/ladim>, og ukentlig 10-dagers gjennomsnittsverdier publiseres på www.lakselus.no. Se Sandvik mfl. (2020) og Appendiks IV for detaljer.

I modellen brukes rapporterte data om antall lus, antall fisk og sjøtemperatur fra alle rapporteringspliktige oppdrettsanlegg til å beregne utslipp (antall) av nyklekte larver fra oppdrettsanleggene (Stien mfl. 2005). Disse larvene opplever temperatur, saltholdighet og strøm (fra den hydrodynamiske modellen, Asplin mfl. 2020) i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om lakselusas utviklingshastighet, atferd og dødelighet blir det beregnet hvordan larvene spres med strømmen, først som ikke-smittsomme nauplier og videre som smittsomme kopepoditter. Sluttproduktet er fordelingen av smittsomme kopepoditter i fjordene og langs hele kysten time for time, noe som gir en god og detaljert oversikt over hvilke områder som til enhver tid har mye eller lite lakseluslarver. Kopepodittetthetskartene (f.eks. Figur 4 i Appendiks IV) viser stor romlig variasjon, med en klar tendens til oppsamling langs land, og i fronter og virvler. Det er også en kraftig økning av lus utover våren/sommeren i de fleste produksjonsområdene. Kopepodittkonsentrasjonen er summert over 0-2 meters dybde, hvor det er antatt at postsmolten befinner seg. Hvor mye smitte villfiskene utsettes for vil henge sammen med antall lakseluslarver i området.

Kopepodittetthetskartene gir et godt bilde på relative forskjeller innen et område, men det kan være vanskelig å tolke hvor og når lusemengden er så stor at den vil gjøre skade på de ville laksefiskene. Havforskningsinstituttet har derfor utarbeidet **to** produkter som er en **tolkning** av kopepodittkonsentrasjonen. Det ene produktet betegnes *HI kalibrert smittepress* eller *ROC (Relative Operating Characteristic)* etter metoden som er benyttet til å beregne smittepress fra

tetthetskartet. ROC har blitt kalibrert mot observert lusepåslag på kultivert laksesmolt som har stått 2-3 uker i vaktbur i sjøen, beskrevet i Sandvik mfl. (2016, 2020, 2021) og Appendiks IV. Det andre produktet er *HI virtuell smolt* der konsentrasjonen av kopepoditter er kalibrert mot observert lusepåslag på vill laksesmolt som er fanget med trål, som beskrevet i Johnsen mfl. (2021) og Appendiks IV. I Myksvoll mfl. (2020) er begge metodene anvendt i kombinasjon for å illustrere hvordan metodene utfyller hverandre.

HI kalibrert smittepress (ROC)

Verdiene i *HI smittepress* er satt på bakgrunn av en samlet vurdering av: 1) horisontalt smittepresskart, 2) indeks som viser tidsutvikling og estimert risiko for høy negativ påvirkning av smolt for hele området rundt beregnet utvandringstidspunkt.

ROC-kartene (for eksempel Figur 5a i Appendiks IV) kan lettest tolkes som resultatet fra virtuelle vaktbur som har vært utplassert i et finmasket rutenett i alle fjordsystemene og langs kysten. Fargene indikerer at fisk som oppholder seg i områder med høyt smittepress (rødt) i hele den angitte perioden (30 dager, se Appendiks IV), mest sannsynlig vil få på seg mer enn 6 lus, mens fisk som oppholder seg i område med lavt smittepress (grønt) vil få på seg mindre enn 2 lus. I områder med middels smittepress (gult) vil fisken få på seg mellom 2 og 6 lus (basert på Taranger m.fl. 2015 for fisk på 20 g).

Beregning av indeks

For å gi et objektivt mål på i hvor stor andel av arealet til et PO det er sannsynlig med høyt påslag av lakselus på vill laksefisk, er det definert en indeks:

$$I = \frac{\text{Areal Rød}(30d) + 0.5 * \text{Areal Gul}(30d)}{\text{Areal antatt leveområde}} * 100,$$

der "Areal Rød (30d)" og "Areal Gul (30d)" er henholdsvis størrelsen på det røde og gule området, og "Areal antatt leveområde" er totalarealet avgrenset av en linje som ligger 9,6 km fra land (se figurer i Appendiks IV for utbredelse). Indeksen er videre beregnet som en 30 dagers glidende sum (f.eks. Figur 5b i Appendiks IV), og deles i tre kategorier: høy, moderat og lav, som referer til andel av areal med sannsynlighet for høyt påslag på > 30 %, 10-30 % og < 10 %. Dette er et grovt anslag, men utfyller observasjonene på en god måte ved å beskrive både hvor i POet smittepresset er høyt (ROC-kart), i hvor stor del smittepresset er høyt (indeks), og hvordan indeksen varierer i tid.

HI Virtuell smolt

For å tallfeste hvor mange kopepoditter en virtuell postsmolt av laks får på seg når den svømmer gjennom den modellerte lusekonsentrasjonen, bruker vi vandringsmodell som følger postsmolten fra den forlater elven til den når ut til havet. Antall lus på den virtuelle smolten er kalibrert mot antall lus på trålfanget laksesmolt. For å beregne dødelighet er terskelverdiene i kapittel 2 («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk») benyttet. Det er regnet ut dødelighet for postsmolt fra alle elver i POene. En detaljert beskrivelse av metoden og resultat er gitt i Appendiks IV. Det er videre beregnet et uvektet gjennomsnitt innen hvert PO. For å gjøre en vurdering av modellresultatenes følsomhet til variasjoner i tid, og til hvor mye lus fisken tåler er det gjennomført modellkjøringer hvor disse parameterne er variert.

3.5.2 Beskrivelse av Veterinærinstituttets (VI) modellsystem

VI har utviklet en modell for beregning av luseindusert dødelighet hos utvandrende laksesmolt. Dette er en sammensatt modell, der sentrale prosesser som leder opp til risiko for dødelig luseinfestasjon modelleres stegvis fra lakselusens reproduksjon til påslag på utvandrende laksesmolt. Til slutt kvantifiseres risiko for at fisken dør på grunn av infestasjonen.

Steg 1, smittepressmodellen: Her beregnes smittepress med opphav i oppdrettsanlegg langs kysten. Dette gjøres ukentlig med bakgrunn i rapporterte tall for reproduktive hunn lus, antall fisk og temperatur ved alle aktive lokaliteter langs kysten. Disse dataene benyttes til beregning av eggproduksjon, utviklingstider til smittsomme luselarver og larvenes dødelighet i løpet av utviklingstiden (basert på estimater fra bl.a. Stien mfl. 2005, oppdatert med nye studier som beskrevet i Stige mfl. 2021). Fra hvert anlegg spres larvene ut i vannmassene med avtakende konsentrasjon med økende sjøavstand (Kristoffersen mfl. 2014, Aldrin mfl. 2019, Stige mfl. 2021). Det resulterende smittepresset tar også hensyn til temperaturavhengighet i larvenes evne til å feste seg til laksesmolten. Smittepresset vises fortløpende i kart (www.vetinst.no/lusekart) og brukes som inngangsdata i påslagsmodellen.

Steg 2, påslagsmodellen: Her benyttes observerte lusepåslag på laksesmolt til å beregne antall lusepåslag per fisk per uke (påslagsrate) som en funksjon av smittepress. Før 2022 var bare data for kultiverte laksesmolt i vaktburforsøk tilgjengelige for disse analysene, men fra og med 2022 inkluderes også data for trålfanget vill laksesmolt med genetisk identifisering til opphav selv, altså hvilken elv fisken har vandret ut fra. Funksjonen for påslagsrate tilpasses som en negativ binomial regresjonsmodell som tallfester hvor mange lus hver smolt får på seg avhengig av smittepresset og hvor mange dager smolten utsettes for smittepresset. Modellen beregner også forskjellen i påslagsrate mellom smolt i vaktbur og trålfanget smolt. Regresjonsmodellen brukes senere til å simulere lusepåslag på virtuelle smolt i smoltens utvandningsrute. Her kalibreres påslagsraten til nivået i tråldataene, siden disse mest direkte måler lusepåslaget på utvandrende vill laksesmolt. Regresjonsmodellen tallfester også hvor mye lusepåslagene varierer mellom produksjonsområder og år på grunn av andre faktorer enn det beregnede smittepresset. Denne variasjonen representerer den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå for et gitt beregnet smittepress. For å vise usikkerheten i sammenhengen mellom beregnet smittepress og observert lusenivå blir denne variasjonen brukt til å beregne et beste og et verste scenario. Beste scenario er 5-prosentilet og verste scenario er 95-prosentilet i variasjonen og tilsvarer å henholdsvis dele eller gange det forventede lusepåslaget på hver fisk med en faktor 5,7. Scenarioene representerer dermed et 90 % konfidensintervall for erfaringsbasert variasjon i lusenivå. Denne variasjonen kan også tolkes direkte som mål på lusepåslag justert til observasjonene fra vaktburforsøk og/eller trål for de enkelte produksjonsområder og år der slike data foreligger.

Steg 3, utvandningsmodellen: Her brukes påslagsmodellen til å beregne påslag på utvandrende smolt fra alle vassdragene. Modellen beregner påslaget for hvert vassdrag på tre ulike tidspunkt; ett ved utvandningsperiodens startdato, ett ved midlere dato for utvandring, og ett ved sluttdato. Det antas at smolten beveger seg korteste vei i sjøavstand fra elveutløp til hav, med en hastighet på 10 km per dag (Vollset mfl. 2016, Halttunen mfl. 2018). Langs sin vei oppholder smolten seg i kjente smittepress i en kjent tidsperiode, slik at akkumulerte påslag kan beregnes ved hjelp av påslagsmodellen.

Steg 4, dødelighetsmodellen: Utvandnings- og påslagsmodellen brukes så til å simulere lusepåslag på 100.000 virtuelt utvandrende smolt, der antall lus per fisk er negativ binomialfordelt. Dødelighetsprognoser for 20 grams smolt (Taranger mfl. 2012, Kapittel 2) brukes videre til å beregne andel døde av de virtuelle smoltene.

Steg 5, oppsummering: Dødelighet for smolt som vandrer ut ved startdato, ved midlere utvandningsdato og ved sluttdato fordeles over hele utvandningsperioden etter en bestemt fordeling, og en samlet dødelighet for hele utvandningsperioden beregnes.

Resultatene presenteres både på vassdragsnivå og på produksjonsområdenivå. For hvert produksjonsområde oppgis flere modellresultater: Forventet dødelighet er gjennomsnittlig dødelighet for simulerte utvandrende («virtuelle») laksepostsmolt, beregnet utfra det kalkulerte smittepresset.

Vi oppgir også sannsynlighetsfordelingen for den gjennomsnittlige dødeligheten. Sannsynlighetsfordelingen representerer variasjonen i observert lusenivå på postsmolt mellom produksjonsområder og år for et gitt modellert smittepress. De «verste» og «beste» scenarioene representerer 5 % og 95 % kvantilene i denne fordelingen, men vi viser også hele fordelingen og beregner sannsynligheten for at dødeligheten skal være i kategorien lav (0-10 %), moderat (10-30 %) eller høy (30-100 %).

For produksjonsområder der vi har observasjoner av lus på postsmolt fanget i trål eller fra vaktburforsøk, oppgir vi også en justert dødelighet. Den justerte dødeligheten justerer dødeligheten til observasjonene av lusenivåer på postsmolt i det gitte produksjonsområdet og året. Dersom lusenivået på den observerte postsmolten er lavere enn forventet utfra det modellerte smittepresset, justeres dødeligheten ned. Dersom lusenivået på den observerte postsmolten er høyere, justeres dødeligheten opp. Justeringen er basert på den statistiske område-årseffekten i modellen og bruker observasjoner av lusenivåer på postsmolt både fra trål og bur.

I utregningen av forventet og justert gjennomsnitt teller hver elv likt, slik at gjennomsnittet representerer gjennomsnittselva i produksjonsområdet. Store og små bestander blir da likt vektlagt. I tillegg oppgir vi et vektet snitt, der dødeligheten i hvert vassdrag vektetes med potensialet for smoltproduksjon i vassdraget. Det vektete gjennomsnittet representerer tapet i den totale smoltproduksjonen i området, med liten vekt lagt på små bestander.

For produksjonsområder med observasjoner av lusenivåer på postsmolt, baseres modellens konklusjon for dødelighetskategori (lav, moderat eller høy) på den justerte dødeligheten. For produksjonsområder uten slike observasjoner, baseres konklusjonen på den forventede dødeligheten. Tilsvarende er sensitivitetsanalyser (se “Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering”) og vektete gjennomsnitt beregnet med utgangspunkt i den justerte dødeligheten der det er mulig, ellers med utgangspunkt i den forventede dødeligheten.

3.5.3 Beskrivelse av SINTEFs modellsystem

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 modul. Egg som slippes fra anleggsposisjonene spres med simulert strøm. Feltet av luselarver er i tillegg gitt en vertikal adferd der de svømmer oppover for å holde seg i de øvre 7 m av vannsøylen, eller nedover for å unngå for ferske vannmasser (mindre enn 20 promille i saltholdighet). Utviklingshastigheten fra nauplier til smittsomme kopepoditter avhenger av vanntemperatur og det er videre antatt en konstant dødelighet. Modellen bruker mest mulig realistiske inputdata (f.eks. vind, ferskvannsavrenning, tidevann osv.) og data for hvor mange egg som slippes ut på ulike lokaliteter. Resultatet er en tidsutvikling av konsentrasjonsfelt av smittsomme kopepoditter som brukes for å beregne smittepress på utvandrende smolt. Smoltmodellen som SINTEF har brukt er også koblet til den hydrodynamiske modulen i SINMOD. Her er det antatt at den virtuelle smolten svømmer i de øverste 4 m med strømmen og med en svømmehastighet på en kroppslengde per sekund. I tillegg er de virtuelle smoltene gitt en drift utover mot kysten ut fra beregnet korteste avstand fra hvert gridpunkt til grunnlinjen. Metoden gir variasjon i utvandningsruter, men den forutsetter også at strømmen går utover i overflaten i fra elvemunning til kyst. Dette er ikke alltid tilfelle. Modellen vil derfor mangle data for enkelte elver. Burdata fra 2018, 2019 og 2020 er brukt for å beregne sannsynlighet for påslag av lus ut fra modellert konsentrasjonsfelt. Påslag beregnes ut fra integrert smittepress under utvandring for hver virtuelle smoltpartikkel. Dødelighet beregnes deretter ut fra grenseverdiene i kapittel 2 («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk»). Modellen gir estimater for elver i PO 2 til 7. Mer informasjon om modellsystemet finnes i Appendiks VI.

3.6 Oppdatering av metoder for 2022-sesongen.

Det skjer stadig utvikling av metodene som blir brukt i vurderingene. I den følgende teksten oppsummerer vi de viktigste endringene i forhold til tidligere Ekspertgrupperapporter som er gjort i de forskjellige metodene.

3.6.1 Endring i innsamling av observasjonsdata

Metodene for telling og innsamling av fisk er ikke endret fra tidligere år, men prøvetakingstidspunkt og stasjoner er noe endret fra tidligere år på grunn av lokale forhold og endringer i NALO-programmet sine prioriteringer. Disse endringene er vurdert i Appendiks II. Observasjonsdata er publisert på www.nmdc.no.

3.6.2 Oppdatering av HI sine modellsystemer

Havforskningsinstituttets modellsystem er basert på publikasjonene om den hydrodynamiske modellen (Asplin mfl. 2020), kalibrert smittepress (Sandvik mfl. 2016, 2020, 2021) og virtuell smoltmodell (Johnsen mfl. 2021). Det er ikke gjort endringer i smittepressmodellen og VPS-modellen for 2022-sesongen relativt til 2021, men det er gjort ny kalibrering for årene 2018-2022 grunnet endringer i det hydrodynamiske modelloppsett, som beskrevet under. For å si noe om følsomheten til tidligere/senere utvandring og den antatte toleransen for lakselus, har smoltmodellen blitt kjørt flere ganger med ulike toleransegrenser. I årets vurdering er de antatte høyere/lavere tålegrensene noe endret i forhold til tidligere år. Vi har brukt de samme grensene som i Risikovurdering for norsk fiskeoppdrett 2022 (<https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-13#sec-1-9> tabell 1.1).

I 2022 har modelloppsettet for den hydrodynamiske modellen som smittepressmodellen (ROC) og vandringsmodellen (HI virtuell smolt) bruker resultater fra (temperatur, saltinnhold og

strøm) blitt endret. En ny versjon av Norkyst800 er under utvikling av Meteorologisk institutt (MET) og HI i samarbeid, men ble ikke ferdigstilt i tide til årets trafikklysvurdering. Det var heller ikke mulig å forlenge det gamle modellarkivet, og vi måtte derfor lage et nytt modelloppsett for årets kjøring. Selv om simuleringen av strøm og hydrografi som er gjort for 2022 (2018 – 2022) er gjort med en annen modellversjon enn tidligere, gir den strøm, salt og temperatur som i grove trekk er lik resultatene fra den forrige modellversjonen, med noe avvik enkelte steder og tider, som beskrevet i Albretsen mfl. (2022). Når den nye modellversjonen av Norkyst800 er ferdigstilt vil alle årene fra 2012 til 2022 simuleres om igjen. Dette vil gi et konsistent modelldatasett for hele tidsperioden.

3.6.3 Oppdatering av VI sine modellsystemer

Veterinærinstituttets virtuelle smoltmodell er også oppdatert, med følgende endringer etter rapporten fra 2021 (se Appendiks V for detaljer):

- Påslagsraten er kalibrert mot lusetall på utvandrende vill laksesmolt fanget i trål. I tidligere analyser har kalibreringen blitt gjort mot lusetall på kultivert smolt i vaktburforsøk. Denne endringen medfører om lag 10 ganger høyere lusepåslag og en tilsvarende høyere dødelighet for et gitt smittepress (Stige mfl. 2022).
- Utvandringshastigheten til den virtuelle smolten er satt til 10 km per dag. I tidligere analyser ble utvandringshastigheten satt med en annen funksjon, som fastsatte hvor mange 100-meters kartpikslers utvandringruten krysset per dag. Det ble antatt en utvandringshastighet på 7 km per dag dersom utvandringen var parallelt med kartpikslene. Denne endringen medfører kun små endringer i dødelighetsestimater når påslagsraten kalibreres mot tråldata (Stige mfl. 2022).
- Det korrigeres nå for at kalibreringsdataene hovedsakelig representerer tidlige lusestadier, mens det er de senere (mobile) lusestadiene som forårskader skader på fisken. Vi antar nå at 40 % av lusene faller av eller dør før de utvikler seg til mobile stadier. Denne endringen medfører 40 % lavere lusetall og tilsvarende reduksjoner i dødelighetsestimatene.
- Det er gjort en mindre justering av den antatte sammenhengen mellom antall lus per fisk og lakselusindusert dødelighet. Vi antar nå at >6 lus gir 100 % dødelighet, mot ≥ 6 i fjorårets rapport. Denne endringen er gjort for at oversetting av tålegrenser i lus per gram fiskevekt (avsnitt 2.2) til lus per fiskeindivid skal gjøres på en konsistent måte i de ulike modellene brukt i Trafikklyssystemet. Endringen medfører marginalt lavere dødelighetsanslag.
- Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen tallfester nå variasjonen mellom kombinasjoner av produksjonsområde og år basert på data fra smolttråling og vaktburforsøk fra 2012 til 2022. I tidligere analyser tallfestet den tilfeldige effekten variasjoner mellom område, år og periode basert på data fra vaktburforsøk 2012 til 2020. Denne endringen gjør det mulig å beregne lakselusindusert dødelighet justert til observasjonene av lakselus på postsmolt i et gitt produksjonsområde og år (beskrevet i neste punkt).
- I tillegg til å presentere den forventede dødeligheten for hvert produksjonsområde og år med beste og verste scenarier, presenteres dødelighetsestimater som inkluderer den tilfeldige effekten. Ved å inkludere den tilfeldige effekten, justeres dødeligheten i henhold til observasjonene av lus på smolt fra vaktbur og/eller trål for det gitte produksjonsområdet og året. Den justerte dødeligheten er et tilleggsprodukt fra modellen som bidrar til tolkningen av observasjonsdataene.

3.6.4 Oppdatering av SINTEF sine modellsystemer

I SINTEF sin tilnærming brukes en hydrodynamisk modell koblet til en spredningsmodell for lus og en virtuell smoltmodell. Den hydrodynamiske modellen er under kontinuerlig utvikling, men det er kun gjort mindre tekniske justeringer siden 2021. Den Eulerske modellen for spredning og utvikling av pelagiske stadier av lakselus er ikke endret. Modellering av drift for smolt er ikke endret fra 2021.

4 Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen

4.1 Laksepostsmoltens tålegrenser for infestasjonsnivå av lakselus

Ekspertgruppen har tidligere påpekt at grenseverdiene bør gjennomgås og evalueres på nytt; både av hensyn til at de kan være 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. I størrelsesorden 30-40 % av lusene kan dø fra påslag til de bevegelige stadiene, men vi kjenner også til forsøk hvor overlevelsen til lus har vært over 80 % eller tilnærmet 0 %. For lettere å kunne sammenlikne resultater og bruke resultatene i trafikklysarbeidet bør dødeligheten til lusen hensyntas i kommende forsøk og beregninger. Et eksempel på dette er at man hos postsmolt av laks tatt i trål hovedsakelig observerer fastsittende stadier. Gitt en dødelighet fra de fastsittende til de mer skadelige preadulte og adulte bevegelige stadiene, vil sannsynligvis lusemengden på postsmolten tatt i trål være et overestimat av hvor mange lus som til slutt ender opp som mer virulente preadulte stadier. Samtidig er det også vanskelige å observere alle små stadier av lus. Ekspertgruppen har hensyntatt dette i sine vurderinger både ved å eksplisitt diskutere hvordan dette kan påvirke estimatene, men også ved at modeller (HI og VI virtuell smolt) har inkludert en dødelighet på ~40 % fra påslag til mobile stadier.

Siden 2012 er det gjort undersøkelser på oppdrettet, kultivert (1. generasjon villfisk), samt villfanget smolt. I 2019 ble det i appendiks til Trafikklysrapporten vurdert om det var tilkommet ny informasjon som gjorde at man burde revurdere disse grensene (jfr. Appendiks XI, 2019). I dette appendikset er det vist at forsøk med oppdrettet og kultivert fisk kan indikere noe høyere grenseverdier for dødelighet enn hva som blir benyttet. Disse forsøkene indikerer dødelighet fra ca. 0,2 lus/g, og økende opp mot ca. 0,6 lus/g. Fysiologiske effekter ses fra ca. 0,2 lus/g, og det er observert tapt tilvekst. Nullvekst ble i det ene forsøket estimert fra 0,5 lus/g. Resultatene fra to av forsøkene med trålfanget vill laksesmolt, både naturlig og kunstig smittet, støtter opp under de grensene for dødelighet som er foreslått (Taranger mfl. 2012), mens det siste forsøket indikerer noe høyere grenseverdier (100 % dødelighet ved > 11 lus per fisk, dvs. ca. 0,5 lus/g fisk).

Oppdrettet og kultivert fisk, samt de førede villfiskgruppene er større enn villfisk, og kondisjonen er i utgangspunktet bedre, og trolig er det forskjeller i atferd, fysiologisk respons, skinntykkelse/slimlag, og sammensetting. Overføringsverdien fra laboratoriet til naturen bør derfor vurderes med varsomhet. Det som ytterligere kompliserer overføringsverdien, er de vesentlige forskjellene mellom et liv i et beskyttet karmiljø og naturen. Det er flere faktorer som vil kunne underestimere dødeligheten i naturen som ikke fanges opp i karforsøk, eksempelvis predasjon, tapt evne til beiting, effekt av redusert vekst og atferdsendringer. Villfisk som tas ut av sitt naturlige miljø og settes i kar opplever trolig miljøendringen som et vesentlig stressелеment, og karforsøk med villfanget fisk kan derfor overestimere dødeligheten om denne fisken ikke tilvenner seg karforholdene.

Etter en gjennomgang av ny informasjon siden 2012 ble det derfor i appendiks fra 2019 konkludert med at en ikke har grunnlag for å endre grenseverdiene foreslått av Taranger mfl. (2012). Det anbefales videre forskning på sammenhengen mellom luseinfestasjon og effekter

(vekst, atferd, dødelighet, fysiologisk respons) på vill laksefisk, og da resultater fra karforsøk vanskelig kan overføres til naturen, anbefales videre forsøk også gjort i naturen.

Arbeidet med effekter av lakselus på kunstig infisert kultivert postsmolt av laks med en snittvekt på 40 g er publisert (Fjelldal mfl. 2020). Her ble det konkludert med at både fysiologiske effekter og dødelighet ble observert på fisk med mer enn 0,2 lus/g fiskevekt. Siste dag i forsøket ble det tatt ut 10 døende fisk, disse hadde i snitt 0,6 lus/g, mens fisk som ikke ble klassifisert som døende da hadde i snitt 0,37 lus/g. Siden det var stor dødelighet på slutten av forsøket, må en anta at dødeligheten som her er observert (29,7 % i den lusesmittede gruppen når døende fisk siste dagen er inkludert) er minimumsestimater. I et oppfølgingsforsøk med kultivert laks på ca. 300 g smittet med i snitt 0,08 og 0,35 lus/g ble det ikke funnet noen sammenheng mellom dødelighet og luseinfeksjon, eller luseinfeksjon og grad av kjønnsmodning hos hannene, men det var en negativ effekt av infeksjon på vekst og kondisjonsfaktor (Fjelldal mfl. 2022).

Det er også nylig publisert to nye artikler fra laboratorieforsøk fra Canada (Godwin mfl. 2020, Metcalf mfl. 2021). Disse studiene rapporterer ikke antall lus per fisk eller hvor mange lus som er grenseverdi for dødelighet, men fokuserer på hvordan lusepåslag («zero», «low» (median 1,6 lus), «high» (median 6,8 lus)) og temperatur kan vekselvirke og at overlevelse, vekst og kondisjon forverres i gruppen med moderate og høye lusepåslag når temperaturen øker. Resultatet støtter altså konklusjonen fra en rekke publikasjoner som påpeker at effekten av lus er kontekstavhengig (se for eksempel Vollset mfl. 201).

Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i tålegrenser er tallfestet for HIs, VIs og SINTEFs virtuelle-smoltmodeller, samt for ruse/garn og trålobservasjonene ved å vurdere hvordan endrede tålegrenser endrer dødelighetsestimatene.

4.2 Mellomårlig variasjon og sesongutvikling

I alle POer er det forholdsvis lite kopepoditter tidlig på våren, og mengden kopepoditter øker kraftig utover våren/sommeren i de fleste POene. Variasjon/usikkerhet i tidspunktet for når smolten fra de ulike elvene vandrer mot havet vil for enkelte POer være sammenfallende med det tidspunktet da antall kopepoditter øker mest. Tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter innen hvert PO gir derfor nyttig informasjon når usikkerheten i resultatet skal diskuteres. I årets rapport er datoer for utvandningsperiodene basert på Vollset mfl. 2021 (som i 2021). Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i utvandringstidspunkt er tallfestet for HIs, VIs og SINTEFs modeller.

4.3 Usikkerhet i kildeleddet

Både antall lakselus på oppdrettet laksefisk, antall fisk og temperatur 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). Det har ved flere anledninger blitt påpekt at det er behov for informasjon om eksakt dato for når de rapporteringspliktige observasjonene ble foretatt. Per dags dato rapporteres antall lus per fisk og temperatur i 3 m dyp en gang i uken (med ukenummer som tidsangivelse) og antall fisk (biomasse) en gang i måneden (også denne uten at dato er oppgitt)

og det oppgis ikke når tellingen er foretatt i forhold til evt. avlusing. Da slakterier ikke rapporterer antall fisk eller antall lus per fisk i slaktemerdene, samt at anleggene er fritatt for telling av lus dersom all fisken slaktes ut innen 14 dager etter at tellingen skulle vært utført, og stamfiskanlegg kan unntas fra telling, bidrar dette til en unødvendig usikkerhet i modellestimatene.

4.4 Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus

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 og diskusjon i Brooker mfl. 2018). For eksempel vil høy predasjon av de frittlevende lusestadiene føre til overestimering av smittepresset og lav predasjon til underestimering. Siden smoltmodellene kalibreres med observasjonsdata vil vi ikke forvente at dødeligheten til de pelagiske stadiene av lakselus medfører systematisk over- eller underestimering av lusepåslag. Slik dødelighet er imidlertid en av faktorene som bidrar til at observerte lusenivåer er forskjellig fra modellprediksjonene. Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i sammenhengen mellom modellert og observert lusenivå tallfestes i Veterinærinstituttets virtuell-smoltmodell.

4.5 Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering

Kvaliteten på modellsystemet har blitt belyst i en rekke studier i ulike fjordsystem (Asplin mfl. 2014, 2020; Johnsen mfl. 2014, 2016; Skardhamar mfl. 2018, Dalsøren mfl. 2020), inkludert validering av lakseluspåslag på smolt i vaktbur (Sandvik mfl. 2016, 2020, 2021), mot lus på garn- og rusefanget fisk fra overvåkingsprogrammet (Myksvoll mfl. 2018, Bøhn mfl. 2022) og mot lus på trålfanget postsmolt laks med kjent opphavselv (Johnsen mfl. 2021). Resultater fra smoltmodellen gir samme dødelighetskategori som beregnet fra empiriske observasjoner (fra trålfangst) i de fleste tilfeller, uten bias mot høyere eller lavere smitte enn de observerte verdiene (Johnsen m.fl. 2021b).

I utregningen med metoden «HI smittepress» er det integrerte smittepresset beregnet i hvert punkt over et gitt tidsrom. Metoden kan lettest tolkes som resultatet der vi har utplassert virtuelle vaktbur i et finmasket rutenett i hele fjordsystemet og langs kysten. Smittepresset på kultivert smolt i vaktbur har grovt blitt klassifisert som høyt, middels og lavt, der grenseverdiene mindre enn 1 og mer enn 10 lus for lav og forhøyet smittepress har blitt benyttet i de publiserte arbeidene. I Appendix IV viser vi resultat der grenseverdiene er satt til 2 og 6 lus, i samsvar med grenseverdiene som er benyttet i de andre vurderingene i denne rapporten (basert på Taranger mfl. 2015). Grenseverdiene er valgt basert på tilgjengelig kunnskap, og vil bli justert om nye data kommer til. Grenseverdiene er usikre, og grensen på 6 lus per fisk for forhøyet smittepress vil sannsynligvis føre til at modellen overestimerer smittepresset når vi summerer over 30 dager. Resultatene er rapportert for hvert PO.

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.

Havforskningsinstituttet sin virtuelle smoltmodell inneholder en smitte modul som beregner påslag av lus på utvandrende virtuell postsmolt (VPS), tilsvarende antall lus på trålfanget utvandrende postsmolt av laks (Appendiks IV, Johnsen mfl. 2021). For å kalibrere den modellerte påslagsraten og variansen, har vi benyttet observert antall lus på fisk fra tråltrekk. Med oppdatering av modellen som beregner lusekonsentrasjonene for 2022 (som beskrevet over) er kalibreringen av VPS-modellen mot trålt fisk gjort med data fra 2018-2021, mens tråldata fra 2015-2019 er brukt tidligere. Basert på genetisk analyse er opphavs-elv for trålfanget fisk kartlagt (metode beskrevet i Harvey mfl. 2019), og hver enkelt observert fisk kan da kobles til en gruppe virtuelle postsmolt som har gått fra den samme opphavselven i det samme tidsrommet. Det er godt samsvar mellom tråldata og modellresultat både med tanke på forventet antall lus og de beregnede dødelighetsestimatene (Johnsen mfl. 2021 og Appendiks IV). Resultatene er følsomme for når smolten vandrer ut og formen på den antatte utvandringsskurven. Dette diskuteres videre i Appendiks IV.

Usikkerhetsvurderingen for HI virtuell smolt fremkommer ved å variere utvandringstidspunktet (± 10 dager) og endre fiskens antatte toleranse for lakselus (se Tabell 1, Appendiks IV). Dersom det er stor variasjon mellom elvene innad i et produksjonsområde vil ikke gjennomsnittsverdien representere området særlig godt. For å synliggjøre denne variasjonen oppgir vi prosentandelen elver i produksjonsområdet som er i samme kategori (lav/moderat/høy) som gjennomsnittsverdien angir. Denne prosentandelen blir ikke brukt i usikkerhetsvurderingen, men er relevant informasjon for å vurdere om gjennomsnittsverdien gjenspeiler dødeligheten i de enkelte elvene i produksjonsområdet.

4.6 Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering

Som beskrevet nedenfor, er det knyttet usikkerhet til en rekke antakelser i hendelseskjeden definert av VIs risikomodel. Usikkerhet i smitteprosessen er delvis håndtert ved beregninger av verste og beste scenarioer. Scenarioene representerer erfaringsbasert variasjon i påslag av lus på laksepostsmolt fra trål eller vaktbur som ikke forklares av det beregnede smittepresset. Disse effektene er knyttet til område og tidsperiode for burforsøkene, og representerer derfor usikkerhet knyttet til systematisk variasjon i observerte påslag av lus på fisk. Analyser presentert i Stige mfl. (2021) viser at modellens verste og beste scenarioer gir et realistisk bilde av usikkerheten til modellprediksjoner av antall lus på postsmolt i vaktburforsøk, også for områder og år som ikke er brukt i modelltilpasningen. Effektene av område og tidsperiode tallfestes ved såkalte tilfeldige effekter i smitte modellen. De tilfeldige effektene for de fleste områder og år faller på begge sider av null (Figur 1 i Appendiks V); det er med andre ord i liten grad systematiske trender mellom områder eller år i den uforklarte variasjonen. Smitte modellens usikkerhet varierer noe mellom produksjonsområdene, der særlig de observerte påslagene på fisk i PO 4 (hovedsakelig Sognefjorden) generelt er systematisk høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi.

Usikkerheter knyttet til andre deler av hendelseskjeden i risikomodelen, slik som vandringsprogresjon fra elveutløp til hav, tidsperiode for utvandring og sannsynligheter for luseindusert dødelighet er belyst i sensitivitetsanalyser (Kristoffersen mfl. 2018). Vi presenterer nå oppdaterte sensitivitetsanalyser ved å variere utvandringstidspunktet (± 10 dager) og endre dødelighetsgrensene (høye tålegrenser: 0-3 lus: ingen lakselusindusert dødelighet, 4-6 lus: 20 % dødelighet, 7-12 lus: 50 % dødelighet, >12 lus: 100 % dødelighet; lave tålegrenser: 0 lus: ingen lakselusindusert dødelighet, 1-2 lus: 20 % dødelighet, 3 lus: 50 % dødelighet, >3 lus: 100 % dødelighet). Det er også usikkerhet knyttet til hvor representativ smitte modellens påslagsrate

for trålfanget vill laksesmolt er for den samlede populasjonen av utvandrende vill laksesmolt. Kalibrering av påslagsmodellen med tråldata gir vesentlig høyere dødelighetsestimater enn kalibrering med vaktburdata (Stige mfl. 2022). En faktor som kan bidra til å forklare en slik forskjell er at postsmolt i stasjonære vaktbur blir eksponert for færre lus enn aktivt svømmende smolt, men det er også usikkerheter knyttet til tråldataene (diskutert i kapittel 4.12 og 4.13). Valg av kalibreringsdata kan bidra til forskjeller mellom modellestimater for lakselusindusert dødelighet, siden Havforskningsinstituttets virtuelle smoltmodell bruker tråldata til kalibrering mens Veterinærinstituttets tidligere modellversjoner og SINTEFs virtuelle smoltmodeller bruker vaktburdata. Det er også knyttet en viss usikkerhet til valg av utvandningsrute (se under 4.10). Utvandringshastighet har liten betydning for dødelighetsestimater som er kalibrert mot tråldata, siden samme antakelser gjøres for den observerte som den virtuelle smolten (Stige mfl. 2022). Det er imidlertid usikkerheter knyttet til modellantakelser som gjøres for formen på sammenhengen mellom smittepress og påslagsrate og for korreksjonen for dødelighet av fastsittende lusestadier, der alternative antakelser kunne gitt høyere dødelighetsanslag enn presentert her (Stige mfl. 2022).

Usikkerheten til modellkonklusjonen vurderes på bakgrunn av den beregnede sannsynligheten for at dødeligheten er i den gitte kategorien utfra Tabell 1. Dersom det foreligger observasjoner av lusenivåer på postsmolt i et produksjonsområde, er usikkerheten lavere enn det denne sannsynlighetsfordelingen skulle tilsi. Hvor mye lavere usikkerheten er, avhenger av hvor representative observasjonene er for den samlede mengden av utvandrende vill laksesmolt i et produksjonsområde. Vi har her fulgt en enkel regel om at vi reduserer usikkerhetskategorien med ett nivå for produksjonsområder der justerte dødelighetsestimater foreligger. Usikkerhetskategoriseringen tar ikke hensyn til sensitiviteten til utvandringstid eller tålegrense.

4.7 Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering

SINMOD er et veletablert modellsystem for biologiske og hydrodynamiske prosesser. Se www.sintef.no/SINMOD for mer informasjon. Modellsystemet er anvendt for en rekke problemstillinger i fjord og kyststrøk (Broch mfl. 2017; Fossberg mfl. 2018; Jansen mfl. 2018). Populasjonsmodellen for lus følger rammeverket som er utviklet for andre biologiske arter (Alver mfl. 2016). Det er en rekke parametere som inngår i modellen, og det er usikkerheter knyttet til for eksempel utvikling og adferd av luselarvene. Det er imidlertid kildeledd og dødelighet av larver og kopepoditter i sjø som anses som de største usikkerhetsfaktorene. Observasjoner av pelagiske stadier av lus er svært utfordrende, og det finnes ikke data som kan brukes til å vurdere modellerte konsentrasjonsfelt. Modellen er derfor vurdert opp mot burdata. Det første steget i denne vurderingen er å estimere sannsynlighet for påslag av lus på smolt (se Appendix VII). Sannsynlighet for påslag er videre brukt for å regne påslag av lus på utvandrende virtuelle smolt. Smoltutvandringen modelleres i SINMOD ved å la fisken svømme med strømmen i tillegg til en jevn drift i retning mot korteste avstand til grunnlinjen. Det gir dynamiske utvandringmønstre. Utvandningsforløpene er ikke vurdert mot et større datasett. Resultatene for 2022 gir også stor variasjon i utvandningsvarighet mellom ulike elver, og innenfor noen POer gir modellen urealistiske utvandningsforløp for en rekke elver. Oppholdstid og utvandringstid har mye å si for smitte, og det er derfor usikkerhet knyttet til resultatene fra smoltmodellen. Det er videre estimert sensitivitet med hensyn til utvandringstidspunkt og tålegrense.

4.8 Villfisk som bidragsytere

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 (2017b) 470 000 laks og antallet sjøørret og sjørøye er tidligere grovt estimert til rundt 1 million (Heuch & Mo 2001). Dette er allikevel ubetydelige antall sammenlignet med et årlig estimert antall i overkant av 400 millioner oppdrettsfisk i merdene langs norskekysten (Svåsand mfl. 2016). Dette er beskrevet i mer detalj i en nylig publisert artikkel av Dempster mfl. (2021).

4.9 Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt

Fiskens atferd: Hovedsakelig oppholder postsmolten seg fra 1 til 3 meters dyp under utvandringen med sporadiske dykk ned til ca. 6,5 meters dyp. Det er også en tendens til at postsmolten holder seg nærmere overflaten (< 0,5 meters dyp) om natten (Plantalech Manel-la mfl. 2009). Slike forhold må derfor tas hensyn til når man vurderer sannsynligheten for lakseluspåslag gjennom postsmoltens utvandningsrute. Svømmeatferden har betydning for hvor representative lusepåslag i vaktbur og modeller kalibrert med burdata er for vill utvandrende laksesmolt. Svømmeatferden kan også påvirke treffsikkerheten til virtuell-smoltmodeller kalibrert med tråldata.

Utvandningsruter: Vandningsrutene til vill postsmolt er bare kartlagt for et fåtalls elver i Norge (Jensen mfl. 2022, Davidsen mfl. 2009). Vi vet i tillegg lite om hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og etter hvert grunnlinja (Mork mfl. 2012). Vandningshastighet i kombinasjon med vandningsavstand og utvandringstidspunkt kan brukes til å definere minimum eksponeringstid for lakselus. Et viktig moment er derfor oppholdstiden til postsmolten i relevante fjord- og kyststrøk. Det er stor variasjon mellom individene med hensyn til vandningshastighet, men hastigheten ligger hovedsakelig i området mellom 0,8-1,5 kroppslengder per sekund (Thorstad mfl. 2012; Urke mfl. 2013a, b; 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). I et nylig publisert studie fra Altafjorden viser Jensen mfl. (2022) en langt raskere utvandningshastighet på opp til 3,8 kroppslengder per sekund hvor smolt bruker mellom 1-7 dager fra Altaelva og til ytre deler av Altafjordsystemet. Variasjon mellom fjordsystemer på grunn av topografiske forskjeller vil også påvirke vandningshastighet og progresjon. Usikkerhet om utvandningsruter og utvandningshastighet kan påvirke treffsikkerheten til smoltmodellene, særlig de som er kalibrert med burdata. Virtuell-smoltmodeller kalibrert med tråldata forventes ikke å påvirkes i noen systematisk retning av usikkerhet i utvandningsruter og utvandningshastighet fram til trållokaliteten.

Tidspunkt for utvandring: I de virtuelle smoltmodellene er alle utvandningsforløp standardisert med utgangspunkt i tidspunkt for 25 % utvandring som predikert fra Vollset mfl. 2021. Start av utvandring er satt til 10 dager før og slutt av utvandring 30 dager etter 25 % utvandring slik at den totale utvandningsperioden er satt til å vare i 40 dager som i tidligere år. En 40 dagers utvandningsperiode er sannsynligvis et overestimat i en god del tilfeller, spesielt i mindre vassdrag med lite variasjon i fysiske forhold. I slike tilfeller vil dødelighet på grunn av lus bli overvurdert når mengden lus øker utover i sesongen. Størrelsen på en eventuell feilestimering vil avhenge av hvor godt samsvar det er mellom virkelig og antatt tidspunkt for utvandring. På den andre siden kan også den totale utvandningsperioden i vassdrag være lengre enn 40 dager.

I slike bestander vil 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.

De virtuelle smoltmodellene bruker estimert utvandringstidspunkt basert på en modell beskrevet i Vollset mfl. (2021). Denne modellen er et produkt av sammenfatning av alle tilgjengelige utvandningsdata fra Norge, sammenholdt med modellert lufttemperatur i månedene før utvandring og tidspunkt for første økning i vårvannføring. I vurderinger før 2021 ble det brukt en ekspertvurdering av utvandringstidspunkt basert på data fra nærliggende elver. I 2020 ble ikke modellen direkte implementert i modelleringen, men en versjon av den nye utvandningsmodellen ble brukt til å vurdere om resultatene i stor grad endret seg. Konklusjonen fra 2020-rapporten var at det kun førte til små endringer.

En oppsummering av tidspunkt for smoltutvandring i 2022 basert på tilgjengelige data fra 13 elver er gitt i Appendiks Ib for denne rapporten. Det foreligger data på smoltutvandring fra bare én elv fra hvert av områdene PO2 og PO6, og ingen data fra områdene PO1 og PO7-PO13. En sammenlikning av observert tidspunkt for 25 % utvandring i disse elvene med forventet tidspunkt fra den nye smoltmodellen viser at observert tidspunkt både er tidligere og senere enn forventet tidspunkt. Generelt treffer modellen innenfor det man skal forvente i forhold til normal mellomårsvariasjon, det vil si om lag ± 10 dager. Vi har derfor ikke lagt spesielt vekt på avvik mellom observert og predikert tidspunkt for smoltutvandring i enkeltvassdrag i vår videre vurdering av lusepåvirkning i 2022.

Et par nye publikasjoner angående utvandringstidspunkt for laksesmolt er relevant å diskutere litt nærmere. Bjerck mfl. (2021) har publisert data fra akustisk merket laksesmolt fra flere vassdrag på Vestlandet. Dataene fra utvandringstidspunkt er inkludert i Vollset mfl. (2021) og er således hensyntatt, men en av de viktigste poengene til Bjerck mfl. (2021) er at utvandningsforløpet ikke er jevnt, men kommer i klart distinkte toppe, hvor en stor del av fisken vandrer i løpet av noen relativt få dager. I de fleste tilfeller ser man også at dette skjer i to distinkte toppe, eller det de beskriver som en bimodal fordeling. Dette kan føre til usikkerhet i beskrivelsen av dødelighet ettersom tilfeldigheter i tidsmessig variasjon i smittepress vil kunne treffe disse toppene eller ikke og betyr i praksis at estimatene har større usikkerhet. En annen publikasjon fra elven Dale i Osterfjorden (Hulbak mfl. 2021) viser at en av de viktigste årsakene til forskjell i utvandringstidspunkt fra de forskjellige metodene som brukes (altså merket fiske eller feller) kan være at større fisk vandrer ut tidligere enn mindre fisk. Dette sammenfaller med resultatet fra Vollset mfl. (2021) som viser at det generelt er slik at studier som bruker merkeforsøk har et tidligere utvandringstidspunkt enn felle eller video metoder.

4.10 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. Ruse har den fordel at fisken fanges levende, og at den ikke setter seg fast i garnmasker noe som kan føre til tap av lus. Tap av lus er generelt mindre, og sammenligninger indikerer at antall lus på rusefanget sjørret er høyere enn på garnfanget (Grøn 2016). Vi har valgt å utelukkende benytte tellinger av fisk i felt da sammenligninger indikerer et betydelig tap av lus, spesielt de minste stadiene, på fisk som er frosset og tas inn til lab for telling av lus. Undersøkelser indikerer at en andel av de minste stadiene av lus på sjørret og sjørøye er skottelus. Disse kan vanskelig skilles fra lakselus, og selv om en vanligvis får

økte tettheter med skottelus på oppdrettsfisk først utover høsten, kan det medføre at spesielt i nordlige fylkene overestimeres antall lakselus. Lite data foreligger, men innslaget av skottelus i de fastsittende stadiene kan utgjøre opptil 12 % i de nordlige fylkene (Elvik mfl. 2016).

Både garn og ruser er passive redskaper hvor fangsten påvirkes av svømmeaktiviteten til fisken. Lus kan påvirke svømmeaktiviteten til infisert fisk, og infisert fisk holder seg også mer i brakkvann. Lusebefengt ørret har en preferanse for lavere saltholdigheter, og tenderer derfor til enten å returnere til elv, eller forbli i brakkvannsområdet i estuariet. Siden det ikke fiskes i disse områdene, kan lusebefengt fisk bli underrepresentert i fangstene. I tillegg kan svært lusesmittet fisk dø, som igjen da kan medføre at fangsten underrepresenterer smittepresset. Til sist, lusebefengt fisk som oppsøker ferskvann for å kvitte seg med lus kan vandre ut igjen i fjorden etterpå hvor de kan vil bli fanget, og derfor maskere det reelle smittepresset fisken har opplevd. Derfor anser vi at luseinfestasjonene målt på fangstet fisk i ruse og garn vil være minimumsverdier.

Laks og sjørret viser liten forskjell i mottakelighet for lus (Dawson mfl. 1997; Bui mfl. 2018). At det er mer lus på sjørret enn laks skyldes derfor trolig at ørret normalt oppholder seg nærmer land enn laksen, og at en antar at det er mer lus langs land enn midtfjords, eller det kan skyldes at sjørreten har utvandret tidligere fra elven og derfor opplevd en lengre periode med smittepress.

I tidligere risikovurderinger av oppdrett (Svåsand mfl. 2016), har lakselus på sjørret mindre enn 150 gram fanget rett etter forventet median 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 sjørret 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 (Vollset mfl. 2017), altså om det er en korrelasjon mellom lus på sjørret 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 sjørret. Vi vurderer derfor at lakselus på sjørret ikke kan brukes til å direkte estimere lakselusindusert dødelighet på laksesmolt, men i tilfeller der det observeres store mengder lus på sjørret er dette en klar indikasjon på at også utvandrende laksesmolt er mer utsatt for lusesmitte i et gitt område.

For å vurdere usikkerheten har vi vurdert i hvilken grad rusestasjonene er representative i tid og rom i forhold til antatt smoltutvandring i forhold til områdets struktur og modellert smittepress, samt antall fisk fanget på hver stasjon. I tillegg er statistisk usikkerhet i beregningene av dødelighet hensyntatt ved å vurdere konfidensintervaller og i hvilken grad estimatene ligger nær en annen kategorisering.

4.11 Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur

Vaktburene 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 utvandrende postsmolt laks oftest svømmer på 1-3 m dybde fanger burene opp smitte på denne dybden. Hvis området er sterkt påvirket av ferskvann, noe lakselus vil unngå, kan dette reflekteres i lusepåslagene i vaktburene.

Påslag vil variere med transport av vann gjennom buret da fisken her er låst i tid og rom. 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, med totalt 13 slike par. I 7 av disse parene var infestasjonen nær 0, mens de øvrige 6 settene viste samme trend, men det var en signifikant forskjell i 4 av disse (Bjørn mfl. 2011). Årsaken til denne forskjellen kan være lokale strømmer, ujevn fordeling av lus i vannet, begroing av bur som reduserer gjennomstrømmingen, ulik atferd til fisken i burene, tilfeldigheter eller annet. Burene dekker normalt ikke de midtre delene av fjorden da dette er praktisk vanskelig. Burene representerer derfor smittepresset relativt nært land, men ikke nødvendigvis i hele fjordens bredde. På den annen side står fisken i ro og all kontakt mellom fisk og lus er basert på vannstrømmene. I naturen vil fisk bevege seg og kontakten mellom fisk og lus er trolig høyere. I så fall underestimeres påslagene, tilsvarende om lus skrapes av på notveggen i burene, samt at fisken må håndteres, og det tapes sannsynligvis lus både i opptak av fisk fra burene og i bedøvelsen.

Resultatene fra vaktbur brukes både for å vurdere utstrekningen av områder med høyt og lavt smittepress i tid og rom, og for å kalibrere ulike smoltmodeller, hvor en sammenligner påslag av lus på fisken i burene med modellprediksjoner.

I vurderingen er grensene for lavt og høyt smittepress satt til hhv. 2 og 6 lus/fisk/14 dager. Tolkningen opp mot effekt på laks må derfor hensynta hvor smittepresset er, hvor stort dette er, og holde dette opp mot antatte vandringsruter for laks. En antar her at om smittepresset er høyt og/eller at en stor del av vandringsruten har forhøyet smittepress medfører dette større sannsynlighet for dødelighet på utvandrende postsmolt laks. Høyt smittepress i ett begrenset område vektlegges derfor i liten grad. Usikkerheten i vurderingen vurderes ut fra geografisk dekning, hvor dekkende tidsperioden er for antatt utvandringstid for området, samt hvor konsistente estimatene er innenfor ett område (Tabell 1).

4.12 Usikkerhet knyttet til tråling

Det brukes en trål spesialutviklet slik at postsmolt av laks føres inn i et akvarium slik at en reduserer avskrapning 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. Det viser seg at det er små forskjeller i antall lus på fisk sortert inn i akvariet eller ikke. Vi har derfor valgt å benytte all fisk fanget, med unntak av at fisk som har stort skjelltap samt fisk som er død i trålen er ekskludert fra analysene. En må forvente at tellingene representerer en underestimering, både fordi det trolig tapes noe lus i fangst og håndtering av fisken før telling, samt at det er vanskelig å telle de minste stadiene som oftest dominerer på trålfanget postsmolt av laks. Denne metoden fanger direkte opp hvor mye lus det er på den utvandrende laksesmolten. Trålfangstene tas primært i de ytre delene av fjordene, men fisken fanges uansett alltid før den har fullført vandringen i fjordene og langs kysten. Derfor vil antall lakselus på fisken være underestimerer på den totale lusemengden smolten får på seg i løpet av vandringen fra elvemunning til åpent hav. Det er derfor vurdert hvor fisken er fanget i forhold til de modellerte smittepresskartene som viser hvor det er økt risiko for påslag av lus.

Postsmoltens vandring gjennom fjordene i forhold til dag/natt, saltholdighet og vannstrømmer er begrenset beskrevet (Drenner mfl. 2012, Jensen mfl. 2022), og resultatene er ikke konsistente. Data indikerer at smolt bruker hele fjorden i utvandringen, inkludert bruk av bukter langs land og sund mellom øyer.

I hvilken grad trålingen fanger opp et representativt utvalg av fisken har vært diskutert. 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 lusebefengt. Trållunnvikelse 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 lusebefengt 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 for trållunnvikelse vites ikke. En redusert svømmeevne vil kunne medføre økt risiko for å miste kontakt med gruppen og derved øke risikoen for predasjon. Dette betyr at laks lusebefengt inne i fjordene kan ha en høyere risiko for predasjon, og derfor bli underrepresentert i trållfangstene. Det er også mulig at variasjon i utvandringshastighet av andre årsaker enn lakselus kan påvirke hvor representative tråldataene er. Utvandringprogresjonen varierer betydelig mellom individer (Thorstad mfl. 2012, Vollset mfl. 2016, Halttunen mfl. 2018). Denne variasjonen kan føre til en overestimering av lusepåslaget på den samlede mengden av utvandrende postsmolt, siden individer som forblir lenge i kystnære områder kan bli overrepresentert i trållfangstene og samtidig få på seg mye lus.

Nylig har Havforskningsinstituttet utviklet en metode for å bestemme opphavs-elv til den trållfangete fisken (Harvey mfl. 2019). Dette gir oss anledning til å vurdere effekten av elveposisjon i forhold til områder med smittepress og lengde på utvandringstruter. Metoden er ikke i stand til å bestemme hvor all fisken kommer fra, men vi antar at utvalget som kan bestemmes er representativt for bidraget fra de forskjellige elvene i området. I dette arbeidet ble det også funnet at antall fisk fanget med trål fra de ulike elvene i Hardangerfjorden samsvarte med teoretisk smoltproduksjon i disse elvene (Harvey mfl. 2019). Usikkerheten i metoden (Tabell 1) er vurdert ut ifra dataenes representativitet, dvs. hvor fangsten tas, hvor mange fisk som fanges, og i hvilken grad trålperioden ser ut til å fange opp utvandringstrutperioden. Dette holdes i tillegg opp mot data på hvilken elv fisken kommer fra.

5 Vurdering av status i produksjonsområdene

5.1 Hvordan vurderer Ekspertgruppen lakselusindusert villfiskdødelighet

Tidligere år har Ekspertgruppen vurdert kategorisering av nivået for lakselusindusert villfiskdødelighet hos utvandrende post-smolt av laks i de 13 produksjonsområdene (POene) i følgende kategorier:

Lav: < 10 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Moderat: 10-30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Høy: >30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Resultatet fra tidligere vurderinger har vært en beskrivelse av hvilken av kategoriene som er den mest sannsynlige kategorien, og også gitt en beskrivelse av hvor usikker man er på denne konklusjonen basert på en skala fra Høy, Middels, Liten.

5.2 Ekspertvurderingsmetode (SHELF metoden)

Etter evalueringskomiteens vurderinger har vi fra høsten 2022 innført noen endringer i våre beskrivelser og vurderinger av usikkerhet. Ved å bruke en modifisert versjon av SHELF-metoden (Sheffield Elicitation Framework), har målet nå vært å beskrive en subjektiv sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet i produksjonsområdene heller enn å definere hvilken kategori vi mener er korrekt. I denne ekspertvurderingen blir sannsynlighetsfordelingen for dødelighet først vurdert anonymt og individuelt slik at ekspertene ikke kan påvirke hverandre. I etterkant diskuterer man seg fram til en omforent sannsynlighetsfordeling. Fordelingen beskrives basert på en vurdering av minimum og maksimum verdi, median og kvartiler.

Metoden innebærer at man i første omgang kommer til enighet om hva som skal brukes som grunnlagsmateriale/dokumenter, som kan refereres til under diskusjonen. Grunnlagsdokumentene i dette arbeidet er appendiksene til rapporten fra Ekspertgruppen, og i løpet av diskusjonen bes derfor hver ekspert å vise til side i appendikset når et argument legges fram. I forkant av møtet må alle ha en oversikt over dokumentene og eventuelt ha mulighet til å vurdere om det er noe mer som skal inkluderes. Dokumentasjonen fra disse appendiksene og et utkast til kapittel 1-4 med referanseliste er derfor lastet opp i en felles sharepointmappe som kun er tilgjengelig for Ekspertgruppen.

I SHELF-dokumentasjonen er det powerpoint-presentasjoner med evalueringsspørsmål som hver ekspert kan bruke for å justere sine egne grensesettinger. På møtet vil vi da bli presentert med de individuelle anonyme sannsynlighetsfordelingene på følgende måte:

De forskjellige stegene i SHELF-metoden som brukes i Ekspertgruppen er:

(1) Ekspertene må ha en opplæring i hva «ekspertvurdering» og sannsynlighetsfordeling betyr. Dette innebærer at hver ekspert har lest og forstått metoden basert på dokumentasjon <http://www.jeremy-oakley.staff.shef.ac.uk/shelf/>.

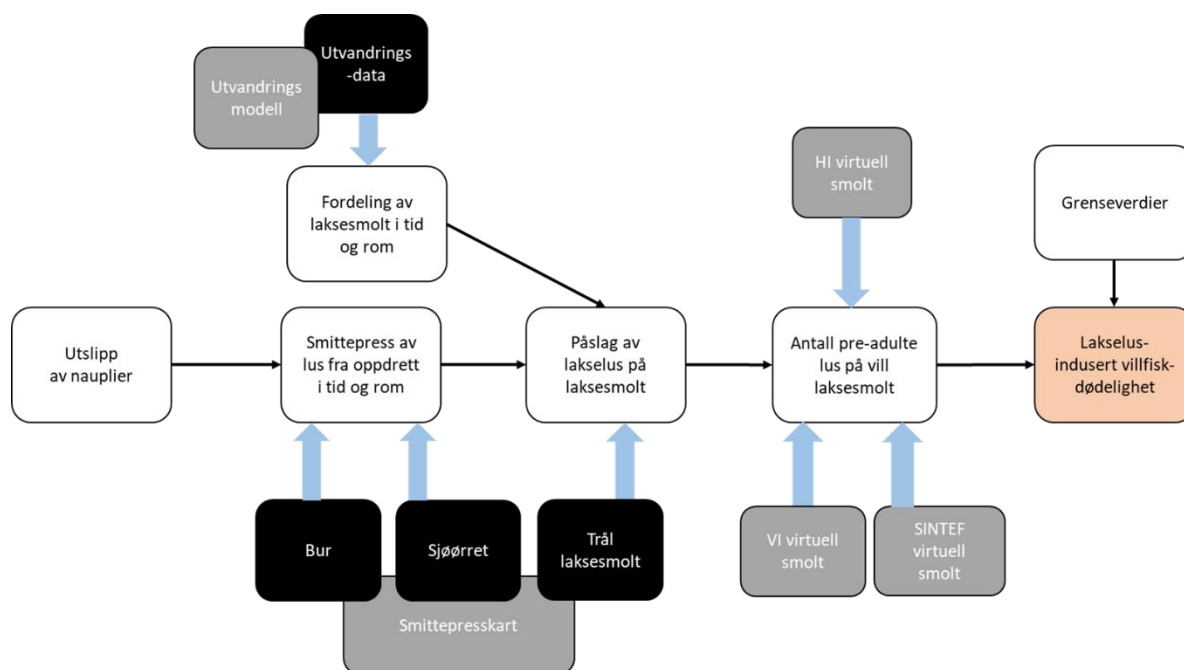
(2) Ekspertene må beskrive sin faglige ekspertise til resten av gruppen, for å synliggjøre sin relevante kompetanse til resten av gruppa. Det gir andre eksperter mulighet til å vurdere

hverandres argumenter, med bakgrunn i ekspertens fagområde. Dette gjøres ved å fylle ut et standardisert skjema som kan lastes ned fra SHELF hjemmesiden. Beskrivelsen av hver enkelt eksperts kompetanse leses opp for gruppen i oppstarten av møte.

(3) Ekspertene skal vurdere grunnlagsdokumentene og gjøre en anonym vurdering.

Denne anonyme vurderingen skal slutføres etter å ha hatt tilgang til resultatene fra årets vurdering og det er blitt gitt en kort oppsummering av årets modell og overvåkingsresultater på evalueringsmøte. For å være sikker på at man ser på modeller og data likt fra alle produksjonsområder har hver metodeeier brukt standardiserte skjemaer utviklet fra tidligere rapporter for å standardisere denne presentasjonen.

Ettersom hver av metodene har forskjellige detaljnivåer og gir forskjellige type informasjon har Ekspertgruppen skissert en beskrivelse av hvordan resultatene fra de forskjellige metodene kommer inn og informerer hendelsesforløpet fra utslipp til estimert lakselusindusert villfiskdødelighet (Figur 4). Denne figuren ble presentert og diskutert i forkant av gjennomgang av POene.

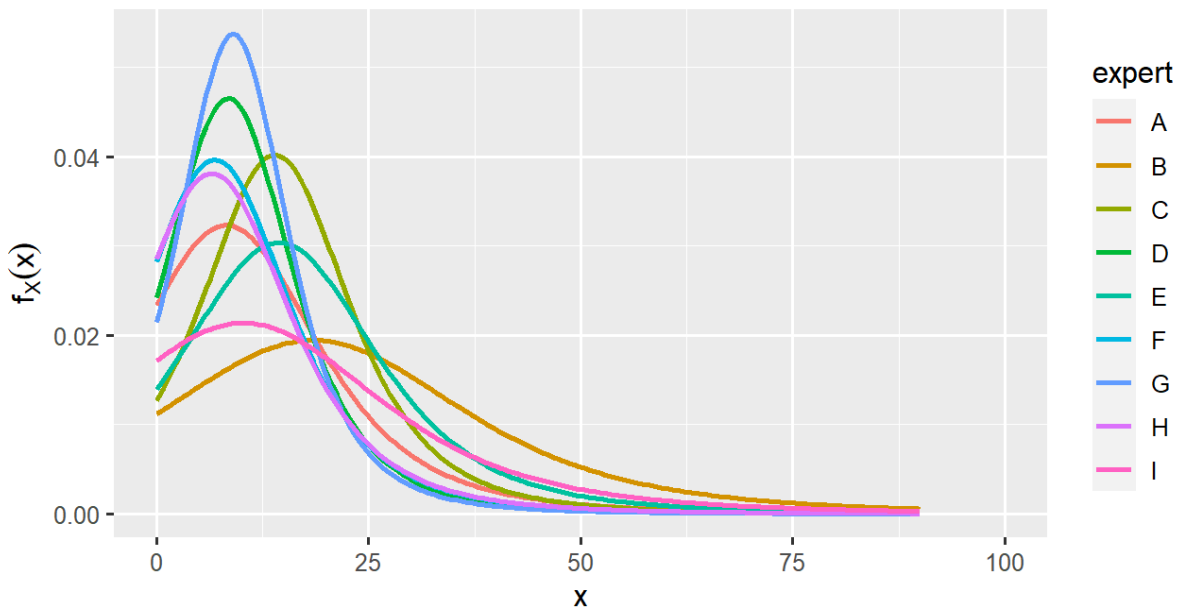


Figur 4. Omforente hendelsesforløp for lakselusindusert villfiskdødelighet, med beskrivelse av hvordan de forskjellige metodene (indekser/modeller) kan gi informasjon. Hvite bokser og svarte piler er hendelsesforløpet fra utslipp av lus og fordeling av laksesmolt til lakselusindusert villfiskdødelighet, mens de grå og svarte boksene indikerer modeller (grå bokser) og empiriske data (svarte bokser) hvor de blå pilene indikerer hvor i hendelsesforløpet metoden kan belyse problemstillingen.

I etterkant av hver gjennomgang av dokumentasjonen for hvert PO skal hver ekspert vurdere hva som er øvre og nedre grense for sannsynlighetsintervallet, hvor verdier over og under disse grensene defineres som «ekstremt usannsynlig», deretter settes median, og kvartiler for sin subjektive sannsynlighets vurdering. Median dødelighet settes slik at det er like trolig at den virkelige dødeligheten er lavere eller høyere enn median, men trenger ikke være midtpunktet mellom øvre og nedre grense. Kvartilene (nedre og øvre) settes slik at det er like sannsynlig at den virkelige dødeligheten er mellom minste verdi og kvartilen, som mellom kvartilen og median, og tilsvarende for øvre kvartil. Normalt ligger kvartilen nærmere median enn minste

verdi. Disse grenseverdiene settes basert på en total vurdering av årets resultater og en forståelse av kilder til usikkerhet som for eksempel hvordan grenseverdier for dødelighet settes. Til hjelp til denne vurderingen går hver ekspert gjennom power-point presentasjonene av hvordan dette skal gjøres som er tilgjengelig på hjemmesiden Sheffield Elicitation Framework.

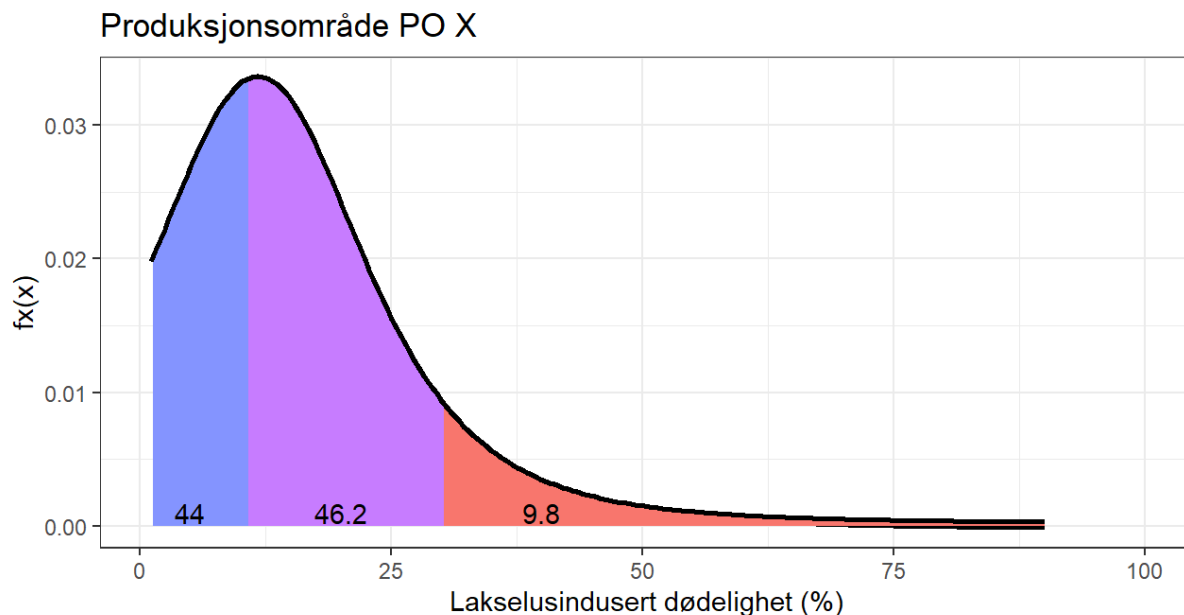
(4) Verdiene brukes til å tilpasse distribusjoner. Verdiene sendes til lederen av gruppen som bruker R-scriptet fra SHELF til å tilpasse individuelle distribusjoner for lakselusindusert villfiskdødelighet. Dette brukes til å visualisere individuelle ulikheter og som grunnlag for diskusjon (Figur 5). I denne prosessen noterer hver enkelt ekspert sine argumenter for verdiene som gis slik at man kan konkret peke på hva i dokumentasjonen er årsaken til valget av verdiene.



Figur 5 Eksempel på individuelle sannsynlighetsdistribusjoner fra anonyme vurderinger

(5) Til slutt kommer man fram til en felles distribusjon basert på felles enighet om verdiene. For hvert produksjonsområde gjennomgås alle data som er tilgjengelig fra observasjoner og modeller før man ser på de individuelle distribusjonene for usikkerhet. Hvis distribusjonene er like vil det være relativt enkelt å enes om en distribusjon, mens i tilfeller der distribusjonene er svært ulike må gruppen diskutere seg fram til et omforent resultat.

For hvert produksjonsområde går man gjennom argumentasjonen i felleskap til hver av verdiene og kommer så til en felleskonklusjon i form av en omforent sannsynlighetsfordeling. Denne fordelingen vil kunne gi sannsynligheten for hver kategori (Figur 6).



Figur 6 Eksempel på omforent sannsynlighetsfordeling etter en gruppediskusjon.

(6) Man blir til slutt spurt om å beskrive hvordan man tror en «rational impartial observer» (RIO) ville satt verdiene. Dette steget innebærer at vi skal ta perspektivet til en som sitter utenfra og hører på diskusjonen, og foreslå hvilke verdier denne personen vil gi. Dette er en teknikk for å komme til en felles enighet som bruker faglige argumenter basert på de resultatene som foreligger. Denne beskrivelsen vil være grunnlaget for oppsummerende tekst som beskriver argumentasjonen til Ekspertgruppens vurderinger.

(7) Beskriv sannsynlighet med en omforent uttrykksform. Til slutt brukes en omforent uttrykksform for sannsynlighet basert på tallverdiene av sannsynlighet som kan tas ut av den omforente sannsynlighetsfordelingen. Denne uttrykksformen er modifisert fra IPCC sin standard (Tabell 1).

Tabell 1. Kobling mellom uttrykksform og sannsynlighetsintervall tilpasset etter IPCC.

Uttrykk	Sannsynlighet for at den virkelige dødeligheten er i den gitte kategorien
Svært sannsynlig	99-100 % Sannsynlig
Veldig sannsynlig	90-99 % Sannsynlig
Sannsynlig	66-90 % Sannsynlig
Mer sannsynlig enn ikke	50-66 % Sannsynlig
Mindre sannsynlig enn ikke	33-50 % Sannsynlig
Usannsynlig	10-33 % Sannsynlig
Veldig usannsynlig	0-10 % Sannsynlig
Svært usannsynlig	0-1 % Sannsynlig

I Figur 6 har vi for enkelhet skyld tatt gjennomsnittet av de forskjellige fordelingene fra de enkelte ekspertene, og man får da at det er 44, 46 og 10 % sannsynlig for at den faktiske verdien er i henholdsvis grønt, gult eller rødt. Dette betyr at Ekspertgruppen anser det som (1) veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet er over 30 %, (2) mindre sannsynlig enn ikke at dødeligheten er lav (under 10 %) og (3) mer sannsynlig enn ikke at den er over 10 % ($46+10 = 56$ %). Legg merke til at det ikke er større sannsynlighet enn 50 % for at moderat er riktig kategori (46 %). Men ettersom det er lavere sannsynlighet for at det er lav enn moderat og høy til sammen, kategoriseres dette POet i sammendraget i moderat. Kategorien settes dermed etter midtpunktet (medianen) i sannsynlighetsfordelingen.

5.3 Sammenligning med tidligere års beskrivelse av usikkerhet

Ved tidligere års rapporter har Ekspertgruppen rapportert usikkerhet basert på en konsensus basert usikkerhet (Stor, Middels, Liten). Samtidig har man kommet til en enighet om hvordan man forstår disse begrepene på en kvantitativ skala som følger:

Stor usikkerhet = det er mer enn 50 % men mindre enn 65 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.

Middels usikkerhet = det er mellom 65 og 80 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.

Liten usikkerhet = det er mer enn 80 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.

Ved å først definere hvilken kategori man mener det er mest sannsynlig POen er i (Høy, Moderat eller Lav), har man i tillegg påpekt hvilken retning usikkerheten peker hvis gruppen er enige om at det er størst sannsynlighet for at kategorien er moderat (oppover eller nedover).

For at man skal få en kontinuitet i Ekspertgruppevurderingene har vi brukt sannsynlighetsfordelingene vi har kommet fram til i SHELF metoden og oversatt det til den gamle vurderingsmetoden. Dette er mulig ettersom usikkerhetsbegrepet er definert kvantitativt. I scenarioet i Figur 6 vil kategorien i den tidligere uttrykksformen blitt satt til moderat med stor usikkerhet som peker nedover.

5.4 Usikkerhetsbeskrivelse ved presentasjon av metoder

Som ved tidligere års gjennomganger må hver av metodeeierne presentere resultater og kilder til usikkerhet i sine vurderinger. De forskjellige metodene har i utgangspunktet noe forskjellig måter å definere usikkerhet, og det har vært opp til hver metodeeier, det vil si den institusjonen som har levert resultater fra metoden inn til Ekspertgruppen, å definere hvordan man kategoriserer usikkerheten. Det foregår en prosess innad i Ekspertgruppen for å komme til et omforent begrepsbruk rundt usikkerhet mellom metoder. Per nå er ikke usikkerhetsbegrepet brukt likt for alle metodene. Dette er delvis på grunn av at metodene er så ulike at det er komplisert å definere likt begrepsbruk, men også delvis fordi det er faglige uenigheter om hvordan man skal beregne usikkerhet. Usikkerhetsvurderingene for de ulike metodene kan derfor ikke sammenliknes direkte med hverandre. Imidlertid utfyller de ulike usikkerhetsvurderingene hverandre ved at de fanger opp ulike deler av usikkerheten til den endelige vurderingen. Til forskjell fra tidligere år har de to virtuelle smolt modellene fra HI og SINTEF kommet til en omforent definisjon av usikkerhet basert på om modellens estimat for dødelighet endrer kategorisering hvis man endrer de to viktigste parameterne i modellen, utvandringstidspunkt og terskelverdier for dødelighet.

For å gjøre usikkerhetsdefinisjonene for hver metode mer oversiktlig har Ekspertgruppen laget en tabell hvor hver metode beskriver kort hvordan hver usikkerhetskategori skal defineres for hver metode (Tabell 2). Dette har vi gjort for at lesere raskt skal kunne få en oversikt over hva de forskjellige begrepene som gjelder usikkerhet i kapittel 5 betyr.

Vi har valgt å beholde de kategorien med usikkerheten fra tidligere år (liten, middels, stor) for å ha en kontinuitet i vurderingene fra tidligere. I teorien kan man se for seg at man i fremtiden beskriver en sannsynlighetsvurdering for hver metode. Dette har for eksempel VI valgt å gjøre i sin metode. Det er samtidig viktig å påpeke at denne sannsynlighetsfordelingen (altså den som rapporteres i VI sitt appendiks) er basert på en kvantitativ fordeling med de forutsetningene som modellen har lagt til grunn, og dermed ikke det samme som den subjektive ekspertvurderingen av sannsynlighetsfordelingen som Ekspertgruppen gjør på bakgrunn av den samlede informasjonen.

Tabell 2. Metodevis definisjon av usikkerhetsbegrep

Metode	Usikkerhets definisjon		
	Liten	Middels	Stor
Trål	God geografisk dekning Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden Adekvat antall fisk i hver prøvetakning Genetisk tilhørighetsanalyse endrer ikke på konklusjonen Størst fangst ikke i slutten eller starten av trålperioden Dødelighetsestimatene har liten usikkerhet, og ligger ikke i grensen mellom kategori (lav, moderat, høy)	Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet	Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet
Sjørret ruse	God geografisk dekning ift smittepress Adekvat antall fisk fanget Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden Dødelighetsestimatene har liten usikkerhet, og ligger ikke i grensen mellom kategori (lav, moderat, høy)	Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet	Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet
Bur	God geografisk dekning Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden Dødelighetsestimatene er konsistente innenfor en større del av området (lav, moderat, høy)	Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet	Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet
HI virtuell smolt	Dersom alle 4 verdiene, ± 10 dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i samme kategori som for normal utvandring.	Dersom 1 av verdiene, ± 10 dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i en annen kategori enn for normal utvandring.	Dersom 2 eller flere av verdiene, ± 10 dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i en annen kategori enn for normal utvandring.
HI smittepress	Liten variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden. Små endringer i smittepresset vil ikke medføre endret kategori.	Middels variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden, altså at smittepresset ligger relativt nær en annen kategori.	Stor variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden, altså at smittepresset varierer mellom flere kategorier (fra lavt til høyt), eller at smittepresset ligger helt på grensen mellom to kategorier.
VI virtuell smolt	Usikkerheten baseres på den erfaringsbaserte variasjonen mellom områder og år i lus på postsmolt for et gitt smittepress, samt hvorvidt det fins postsmoltobservasjoner for det gitte året og området. Sensitivitet for modellantakelser tas ikke hensyn til. Usikkerheten angis etter skalaen i Tabell 1.		
SINTEF virtuell smolt	Samme definisjon som HI virtuell smolt	Samme definisjon som HI virtuell smolt	Samme definisjon som HI virtuell smolt

5.5 Vurderinger

I den videre teksten følger vurdering gjort for hvert av de 13 POene basert på SHELF-metoden. For hvert PO er det beskrevet *Kategori med høyest sannsynlighet* og en *Hovedkonklusjon* (inkludert en figur med en omforent sannsynlighetsfordeling). Dette etterfølges av en argumentasjon for denne sannsynlighetsfordelingen som er en oppsummering av SHELFprosessen. I etterkant av dette følger først 4 standardfigurer (antall aktive anlegg, kart over området med overvåkningsmetodene, tidsutvikling av smittsomme kopepoditter og tidspunkt for overvåkning, og et kart som illustrerer det romlige smittepresset i POet). Videre beskrives resultatene som har blitt brukt i evalueringen i detalj. Og til slutt er det lagt til en figur med smitteutvikling over en lengre tidsperiode (2012-2022).

Resultatene for alle POene er oppsummert i Tabell 3. Merk at i enkelte tilfeller er ingen kategori definert alene som mer sannsynlig enn «mindre sannsynlige enn ikke». Dette er en konsekvens av at sannsynlighetsfordelingen deles i 3 kategorier hvor det vil kunne være mindre sannsynlighet enn 50 % i alle 3 kategoriene.

Tabell 3 Oppsummering av sannsynlighet for lakselusindusert villfiskdødelighet for de forskjellige produksjonsområder. Blå bakgrunn angir kategori som har høyest sannsynlighet (definert som midtpunktet i sannsynlighetsfordelingen). Uttrykksformen for sannsynlighet (“Mindre sannsynlig enn ikke” osv.) er definert i Tabell 1.

Produksjonsområde	Dødelighet under 10 %	Dødelighet 10–30 %	Dødelighet over 30 %	Konklusjon uttrykt som i tidligere rapporter
PO1	Veldig sannsynlig	Veldig usannsynlig	Svært usannsynlig	Lav ^{liten}
PO2	Usannsynlig	Mer sannsynlig enn ikke	Usannsynlig	Moderat ^{stor}
PO3	Veldig usannsynlig	Usannsynlig	Sannsynlig	Høy ^{middels}
PO4	Veldig usannsynlig	Usannsynlig	Mer sannsynlig enn ikke	Høy ^{stor}
PO5	Usannsynlig	Mer sannsynlig enn ikke	Usannsynlig	Moderat ^{stor}
PO6	Mindre sannsynlig enn ikke	Mer sannsynlig enn ikke	Usannsynlig	Moderat ^{stor}
PO7	Usannsynlig	Mer sannsynlig enn ikke	Usannsynlig	Moderat ^{stor}
PO8	Usannsynlig	Mer sannsynlig enn ikke	Usannsynlig	Moderat ^{stor}
PO9	Mer sannsynlig enn ikke	Mindre sannsynlig enn ikke	Veldig usannsynlig	Lav ^{stor}
PO10	Mer sannsynlig enn ikke	Mindre sannsynlig enn ikke	Veldig usannsynlig	Lav ^{stor}
PO11	Mer sannsynlig enn ikke	Mindre sannsynlig enn ikke	Veldig usannsynlig	Lav ^{stor}
PO12	Sannsynlig	Usannsynlig	Svært usannsynlig	Lav ^{liten}
PO13	Svært sannsynlig	Svært usannsynlig	Svært usannsynlig	Lav ^{liten}

5.5.1 Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

Kategori med høyest sannsynlighet: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

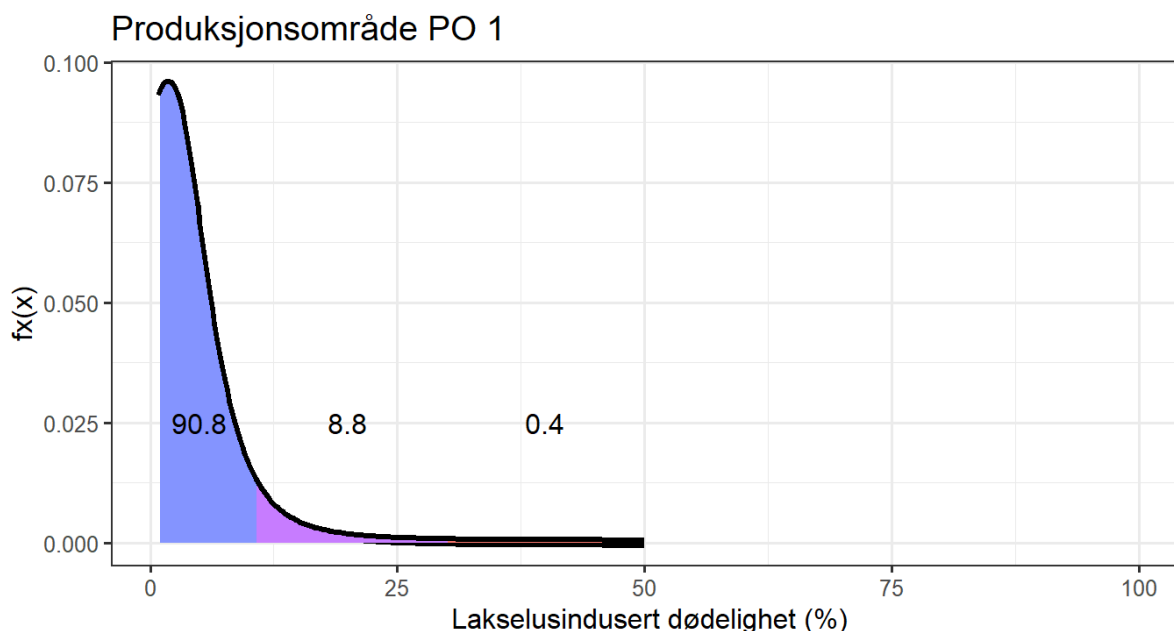
Hovedkonklusjon (Figur 7):

Det er veldig sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

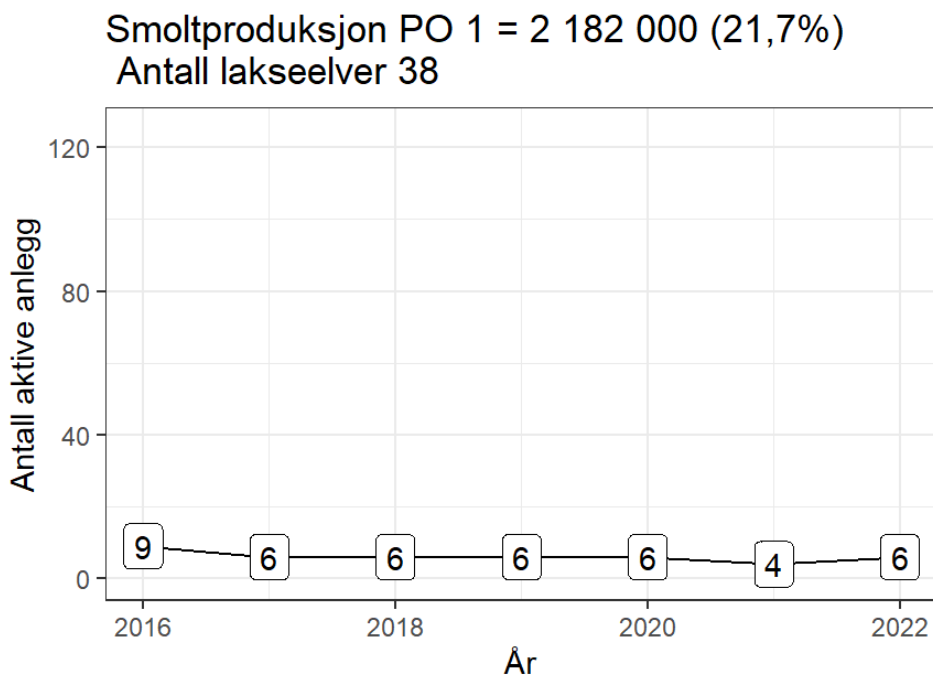
Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om lav lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha liten usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

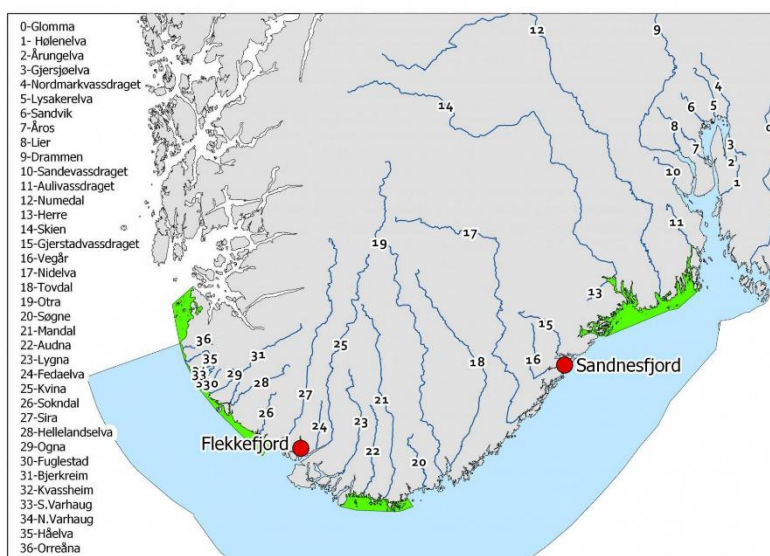


Figur 7. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

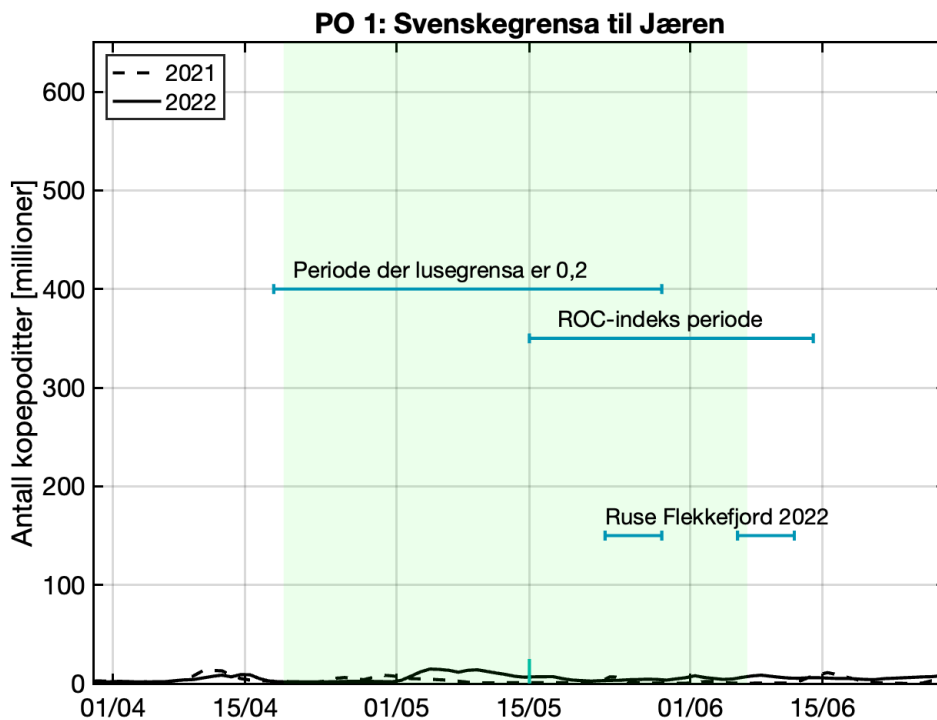
Argumentasjon: Alle tilgjengelige metoder peker på at det er lav lakselusindusert dødelighet i PO1. PO1 har lav oppdrettsaktivitet med unntak av en samling av anlegg rundt Flekkefjord hvor en av sjøørretstasjonene er plassert. Denne stasjonen viser også tegn til økt påslag av lus i andre periode, men dette økte smittepresset ansees ikke til å ha påvirket utvandrende laksesmolt i stor grad. Det er derfor stor enighet om at hovedvekten av sannsynlighetsfordeling skal ligge mot null. Dette er også tilfelle for den interpolerte sannsynlighetsfordelingen fra alle ekspertene. Det er imidlertid en kilde til usikkerhet i dette POet at en ukjent del av laksesmolten kan vandre opp langs kysten, hvor de vil kunne smittes av lus fra oppdrett i andre produksjonsområder. Dette har blitt observert i PO2 hvor noen få fisk fra elver i PO1 har blitt fanget inne i Ryfylkebassenget, og de har hatt lus. Det er derfor enighet om å belyse denne usikkerheten med å øke sannsynligheten for høyere dødelighet noe.



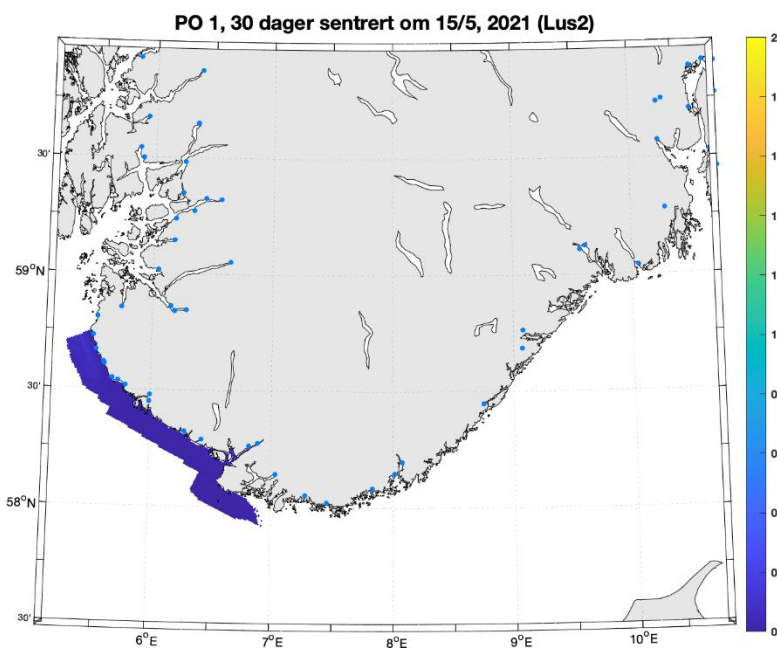
Figur 8. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 9. Oversikt over elvene (tall) samt ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 1. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 10. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 1 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandringstidsperiode fra elvene i produksjonsområdet (15/5), og grønt skravert område markerer hele utvandringstidsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



Figur 11. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 1 i smoltutvandringsperioden 2022. Områder uten farge har ingen forekomst av kopepoditter.

Viktige elver: Øst for Lindesnes dominerer Numedalslågen med 21 % og Mandalselva med 10 % av den teoretiske smoltproduksjonen til hele PO1. Vest for Lindesnes dominerer Bjerkreimsvassdraget med 13 %. I tillegg har Oгна og Håelva relativt store laksebestander. Lengden på fjordvandringene til smolten fra bestandene i PO1 er korte.

Utvandringsperioden fra elvene i PO1 er fra siste halvdel av april til begynnelsen av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 15/5 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjøørret ruser: Som tidligere år ble stasjonene i Sandnesfjord og Flekkefjord undersøkt med ruse. Sandnesfjord anses som et kontrollområde uten oppdrett, mens Flekkefjord dekker det eneste området med oppdrettsaktivitet av betydning. I Sandnesfjord viste undersøkelsen i ukene 21 og 23 lite lus på fisken, og det estimeres ingen dødelighet. Dette er tilsvarende som tidligere år i samme periode. I Flekkefjord i uke 21 og 23 hadde en større andel av fiskene lus, og det estimeres henholdsvis lav og høy dødelighet. Området som helhet anses å ha lav lakselusindusert dødelighet basert på sjøørret ruser i 2022. Stasjonene ble overvåket fra ca. 2 uker etter estimert median utvandring, og anses dekkende fra 1-2 uker før median utvandring. Smolten har kort vandringsvei gjennom fjordene i dette området, og derfor kort oppholdstid i områder med forhøyet lusepress. Dette, sammen med de relativt lave utslippene som også er konsentrert i det overvåkede området, gjør at vi anser at kategoriseringen har liten usikkerhet. Tre laks fra elvene i dette området ble fanget med trål i Boknafjorden.

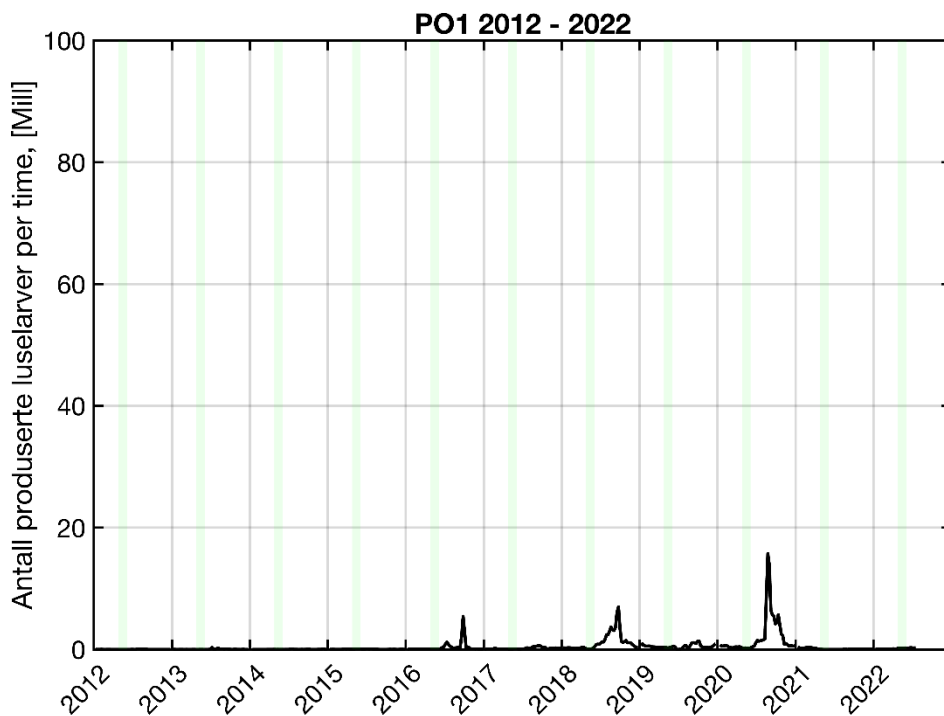
Smittepress HI: Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden i 2022. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør < 1 % av det kystnære arealet (Figur 2 i Appendiks IV). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: PO1 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus i 2022 (Figur 3 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 100 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på postsmolt i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden er stabilt lav over tid. Dødeligheten for hele området blir vurdert som lav også for tidlig og sen utvandrende fisk og for fisk med høyere og lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til en slik kategoriseringen i PO1 er derfor vurdert som liten.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten for alle vassdragene ble estimert til under 10 % (Figur 5 i Appendiks V). Produksjonen av lakselus i oppdrett innen dette produksjonsområdet er lav. Beregnet dødelighet var under 1 % for området, både for forventet dødelighet, gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon og for ulike antakelser om utvandringstid og tålegrense (Figur 5 i Appendiks V). Modellen anslår det som mer enn 99 % sannsynlig at dødeligheten var under 10 % (Figur 5 i Appendiks V). Beregningene tilsier derfor at det er svært sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver har vært generelt lav i perioden 2012 til 2022, men viser en økning i etterkant av smoltutvandringen i partallsår 2016-2020 (Figur 12).



Figur 12. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 1) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperioden i det aktuelle produksjonsområdet per år.

5.5.2 Produksjonsområde 2: Ryfylke

Kategori med høyest sannsynlighet: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

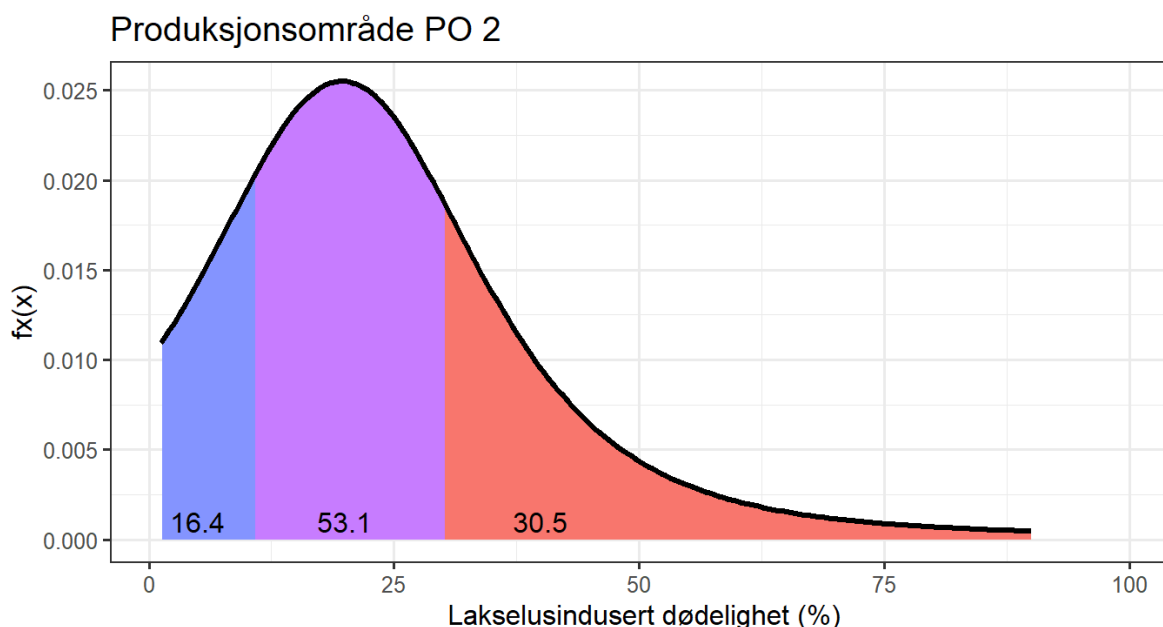
Hovedkonklusjon (Figur 13):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

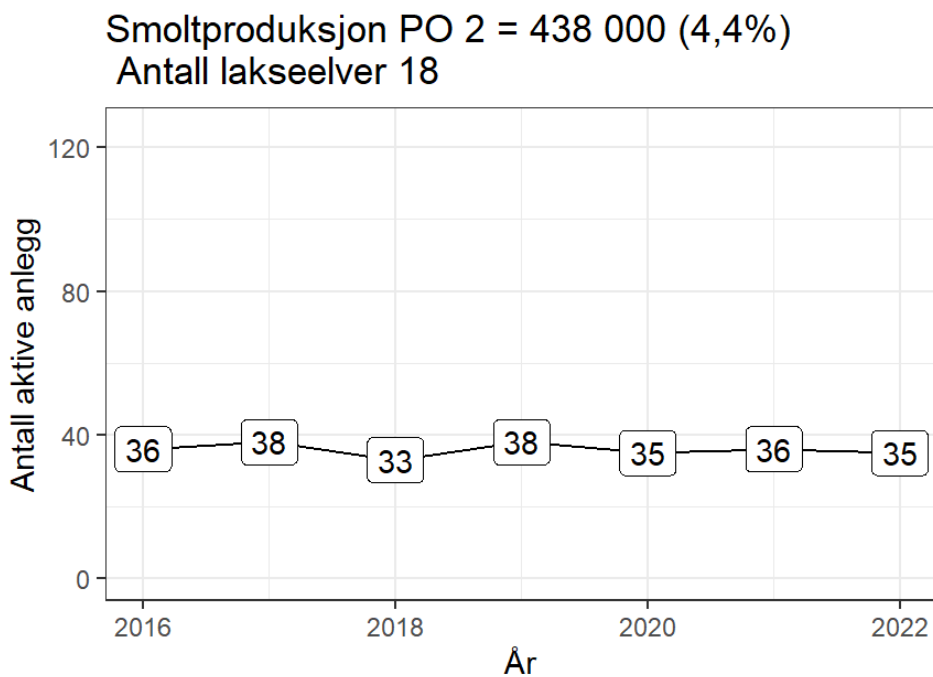
Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

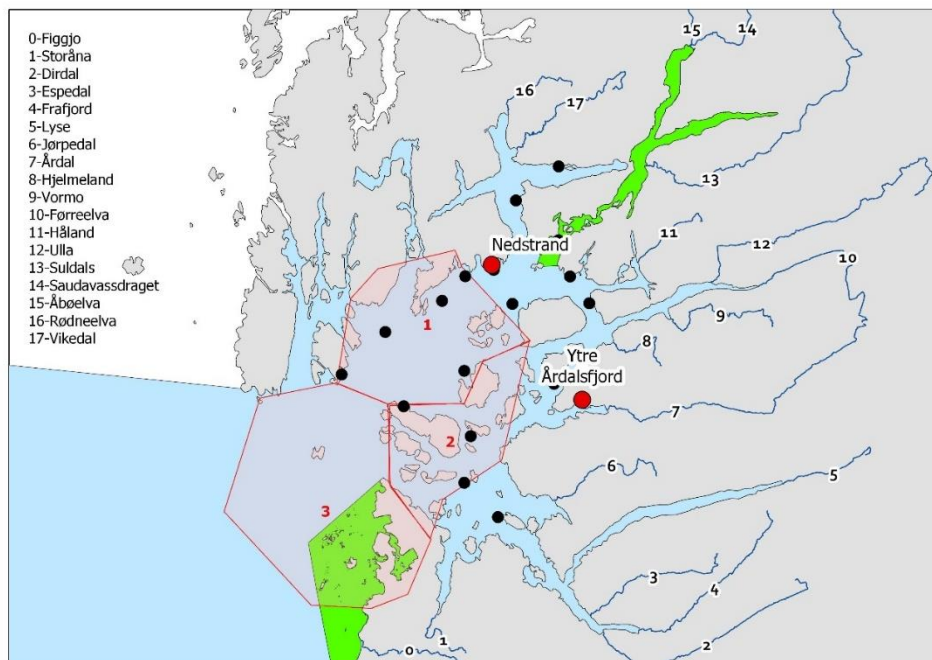


Figur 13. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

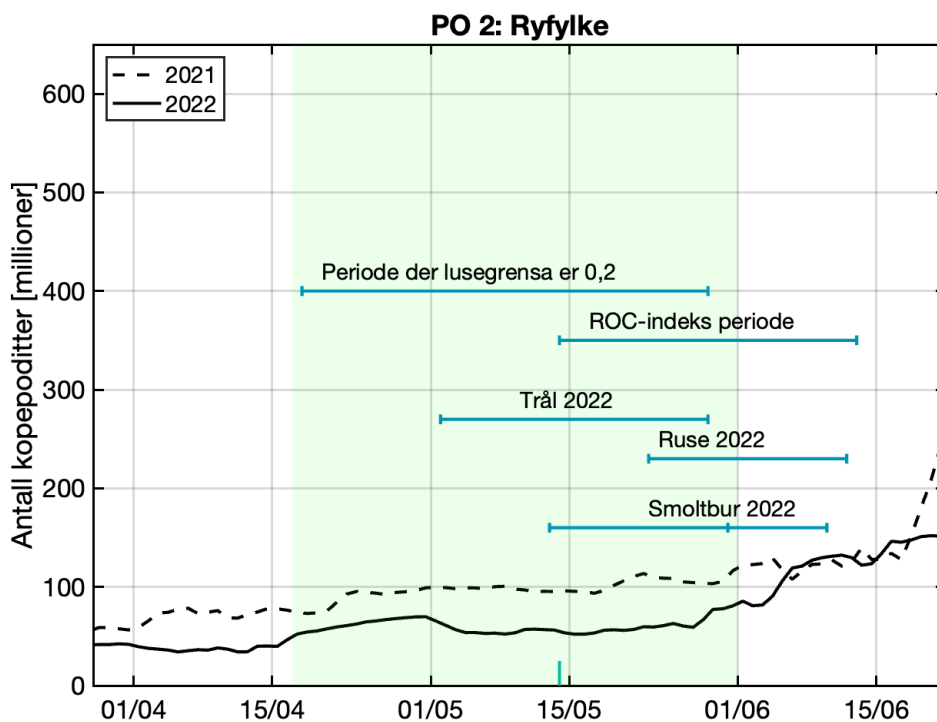
Argumentasjon: Dette er et PO hvor observasjonsdataene peker i noe forskjellige retninger, med lav dødelighet estimert fra tråldata og samtidig høye påslag på sjøørret, og stedvis moderate påslag av lus i bur. Det virker ikke til at det er spesielle avvik med tanke på ferskvannsavrenning. På lik linje med observasjonsdataene peker modellene i noe ulike retninger med en høy påvirkning fra HI sine modellprodukter og lavere fra VI og SINTEF. Samtidig påpekes det at de empiriske dataene som viser lave påslag ikke nødvendigvis er representative for det høye smittepresset. Samlet er det enighet om at det er svært vanskelig å være sikker på hva dødeligheten i dette produksjonsområdet er, men det er konsensus om at midtpunktet i sannsynlighetsfordelingen bør ligge mellom 10 og 30 %.



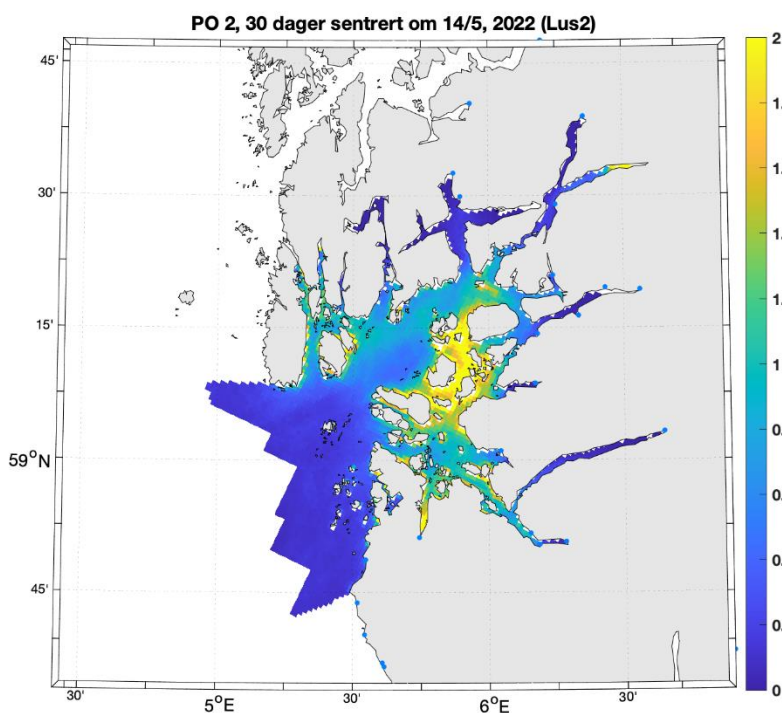
Figur 14. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 15. Produksjonsområde 2. Oversikt over elvene (svarte tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler, samt området det er trålt i (røde polygoner) i produksjonsområde 2. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 16. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelvei av midtpunkt for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst, vaktbur og sjørret ruse).



Figur 17. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden 2022.

Viktige elver: Figgjo har om lag 33 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. Dette vassdraget ligger på Jærkysten og er lite representativt for de øvrige laksebestandene i POet. Det er flere elver med relativt tallrike bestander sørøst i Ryfylke, inkludert Dirdal, Espedal og Frafjord. Videre nordøstover har Årdal, Vorma, Ulla og Suldalslågen betydelig smoltproduksjon og fangst av laks, sistnevnte har den lengste vandringsdistansen til kysten.

Utvandringsperioden fra elvene i PO2 er fra siste halvdel av april til begynnelsen av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 14/5 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Tråldata: Data fra trål indikerer lav lakselusindusert dødelighet i 2022. Det er trålt i Boknafjorden ukene 18-21, 3.-30. mai. Det estimeres lav, men på grensen til moderat dødelighet for elevene som renner ut på øst- og nordsiden, og lav for elvene på sørsiden. Antall fisk fanget fra elvene på øst og nordsiden var betydelig lavere enn antall fisk fra de sørlige elvene. Den lavere dødeligheten siste uken kan skyldes at fisken nesten utelukkende var tatt på sørsiden, området med minst lusepress. Usikkerheten vurderes som middels basert på at fangstene har vært gode, spesielt ukene 19-20, hvilket indikerer at trålperioden har vært dekkende for utvandringen, selv om det trolig har utvandret noe fisk både før og etter, men samtidig er estimert dødelighet basert på trålfangstene fra elvene på øst og nordsiden nær moderat.

Sjøørret ruser: Data fra ruse og garnfangst i 2022 indikerer høy dødelighet i Ytre Årdalsfjord ukene 21-23, høy i Nedstrand uke 21-23 og høy i Forsand uke 22. Ruse og garnfangst indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Ruseundersøkelsene er foretatt ca. 2 uker etter median utvandring, og er i tid derfor relativt dekkende for smoltutvandringen. Området med høyt smittepress omfatter store deler av Boknafjorden i produksjonsområdet. Usikkerheten anses derfor som liten.

Vaktbur: Burdata indikerer lav til moderat lakselusindusert dødelighet i 2022. Det var generelt stor dødelighet på fisken i vaktburene i første *periode*. I andre periode var det lavt antall lus (<2 lus/fisk) på burfisken i nordlige og østlige del, mens i midtre og sørlige del var det flere bur med moderate påslag av lakselus (2-6 lus/fisk). Usikkerheten som helhet vurderes som stor, grunnet stor dødelighet i vaktburene i første periode som anses mest dekkende for smoltutvandringen. Selv om datagrunnlaget er betydelig bedre i andre periode, vil denne perioden hovedsakelig fange opp sent utvandrende fisk eller fisk med lang vandringsvei.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i en relativt stor del av området i 2022 (Figur 5 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut fra elevene ble trolig påvirket i betydelig grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er 33 %. Indeksen øker rundt midtpunktet for utvandring fra 27 % til 43 % i løpet av to uker. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha høy lakselusindusert villfiskdødelighet, med middels usikkerhet.

HI Virtuell smolt: Produksjonsområde 2 er vurdert til å ha høy dødelighet som følge av lakselus i 2022 (Figur 6 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom

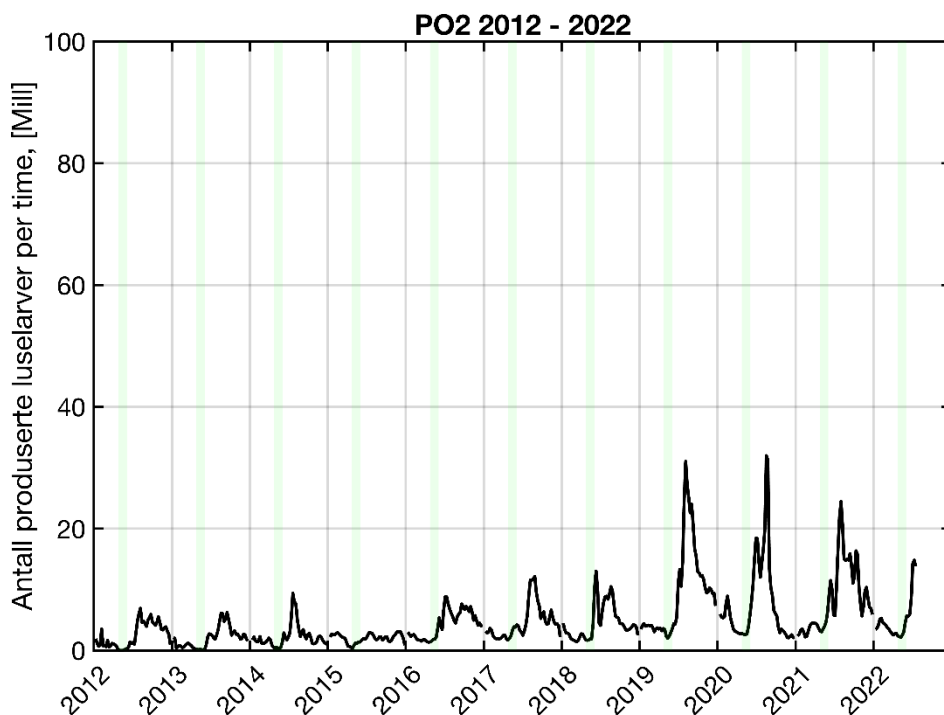
elvene, da 89 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandningsperioden til villfisk har variert mellom moderat og høyt de senere år. Dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat for høyere toleranse for lakselus, men høy for tidlig og sen utvandrende fisk samt for fisk med lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO2 er derfor vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten for alle unntatt de to sørvestligste vassdragene ble estimert til mellom 10 og 30 % (Figur 6 i Appendiks V). I de to sørvestligste vassdragene var dødeligheten under 10 %. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 15 % og dermed i moderat kategori, men nærmere lav enn høy (Figur 6 i Appendiks V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i samme kategori, men nærmere høy enn lav. Det er derfor vanskelig å si om usikkerheten går mest i retning lav eller høy. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke». Gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori nær grensen til lav, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid. Konklusjonen var sensitiv til antatt tålegrense, der en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.

SINTEF virtuell smolt: Resultatene gir en uvektet gjennomsnitt på 9,6 % som gir en lav påvirkning av luseindusert dødelighet. Høyeste estimat av dødelighet er beregnet for smolt fra elver som munner ut i sør-østlige deler av området. Modellen gir ikke estimat fra 1 elv. Resultatene er sensitiv til både utvandringstid og tålegrense og varierer fra å ligge mellom lav og moderat kategori. Usikkerheten er dermed satt til middels.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser økende smittepress i etterkant av smoltutvandringen de fleste årene 2012-2022. Det er høyere smittepress i de siste fire årene enn i tidligere år (Figur 18).



Figur 18. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO2) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperiodene per år.

5.5.3 Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

Kategori med høyest sannsynlighet: Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

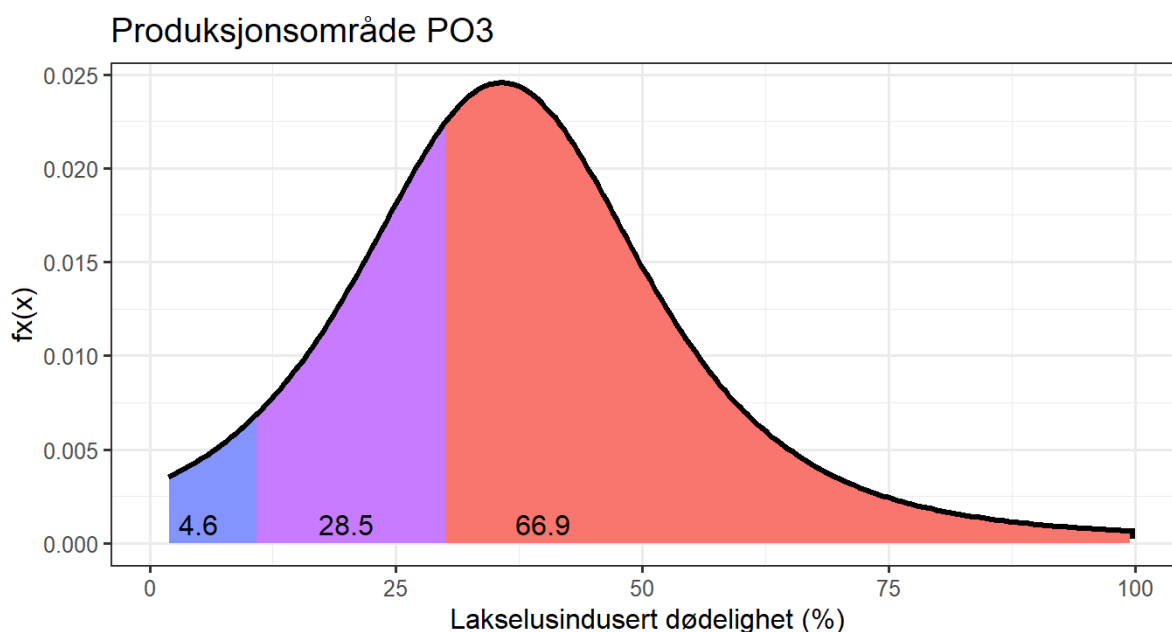
Hovedkonklusjon (Figur 19):

Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

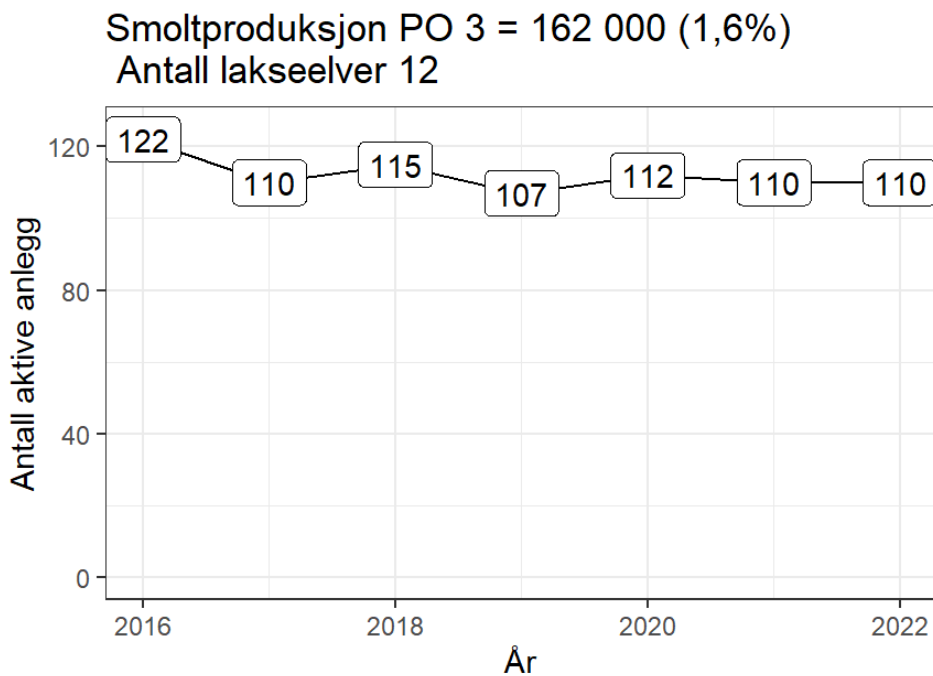
Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om høy lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha middels usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

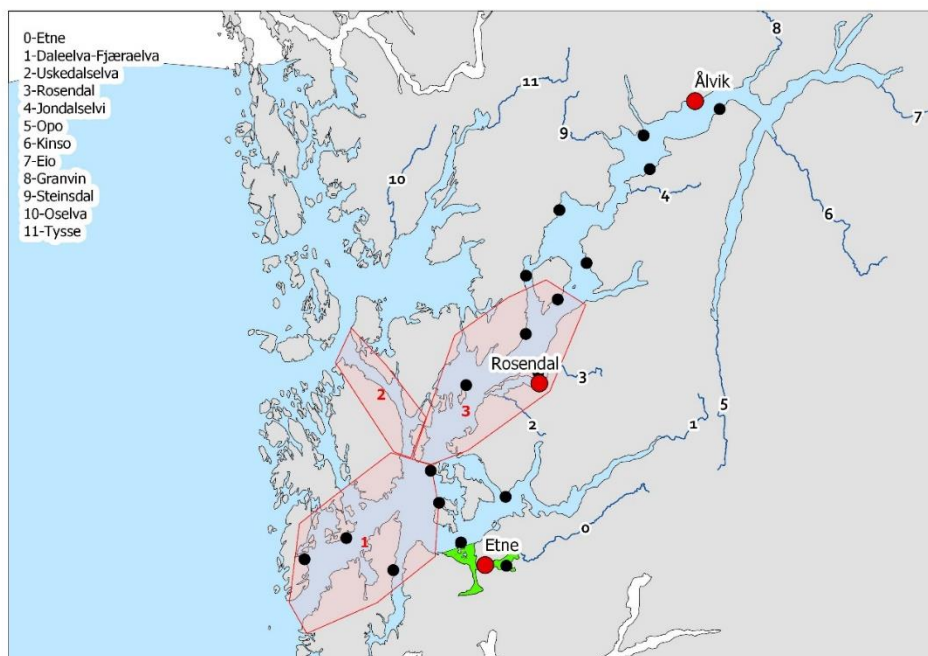


Figur 19. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %

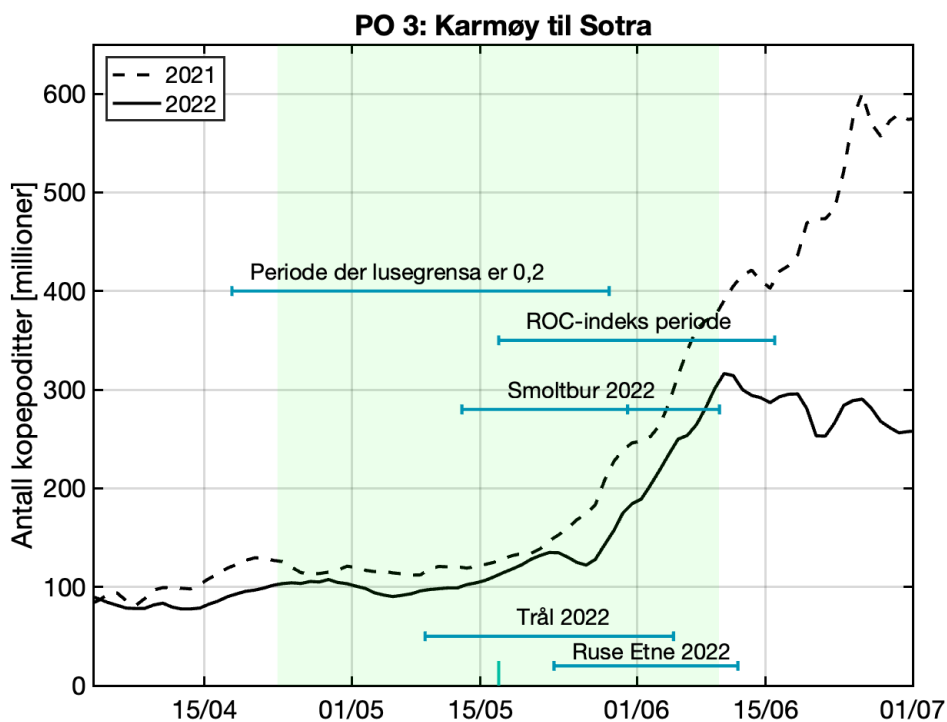
Argumentasjon: Modellestimatene viser tydelig at dødeligheten er høy i dette produksjonsområdet samtidig som trålet smolt har påslag som kan antyde lavere dødelighet. Dette kan imidlertid forklares av at laksesmolten er fanget i et område hvor de fremdeles har et høyt smittepress igjen å vandre gjennom. Det påpekes i gruppen at dette må vektlegges, men at med en slik argumentasjon også følger et ledd av usikkerhet som må reflekteres i distribusjonen. Sjøørret har høye påslag i områder hvor modellene viser høyt smittepress, samtidig som burdata viser forhøyde påslag i samme områder. SINTEF sin modell viser lavere påslag, men ettersom estimatene er basert på tilpasning til burdata er dette som forventet. Data og modeller er sammenlignbare med PO4 men det påpekes at usikkerheten er noe lavere ettersom de empiriske dataene er representative for en større andel av produksjonsområdet, samtidig som modellestimatene for dødelighet for PO3 ligger nærmere observasjonene.



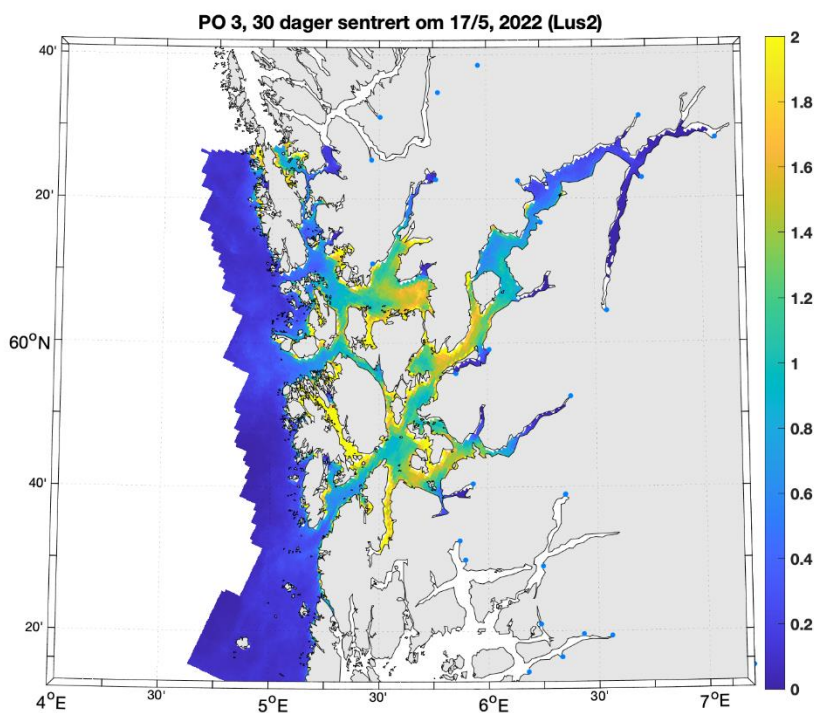
Figur 20. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 21. Produksjonsområde 3. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (røde polygoner). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



Figur 22. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelvei for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst, sjøørret ruse og smoltbur)



Figur 23. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden 2022.

Viktige elver: Etne har minst 30 % av teoretisk smoltproduksjon i dette området, og Uskedalselva har også en betydelig produksjon. Laksesmolt fra de innerste elvene i Hardangerfjorden, Opo, Kinso, Eidfjord og Granvin, har lang vandringsvei til kysten. Oselva i Bjørnefjorden har 15 % av teoretisk smoltproduksjon.

Utvandringsperioden fra elvene i PO3 er fra slutten av april til begynnelsen av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 17/5 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Trålfangst: I 2022 ble det trålt i perioden 10. mai - 4. juni. Fangstene av utvandrende postsmolt av laks var gode de tre første ukene, betydelig lavere siste uken. Tråldata indikerer lav lakselusindusert dødelighet for den første uken, moderat for den andre uken og høy for de to siste ukene, og moderat for hele trålperioden. Estimert dødelighet for fisk tilordnet hjemelv var moderat for alle elvene fra de indre til de ytre regionene. Tas den innerste trålsonen ut av analysen, øker estimert dødelighet for postsmolt fra de midtre elvene til over 30 %. Tråldata indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten vurderes som middels da antall undersøkte fisk er lav i slutten på perioden samt at trålingen sannsynligvis ikke har fanget opp tidlig utvandrende fisk fra de ytre bestandene. Trålingen dekker heller ikke de to bestandene som vandrer ut i Bjørnafjorden i den nordlige delen av produksjonsområdet.

Sjøørret ruser: Data fra ruse og garnfangst i 2022 indikerer moderat dødelighet i Ålvik ukene 23 og 25/26, høy i Rosendal ukene 22, 25 og 26, og høy i Etne uke 21-26. På den indre stasjonen i Etne indikerer data fra rusefangst moderat dødelighet de to første ukene (uke 21-22), men øker deretter til høy de siste tre ukene (uke 23-25). Ruse og garnfangst indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Ruse og garnundersøkelsene er tatt ca. 2-3 uker etter median utvandring for området. Stasjonene anses dekkende i tid og rom for å fange opp smittepresset for utvandrende postsmolt av laks. Usikkerheten anses som liten da det indikeres en høy til moderat dødelighet på stasjoner i hele fjordsystemet gjennom hele den undersøkte perioden. Overvåkingsperioden dekker ikke tidlig utvandrende fisk, og data fra Bjørnafjorden mangler, et område som smittekartene indikerer kan ha høy lakselusindusert dødelighet, men samtidig er det bare to lakseførende elver i dette systemet.

Vaktbur: Data fra vaktbur indikerer lav til moderat lakselusindusert dødelighet i 2022. Det var generelt stor dødelighet på fisken i vaktburene i første periode, trolig grunnet problemer under transporten. I første periode var det lavt antall lus (<2 lus/fisk) i alle aktuelle vaktbur, men disse deker bare delvis midtre samt indre deler av fjorden. I andre periode var det lavt (<2 lus/fisk) til moderat (2-6 lus/fisk) antall lus på burfisken i Hardangerfjorden. Påslagene var generelt lavere i indre del av fjordsystemet og i de sørligste sidefjordene. Fra midtre til ytre del av hovedløpet til Hardangerfjorden var det moderat. Usikkerheten vurderes som stor da burene i første periode som er mest relevant for smoltutvandringen i dette området ikke dekker de ytre delene, dette selv om tråldata indikerer lavt smittepress i denne perioden.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i store deler av området i 2022 (Figur 8 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut fra enkelte elver ble trolig påvirket i betydelig grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er høy (36 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandringen (31-38 %

i løpet av to uker), men er hele denne perioden i kategorien høy. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha høy lakselusindusert villfiskdødelighet, med liten usikkerhet.

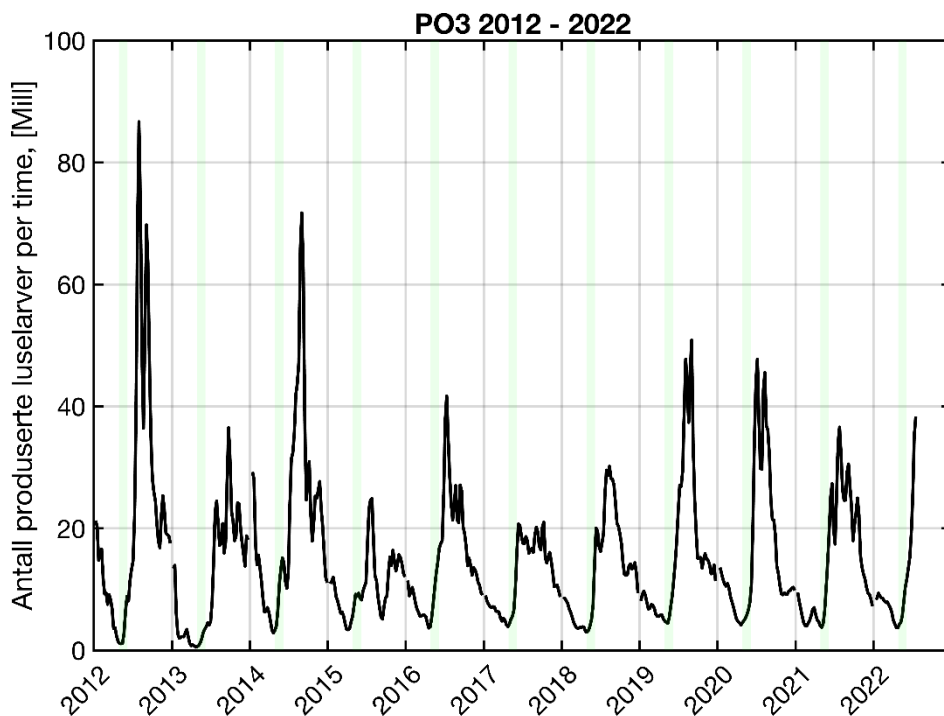
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 3 er vurdert til å ha høy dødelighet som følge av lakselus i 2022 (Figur 9 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 92 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandningsperioden til villfisk er kategorisert som høyt over mange år. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som høy også for tidlig og sen utvandrende fisk og for fisk med høyere og lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO3 er derfor vurdert som liten.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til over 30 % for postsmolt fra de innerste elvene og mellom 10 og 30 % for de ytterste (Figur 7 i Appendiks V). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 40 % og dermed i høy kategori (Figur 7 i Appendiks V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i samme kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «sannsynlig». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var også i høy kategori, som betyr at konklusjonen om høy dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om høy dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid. Konklusjonen var sensitiv til antatt tålegrense, der en dobling av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt av dødelighet var 12,3 % som gir en moderat påvirkning. Estimerte verdier for luseindusert dødelighet for utvandrende post-smolt hjemhørende i PO3 er alle innenfor moderat kategori. Det mangler data fra 1 elv. Sammenligninger med burdata fra området viser at modellen gjengir romlig variasjon i smittepress, og at modellen overestimerer lusepåslaget sammenlignet med burdata. Resultatene er lite sensitive med hensyn til utvandringstidspunkt, men endring av tålegrense gir både lavere og høyere kategori og usikkerheten vurderes til å være stor.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2022, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 24). Beregningene tyder på økning i antall luselarver i 2022 sammenlignet med 2021.



Figur 24. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområde PO3 2021-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperiodene per år.

5.5.4 Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

Kategori med høyest sannsynlighet: Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

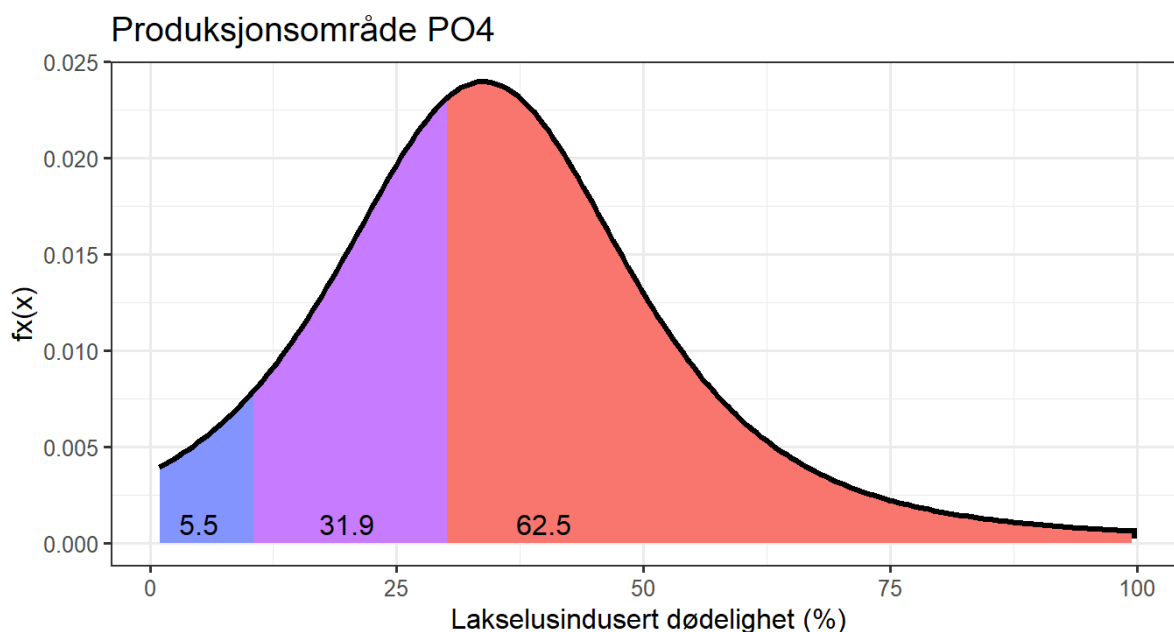
Hovedkonklusjon (Figur 25):

Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

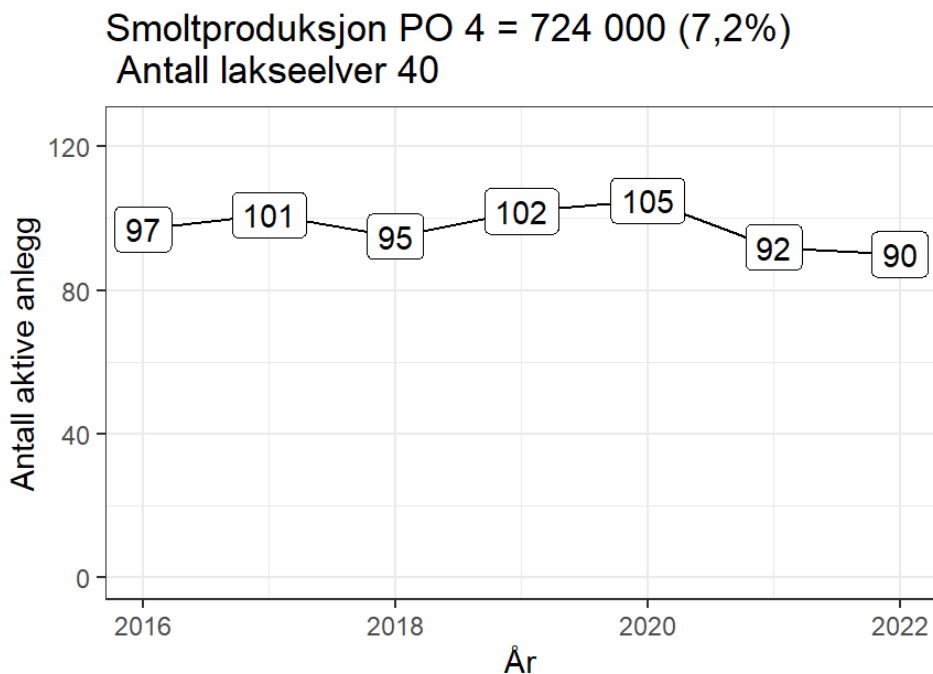
Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om høy lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

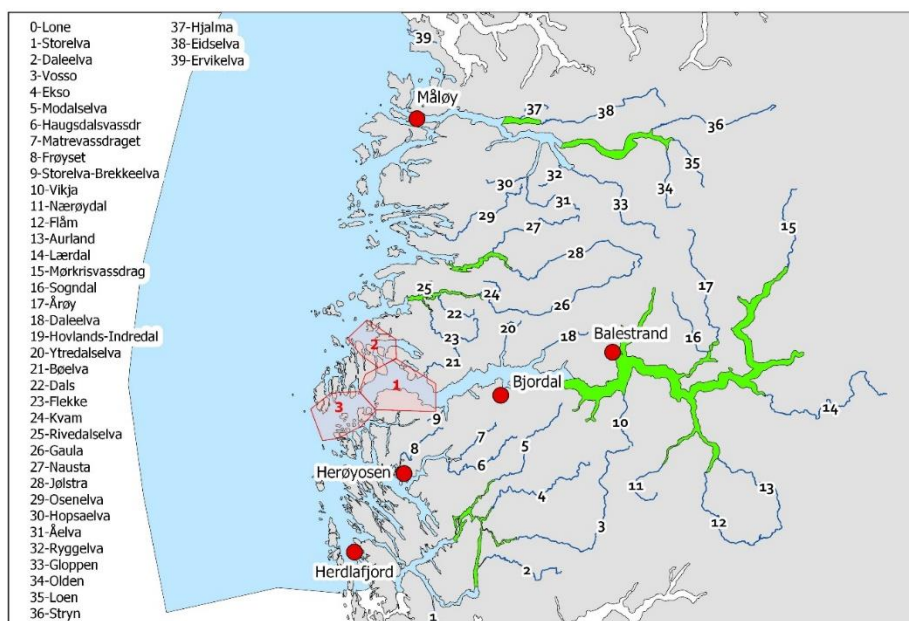


Figur 25. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

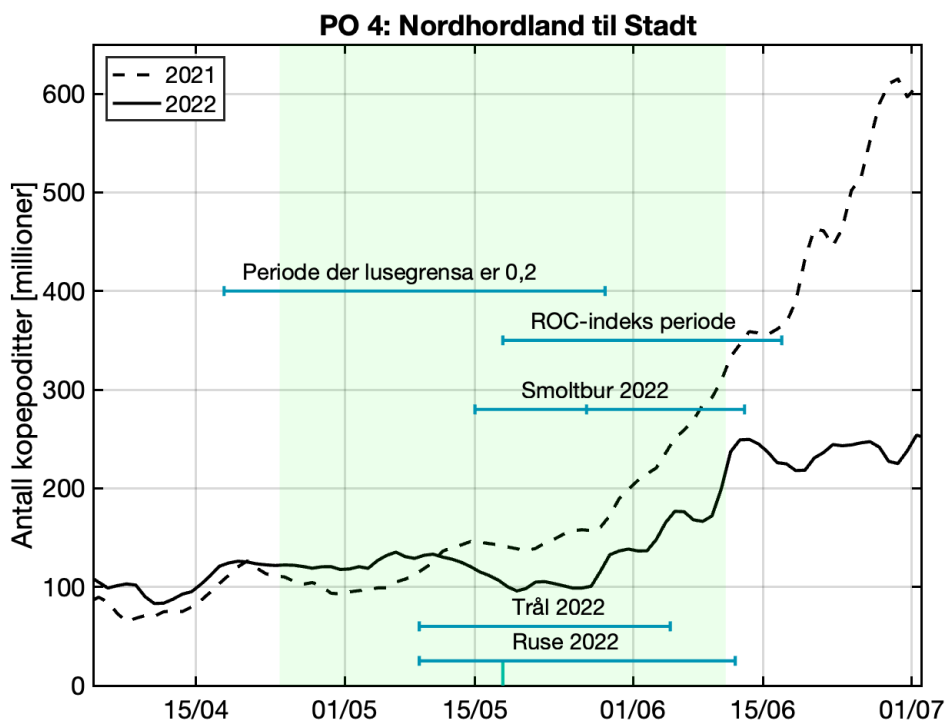
Argumentasjon: Dette er et PO hvor det er generelt høyt smittepress i de ytre områdene av relative lange utvandningsruter, og hvor de empiriske dataene viser høye påslag av lus der det er gjort observasjoner. Samtidig er det områder med lavere smittepress som ikke er dekket av datainnsamling, og det er generelt en diskusjon om hvordan man skal vektlegge data spesielt fra Sognefjorden når man skal generalisere for hele POet. Modellene som dekker hele POet indikerer både under og over 30 % dødelighet. Samtidig er det åpenbart at det er høye påslag av lakselus på sjørret i områder hvor også smittepresset er høyt. Det er dermed konsensus om at data i kombinasjon med modeller indikerer at det er mest sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet er over 30 %, men at det er også usikkerhet som må reflekteres i en sannsynlighetsdistribusjon nedover.



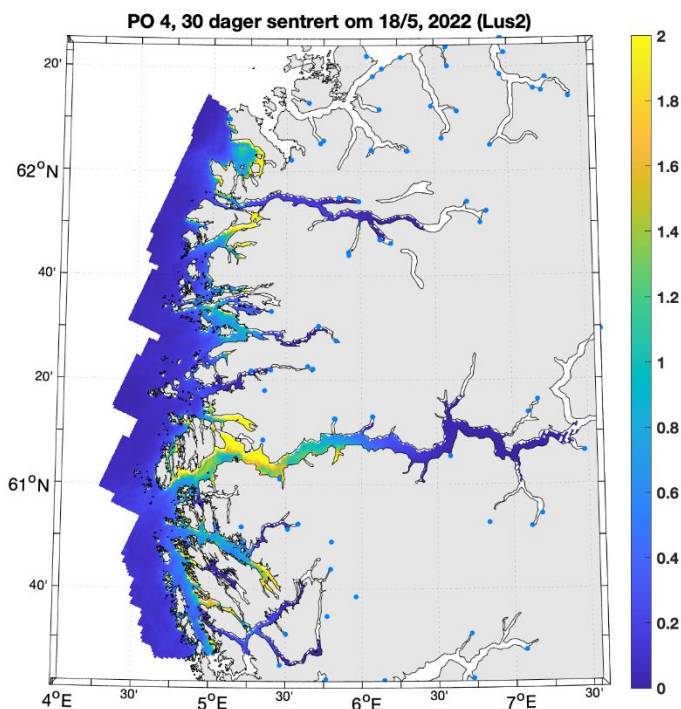
Figur 26. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 27. Produksjonsområde 4. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (røde polygoner). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 28. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelvei av midtpunkt for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst, smoltbur og sjørøret ruse).



Figur 29. Kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden 2022.

Viktige elver: Sør for Sognefjorden ligger Vosso i indre del av Osterfjorden, som har 10 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. Lærdalselva i indre del av Sognefjorden har 17 % av teoretisk smoltproduksjon og lang vandringsvei. Det er flere relativt tallrike bestander i Sunnfjord, bla. Gaula og Nausta med litt i underkant av 10 % av teoretisk smoltproduksjon hver, men disse har relativt kort vei til kysten. I Nordfjord er det relativt tallrike bestander i Eidselva (midt) og Aaelva (langt inne).

Utvandringsperioden fra elvene i PO4 er fra slutten av april til begynnelsen av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 18/5 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Trålfangst: Det ble i 2022 trålt etter postsmolt av laks i Sognefjorden over 4 uker fra 10. mai til 3. juni, ukene 19-22. Tråldata indikerer høy dødelighet på laksen de to første ukene, deretter moderat i tredje uke og høy i siste uke. Estimert dødelighet for fisk tilordnet hjemelv var høy for alle elvene fra de indre og midtre regionene i Sognefjorden. Data fra trål indikerer derfor en kategorisering av området i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten er vurdert som middels da fangstene var lave i enkelte uker samt at trålingen bare dekker Sognefjorden. Bra fangst i tredje uke kan indikere at trålperioden er dekkende for utvandringen av fisk i Sognefjorden, og bør dekke opp fisk fra de indre elvene som har vandret fra ca. 1. mai. Derimot dekker ikke trålingen de viktige elvene i Nordhordland, Sunn- eller Nordfjord.

Sjøørret ruser: Data fra ruse og garnfangst i 2022 indikerer moderat til høy dødelighet i Nordhordland. På stasjonen Herøyosen var risiko for dødelighet lav/moderat i uke 21, høy i ukene 22-26. I Herdlafjorden indikerer data fra rusefangst høy dødelighet ukene 19-22, moderat uke 24 og høy ukene 25 og 26. I Sognefjorden estimeres moderat dødelighet ved Balestrand og høy dødelighet ved Bjordal i uke 21 og 24. I ytre Nordfjord indikerer data fra ruse/garn høy dødelighet uke 22, og lav til moderat ukene 24-25. Ruse og garnfangst indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten anses som moderat da det i perioder er lavt antall undersøkte individer samt at områdene mellom Sognefjorden og Nordfjord ikke er undersøkt.

Vaktbur: Data fra vaktbur indikerer høy lakselusindusert dødelighet i 2022. Vaktburene i Sognefjorden viste at det generelt var høyt smittepress i de midtre og indre delene i perioden rett etter median smoltutvandring for området. I den andre runden var det generelt moderat smittepress, og lavt i de ytre delene, men det observeres høyt smittepress på ett av de innerste burene. Gitt en median utvandring av laks i uke 19 (14. mai) dekker første runden fra median dato for utvandring og de to neste ukene, samt fisk som har vandret tidligere og har lang vandringsrute. Den andre perioden dekker bare sent utvandrende laks, men også laks som bruker lang tid på vandringen gjennom denne lange fjorden. Usikkerheten vurderes som middels, da vaktburene bare dekker perioden etter median smoltutvandring, og bare Sognefjorden.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i ytre deler av området i 2022 (Figur 11 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut fra elvene ble trolig påvirket i betydelig grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat i 2022 (15 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandring (12-19 %), men holder seg i kategorien moderat (mellom 10 og 30 %) i hele den antatte

utvandringsperioden. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, med liten usikkerhet.

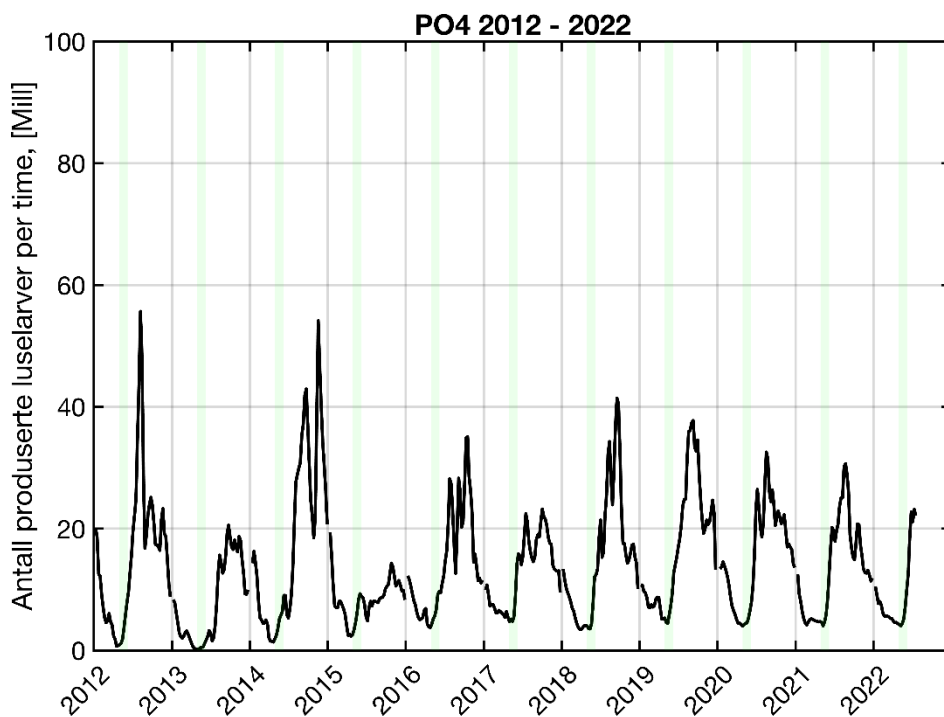
HI Virtuell smolt: Produksjonsområde 4 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus (Figur 12 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 58 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk svinger mellom moderat og høyt over tid. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig utvandrende fisk og fisk med antatt høy toleranse for lakselus. Sent utvandrende fisk, samt fisk med antatt lav toleranse for lakselus blir kategorisert med høy dødelighet. Usikkerheten til kategoriseringen i PO4 er derfor vurdert som stor.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til over 30 % for postsmolt fra alle elvene unntatt én (Figur 8 i Appendiks V). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 61 % og dermed i høy kategori (Figur 8 i Appendiks V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, som betyr at det observerte lusenivået i postsmoltdataene var høyere enn smittepresset skulle tilsi. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i høy kategori, som betyr at konklusjonen om høy dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om høy dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt fra modellen var 9,7 % og innenfor lav påvirkning av lakselusindusert dødelighet. Modellresultatene for PO4 gir dødelighetsestimater innenfor høy og moderate kategori for postsmolt hjemhørende i elver i Sognefjorden, og innenfor lav kategori i resten av området. I PO4 er det god overenstemmelse mellom burobservasjoner og modelldata i de ytterste delene av Sognefjorden, men modellen fanger ikke opp observerte store påslag av lus innover i fjorden. Modellen mangler data fra 4 elver. Resultatet varierer mellom lav og moderat kategori for ulike utvandringstidpunkt og ulike tålegrenser. Usikkerheten vurderes til å være middels.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2022, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 30).



Figur 30. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 4) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandringstidene per år.

5.5.5 Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Kategori med høyest sannsynlighet: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

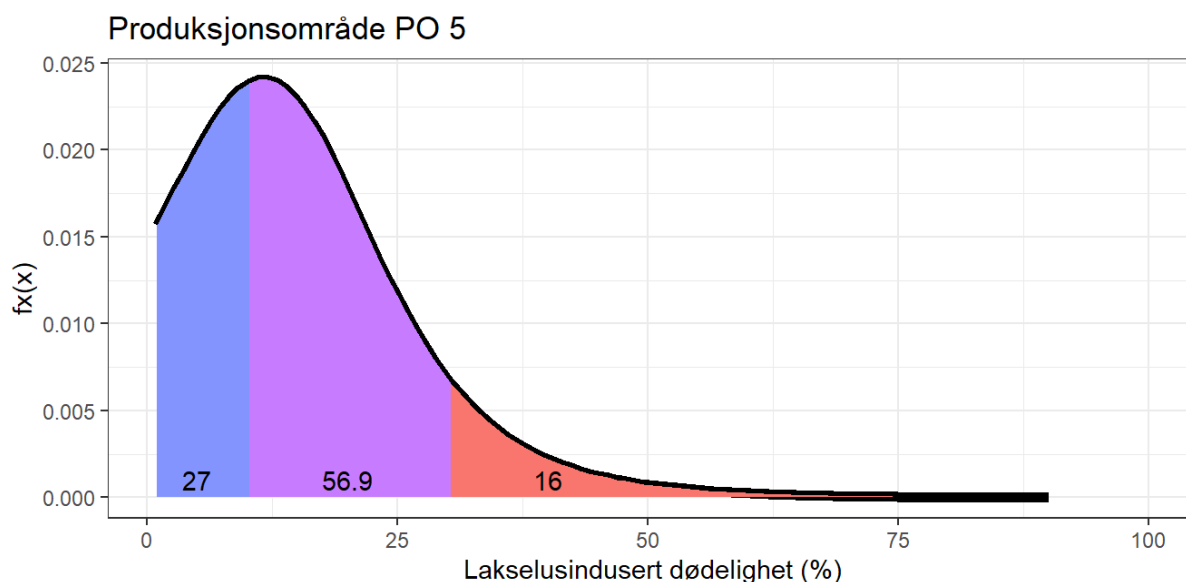
Hovedkonklusjon (Figur 31):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

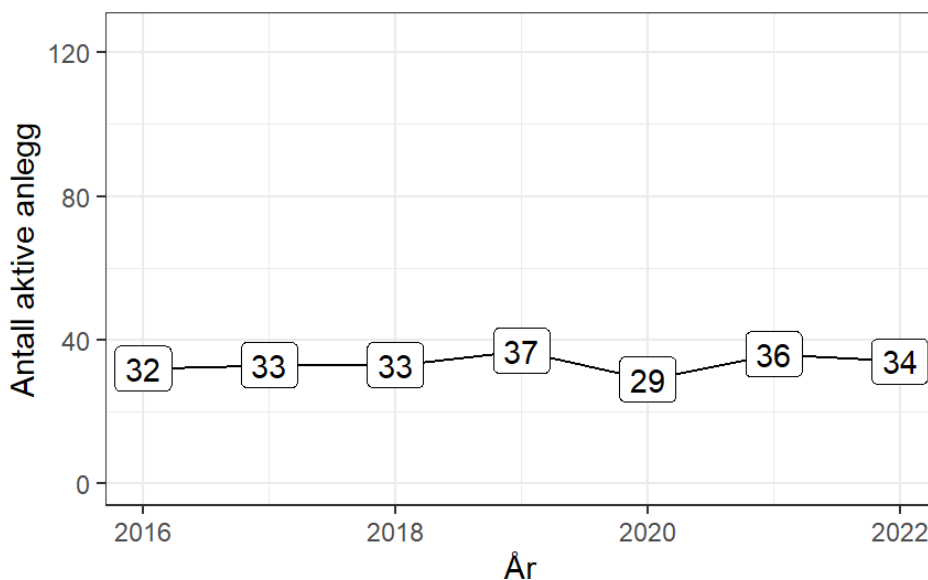
Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.



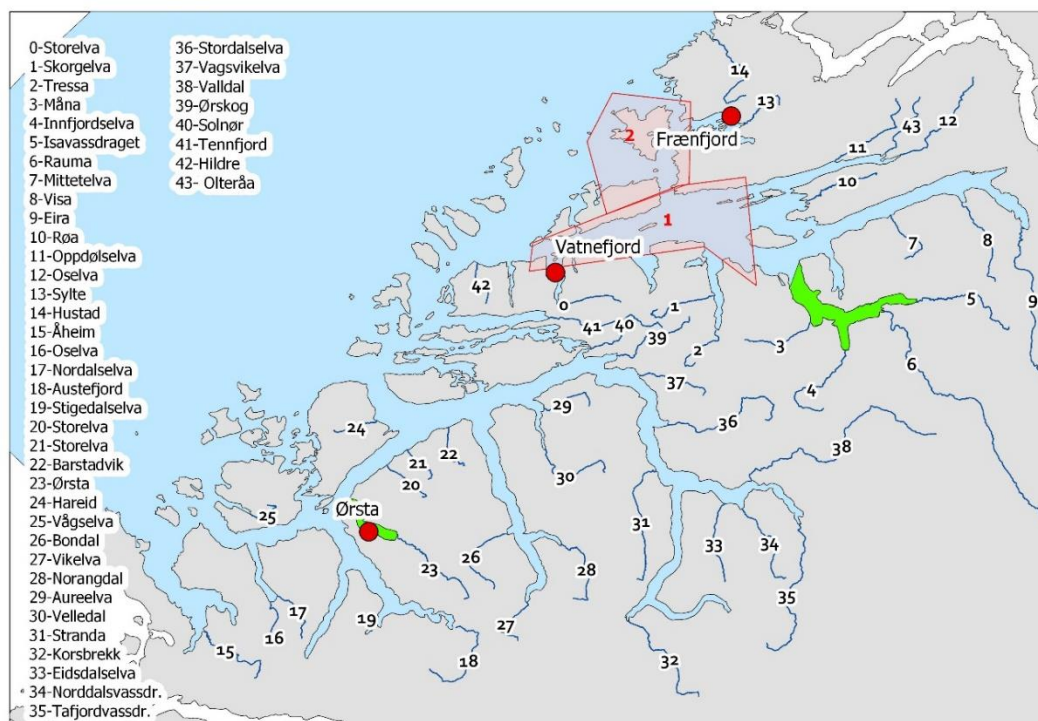
Figur 31. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

Argumentasjon: Ekspertgruppen legger vekt på at smittepresset i området virker til å påvirke en rekke av vassdragene ifølge modellene. Det er imidlertid lite observasjonsdata fra det området som virker til å være påvirket mest (Storfjorden). Antall laksesmolt som er fanget i Romsdalsfjorden er også få og tråldataene har derfor stor usikkerhet ved seg. Samtidig viser påslag av lakselus på sjørret høye påslag i områder med forhøyet smittepress. Ekspertgruppen legger derfor vekt på at modellerte påslag tyder på at gjennomsnittlig lakselusindusert villfiskdødelighet er mellom 10 % (VI modell, ujustert gjennomsnitt) og 20 % (HI modell), men påpeker samtidig at det er stor usikkerhet knyttet til dette. Lavere dødelighetsanslag i SINTEF-modellen har trolig sammenheng med at denne er kalibrert mot vaktburdata, som gir vesentlig lavere lusenivåer enn kalibrering mot trålfanget vill laksesmolt.

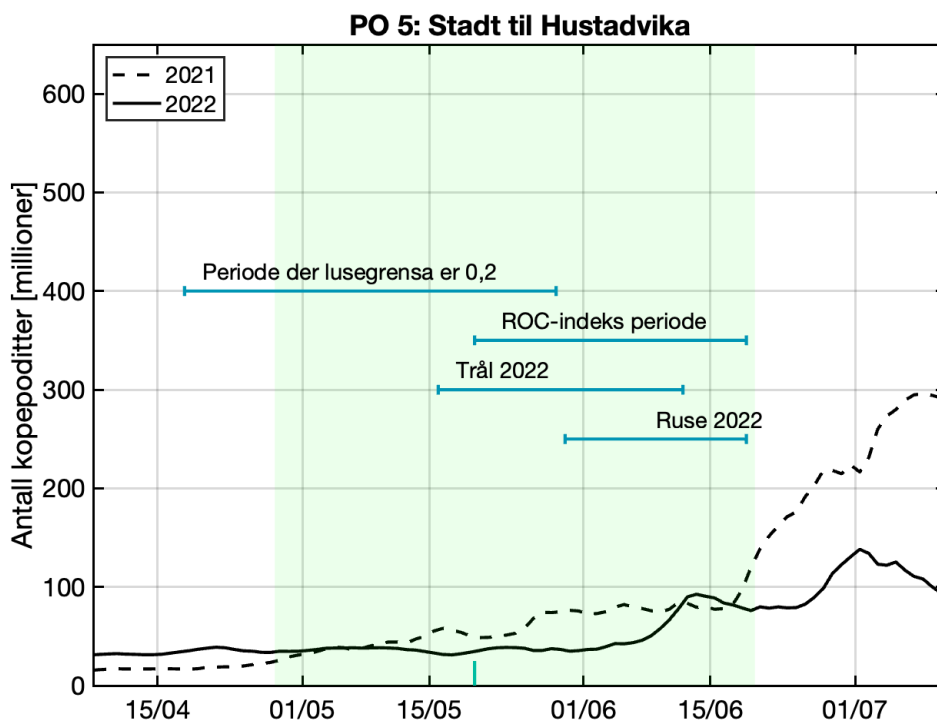
Smoltproduksjon PO 5 = 529 000 (5,3%)
 Antall lakseelver 44



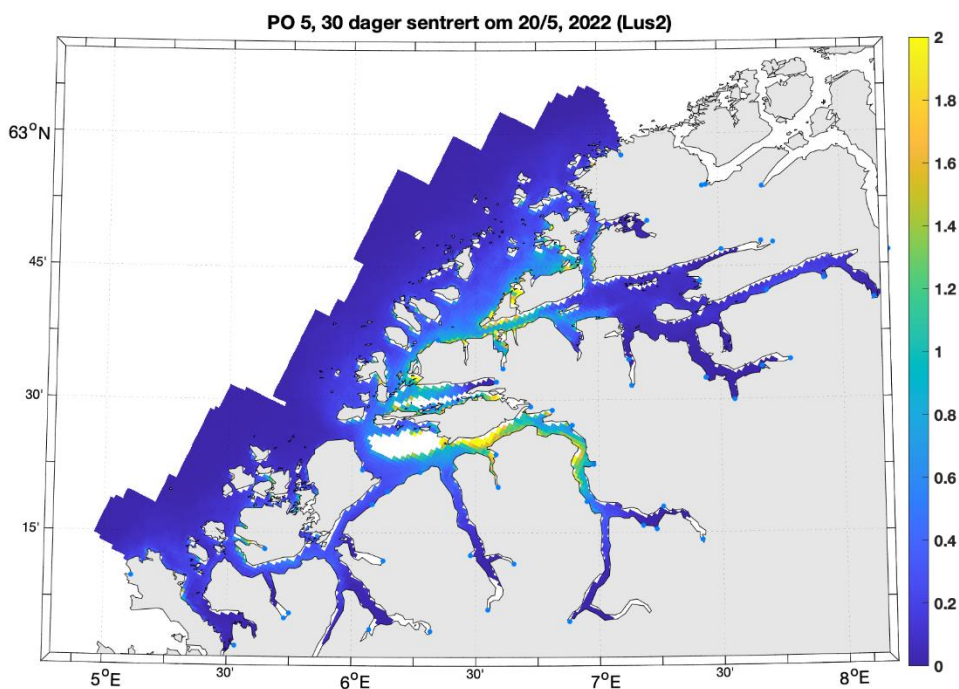
Figur 32. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 33. Produksjonsområde 5. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (røde polygoner). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 34. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 5 i smoltutvandringstiden. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandringstid fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringstiden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst og sjørret ruse).



Figur 35. Kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 5 i smoltutvandringstiden 2022.

Viktige elver: Rauma, i indre del av Romsdalsfjorden, har 20 % av teoretisk smoltproduksjon i dette POet, Eira og Oselva har rundt 5 % hver. Ørsta og Valldal har henholdsvis 9 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon.

Utvandringsperioden fra elvene i PO5 er fra månedsskiftet april-mai til første halvdel av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 20/5 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Trålfangst: Det ble trålt i Romsdalsfjorden fra 19. mai til 13. juni, ukene 20-23. Tråldata fra Romsdalsfjorden støtter en kategorisering i lav lakselusindusert dødelighet. Når elvene ble inndelt i regioner, er estimert dødelighet for elvene fra nordsiden moderat, mens det i øst og sør er lavt. Usikkerheten vurderes som stor da antall fanget fisk var lav gjennom hele perioden med størst fangst i løpet av den første uken. I tillegg tråles det ikke i Storfjorden hvor smittekartene indikerer høyere smittepress enn i selve Romsdalsfjorden, samt at fisken har ett stykke vandring etter trålingen før den er ute ved kysten.

Sjøørret ruser: Ruse og garnfangst av sjøørret i 2022 indikerte høyt smittepress i ytre deler av Romsdalsfjorden, både på den sørlige delen (Vatnefjorden uke 22-24) og i den nordlige delen (Frænfjorden uke 23). Data fra ruse og garnfangst støtter derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Siden median utvandring i dette området er estimert til uke 20, er tidsrommet for undersøkelsene i Vatnefjorden dekkende for utvandringen, mens Frænfjorden er undersøkt noe sent, og er dekkende bare for sent utvandrende fisk. Usikkerheten vurderes som stor, basert på begrenset antall stasjoner i Romsdalsfjorden med til dels lav fangst. I tillegg er det ikke undersøkt stasjoner i Storfjordssystemet lenger sør i produksjonsområdet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt til moderat i store deler av området i 2022 (Figur 14 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut fra elvene ble trolig påvirket i liten til moderat grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav i 2022 (8 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandring (5-12% i løpet av to uker) og krysser grensen til kategorien moderat få dager etter antatt midtpunkt for utvandringen. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 5 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2022 (Figur 15 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 61 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk er kategorisert som moderat de siste 5 år. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sent utvandrende fisk, samt for fisk med antatt høy toleranse for lakselus. Fisk med antatt lav toleranse for lakselus blir kategorisert med høy dødelighet. Usikkerheten til kategoriseringen i PO5 er derfor vurdert som middels.

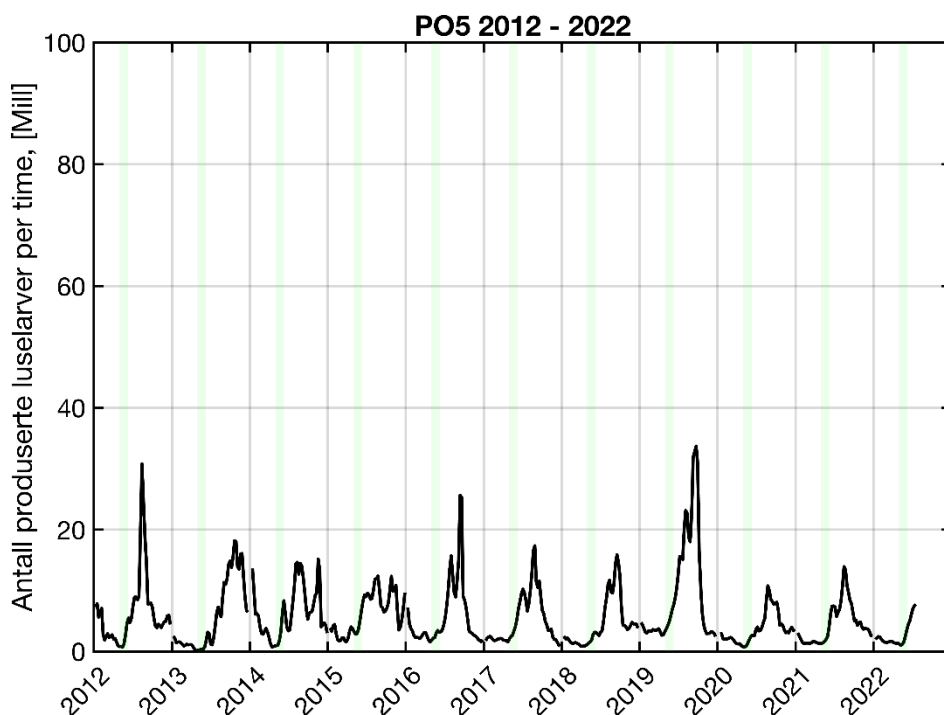
VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til mellom 10 og 30 % for postsmolt fra en del elver med lang utvandring og ellers under 10 % (Figur 9 i Appendiks V). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 7 % og

dermed i lav kategori (Figur 9 i Appendiks V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i lav kategori, nær grensen til moderat. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «sannsynlig». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvne i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, mens en halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt ga 1,8 % lakselusindusert dødelighet som gir lav påvirkning av luseindusert dødelighet på alle smoltbestander hjemhørende i PO5. Det mangler estimat for 5 elver. Det er videre lite sensitivitet til utvandringstidspunkt og tålegrenser og usikkerheten vurderes til å være liten.

Tidstrend i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2022, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 36), med lavere utslipp i 2020-2021 enn 2019.



Figur 36. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 5) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandringsperiodene per år.

5.5.6 Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

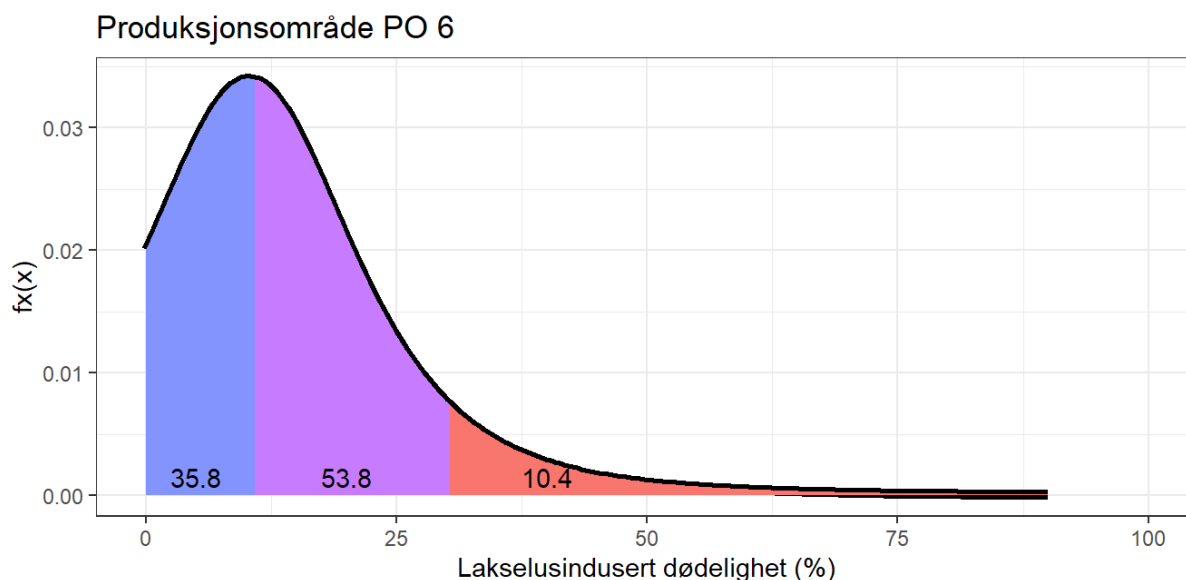
Kategori med høyest sannsynlighet: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

Hovedkonklusjon (Figur 37):

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022. Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

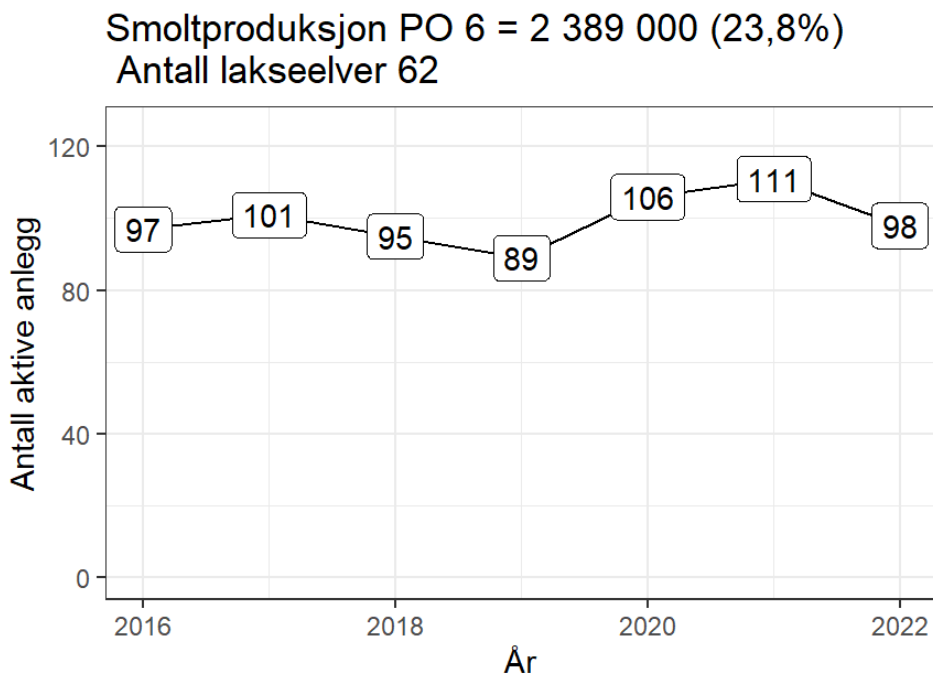
Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

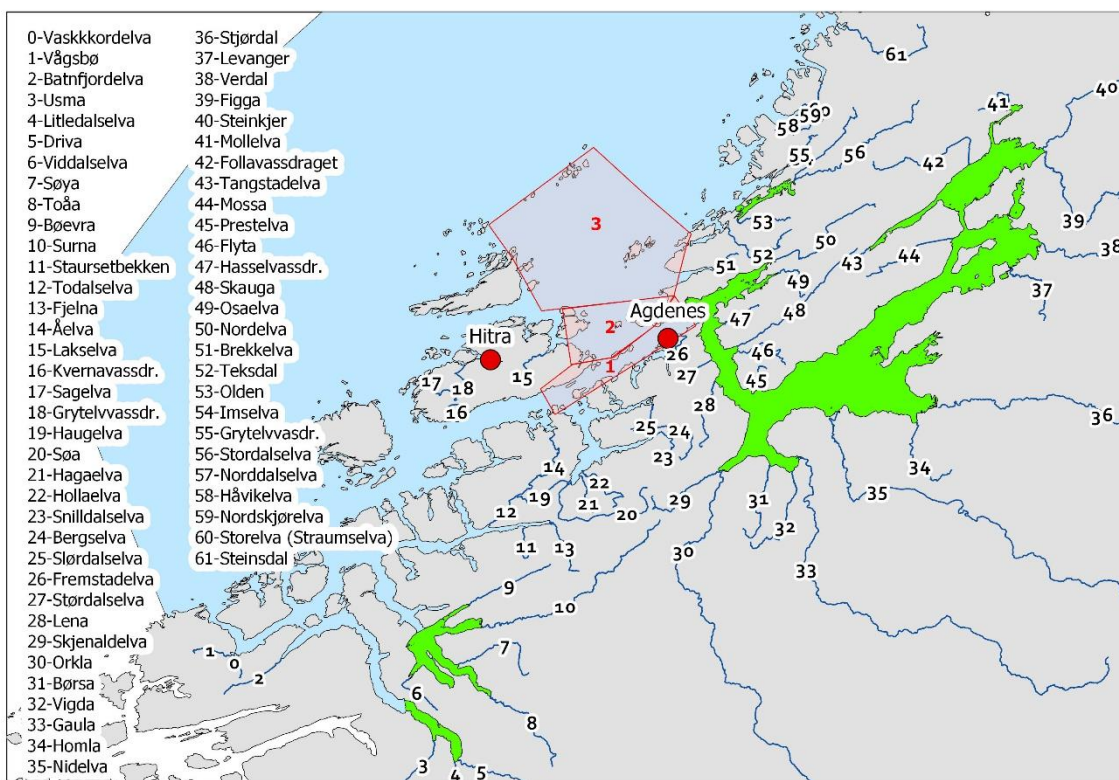


Figur 37. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %. Merk at midtpunktet i sannsynlighetsfordelingen ligger i moderat kategori (10-30 %), selv om lav kategori (0-10 %) har høyere kumulativ sannsynlighet.

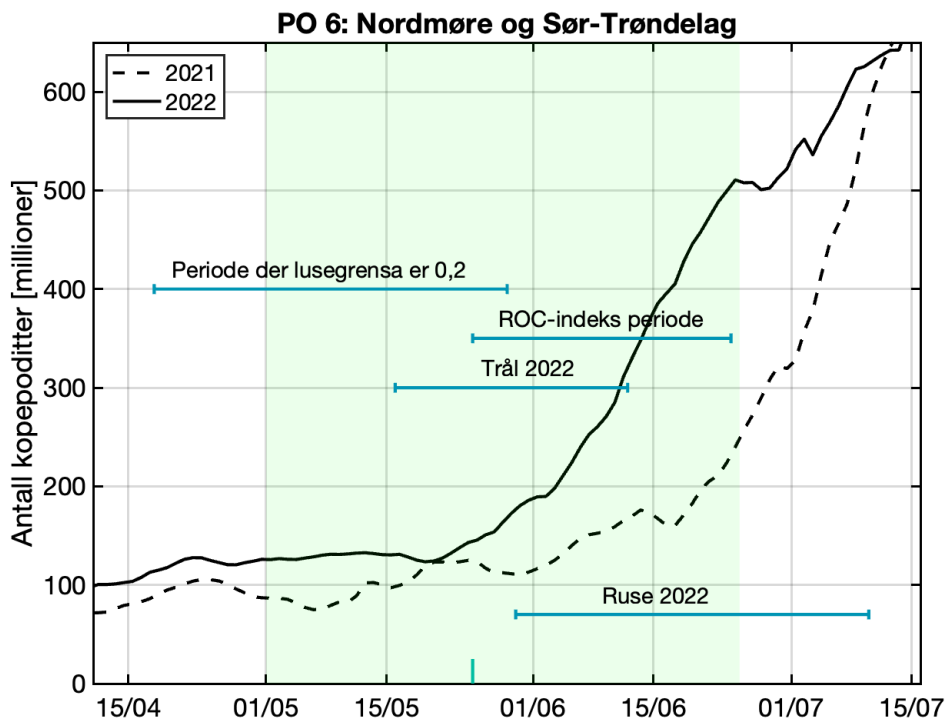
Argumentasjon: Dette er et område hvor mengden lus på trålfanget laksesmolt er lavere enn hva modellene tilsier, men på grunn av manglende dekning av deler av utvandringsrutene og produksjonsområdet, er det svært krevende å gjøre en vurdering av det samlede nivået av lakselusindusert dødelighet. Det er enighet om at det er sannsynlig at gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet er under 30 %, men samtidig er det et høyt smittepress i deler av området som kan ha en effekt på en stor del av området. I sine vurderinger har ekspertene vektlagt resultatene noe ulikt, men har kommet til enighet om at de lave påslagene på laksesmolt i trål indikerer at effekten av lakselus i dette området kan være lavere enn hva modellene til VI og HI tilsier (VI ujustert gjennomsnitt = 14 % og HI = 25 %). Samtidig er påslagene på sjøørret høye i områder med høyt smittepress, og det er konsensus om at det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert dødelighet er større enn 10 %.



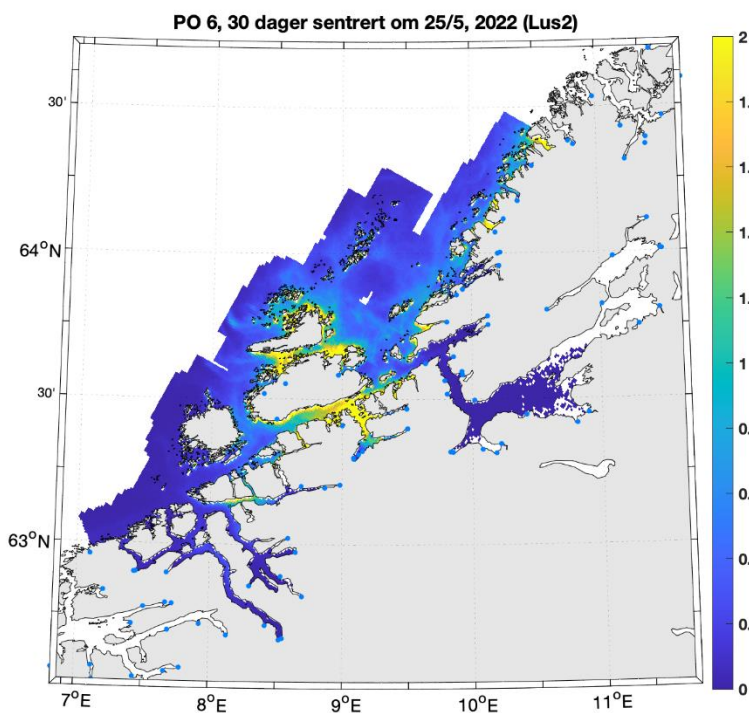
Figur 38. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 39. Produksjonsområde 6. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) samt området det er trålt i (røde polygoner). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 40. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelvei av midtpunkt for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst og sjørørret ruse).



Figur 41. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden i 2022.

Viktige elver: Sør for Trondheimsfjorden har Surna og Driva henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. I Trondheimsfjorden har Orkla og Gaula henholdsvis 21 og 27 % av teoretisk smoltproduksjon samt Stjørdalselva og Verdalselva henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon. Elvene i Trondheimsfjorden har samlet sett 72 % av teoretisk smoltproduksjon for POet og om lag 18 % av produksjonen for hele landet.

Utvandringsperioden fra elvene i PO6 er fra begynnelsen av mai til medio juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 25/5 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Trålfangst: Det ble trålt i Trondheimsfjorden fra 18. mai til 12. juni, ukene 20-23. Tråldata fra Trondheimsfjorden indikerer lav dødelighet. De genetiske analysene endrer ikke dette, da fisken som kan tilordnes elv er fra Trondheimsfjorden. Det er trålt lengre ute enn tidligere, men laksen vil kunne pådra seg ytterligere smitte utenfor der det er trålt. Trålperioden ser derfor ut til å ha dekket smoltutvandringen i området. Usikkerheten i vurderingen påvirkes både av manglende dekning av hele utvandringsruten med trål og at den ikke dekker Nordmøre. For området som helhet vurderer usikkerheten som middels.

Sjøørret ruser: Data fra ruse og garnfangst like etter smoltutvandringen indikerer moderat dødelighet for sjøørret fanget ved Agdenes uke 22, men økende til høy senere, høy ved Hitra uke 23, moderat uke 25. Rusedata fra Agdenes anses relativt dekkende for utvandringsperioden for laksen fra Trondheimsfjorden, mens stasjonen på Hitra er undersøkt 3 uker etter estimert median utvandring og vil derfor bare dekke sent utvandrende laks eller laks som har lang utvandringsrute. Ruse og garndata tilser derfor en kategorisering i høy lakselusrelatert dødelighet, men usikkerheten anses som stor da det bare er undersøkt to stasjoner, og disse dekker ikke Nordmøre..

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er høyt i områdene rundt utløpet av Trondheimsfjorden i 2022 (Figur 17 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i moderat til stor grad. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat i 2022 (23 %). Indeksen varierer mye rundt midtpunktet for utvandring (16-32 %), og stiger til høy ved slutten av to-ukersperioden rundt antatt midtpunkt for utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har stor usikkerhet.

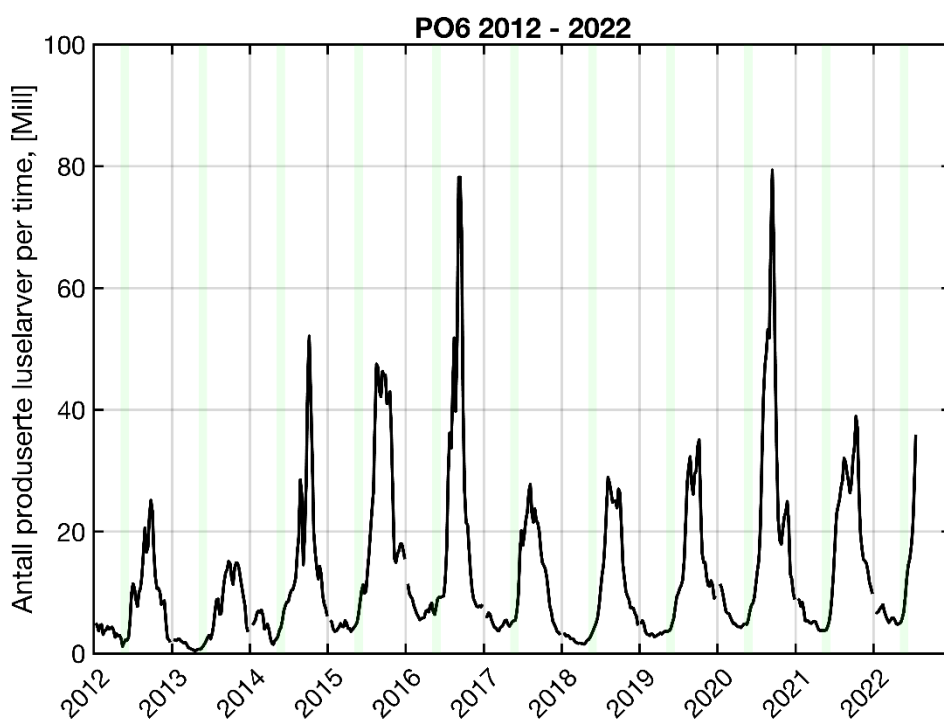
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 6 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus (Figur 18 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 63 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk svinger innenfor moderat kategori siden 2014. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sen utvandrende fisk og for fisk med høyere toleranse for lakselus. For fisk med antatt lavere toleranse for lakselus blir dødeligheten estimert som høy. Usikkerheten til kategoriseringen i PO6 er derfor vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til under 10 % for alle elvene (Figur 10 i Appendiks V). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 1 % og dermed i lav kategori (Figur 10 i Appendiks V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, som betyr at det observerte lusenivået i postsmoltdataene var lavere enn smittepresset skulle tilsi. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt var 2,8 % som gir lav påvirkning. Modellen viser lav påvirkning for alle estimatene modellen gir, men det mangler data for 12 elver som gir stor usikkerhet i forhold til beregnet gjennomsnittsverdi. For bestandene som er inkludert, blant annet de som er hjemhørende i Trondheimsfjorden, er resultatene lite sensitive med hensyn til utvandringstidpunkt og tålegrense.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2022, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 42). Det er også viktig å merke seg at 2016 og 2020 hadde en spesielt kraftig økning i luselarver i juli.



Figur 42. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 6) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlusne markeringer viser utvandringstidene per år

5.5.7 Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Kategori med høyest sannsynlighet: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

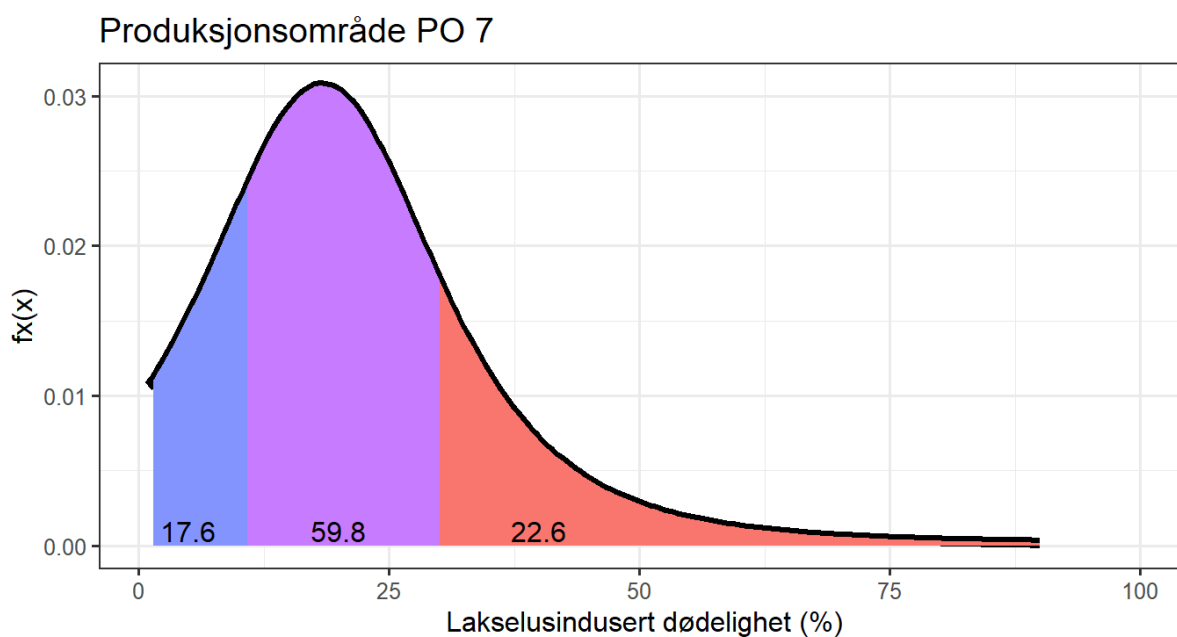
Hovedkonklusjon (Figur 43):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

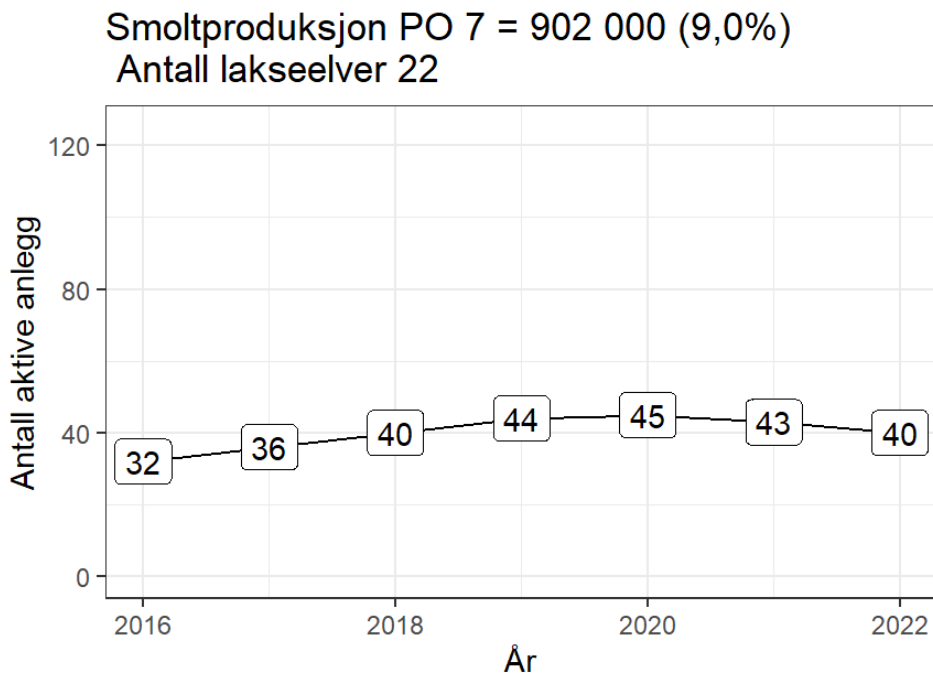
Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.



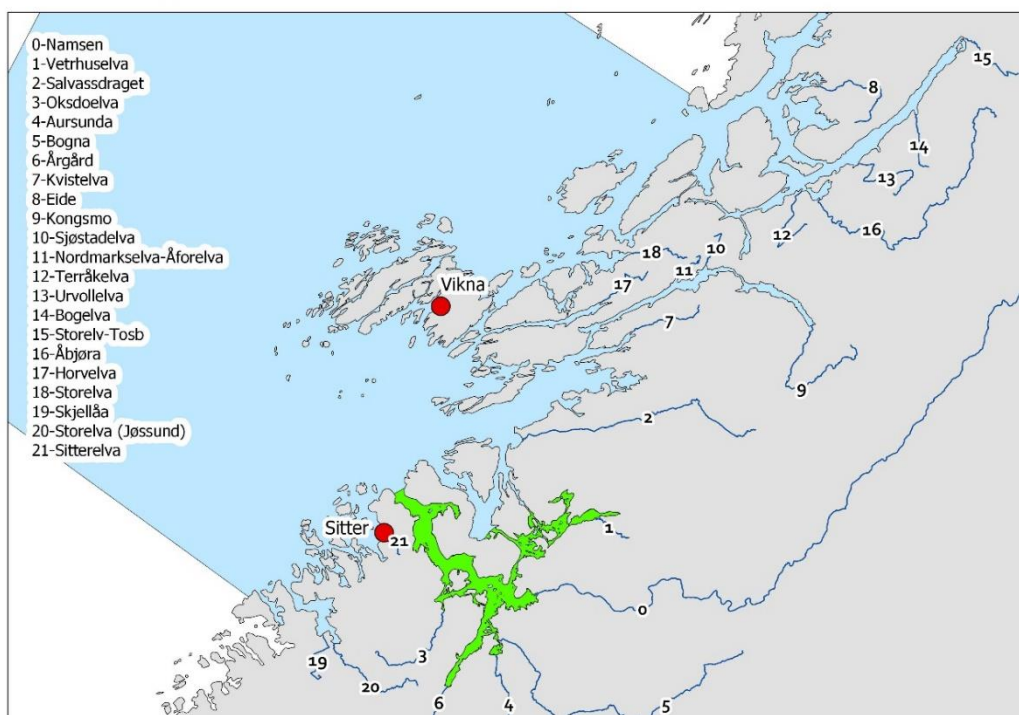
Figur 43. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

Argumentasjon: I dette produksjonsområdet er det stor enighet blant ekspertene om at det er stor usikkerhet på grunn av elementer som gjentar seg hvert år. Dette er en konsekvens av at påvirkningen på laksesmolt vil avhenge av hvor den vandrer forbi Vikna og det høye smittepresset i dette området. Modellene til VI og HI er samstemte i at gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i POet er mellom 10 og 30 % (VI = 14 %, HI = 24 %). Modellanslaget til SINTEF (9 %) er relativt høyt, tatt i betraktning at dette er kalibrert til vaktburdata, noe som kan ha sammenheng med at vandringsrutene til postsmolten i denne modellen i større grad enn i de andre modellene har passert gjennom områder med høyt smittepress. Samlet sett tilsier modellene at det er mer sannsynlig enn ikke at den lakselusinduserte dødeligheten er mellom 10 og 30 %. Det er lite empirisk data fra området,

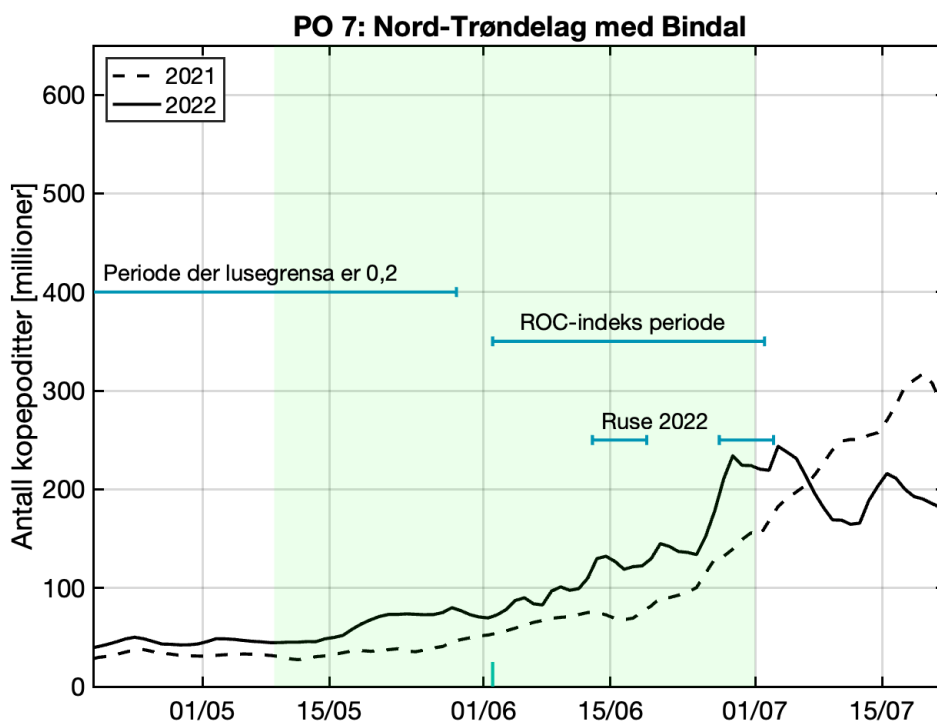
noe som generelt gjør usikkerheten større. Samtidig indikerer sjøørretstasjonen fra Sitter at smittepresset er høyt i dette området.



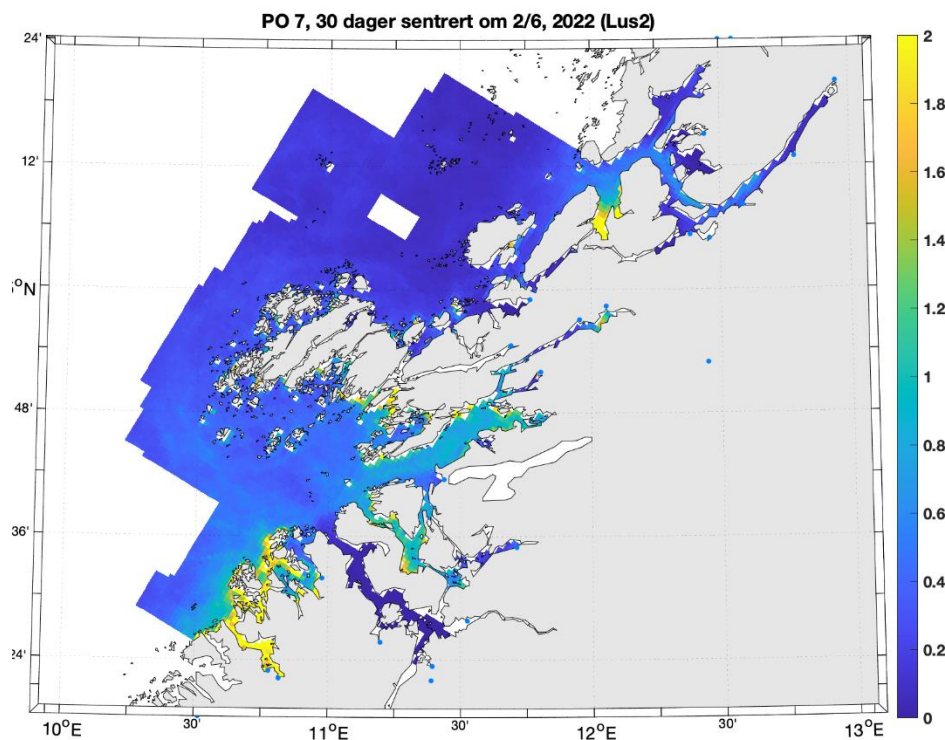
Figur 44. Angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 45. Produksjonsområde 7. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjoner (røde sirkler). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



Figur 46 Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 7 i smoltutvandrsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandrsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandrsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrensa (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



Figur 47. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 7 i smoltutvandrsperioden 2022.

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

Utvandringsperioden fra elvene i PO7 er fra medio mai til siste halvdel av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 2/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjørret ruser: I 2022 ble kun stasjonen i Sitter undersøkt med garn/ruse i dette produksjonsområdet. Data fra garn/ruse indikerer høy lakselusindusert dødelighet i første periode (uke 24) og moderat lakselusindusert dødelighet i andre periode (uke 26). Smittemodellen viser høy tetthet av lakselus i hele området sør for Vikna. Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Stasjonen ble overvåket fra ca. 2 uker etter estimert median utvandring, og anses dekkende fra 1-2 uker før median utvandring. Det er imidlertid uklart hvor postsmolt fra Namsenfjorden vandrer på ytre kyst, noe som kan påvirke eksponering for smittepress betydelig. Dette, sammen med de få observasjonene i området gjør at vi anser at kategoriseringen har stor usikkerhet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i området sør for Vikna, og lavt nord for Vikna i 2022 (Figur 20 i Appendiks IV). Indeksen for risiko for høy påvirkning for hele produksjonsområdet er moderat (25 %). Indeksen er økende gjennom utvandringsperioden, men holder seg i kategorien moderat (16-29 %) i de to ukene rundt antatt midtpunkt for utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 7 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus (Figur 21 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 64 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk har variert mellom lavt og moderat. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sen utvandrende fisk samt for fisk med høyere toleranse for lakselus. Den estimerte dødeligheten for fisk med lavere toleranse for lakselus er kategorisert som høy i 2022. Usikkerheten til kategoriseringen i PO7 er derfor vurdert som middels.

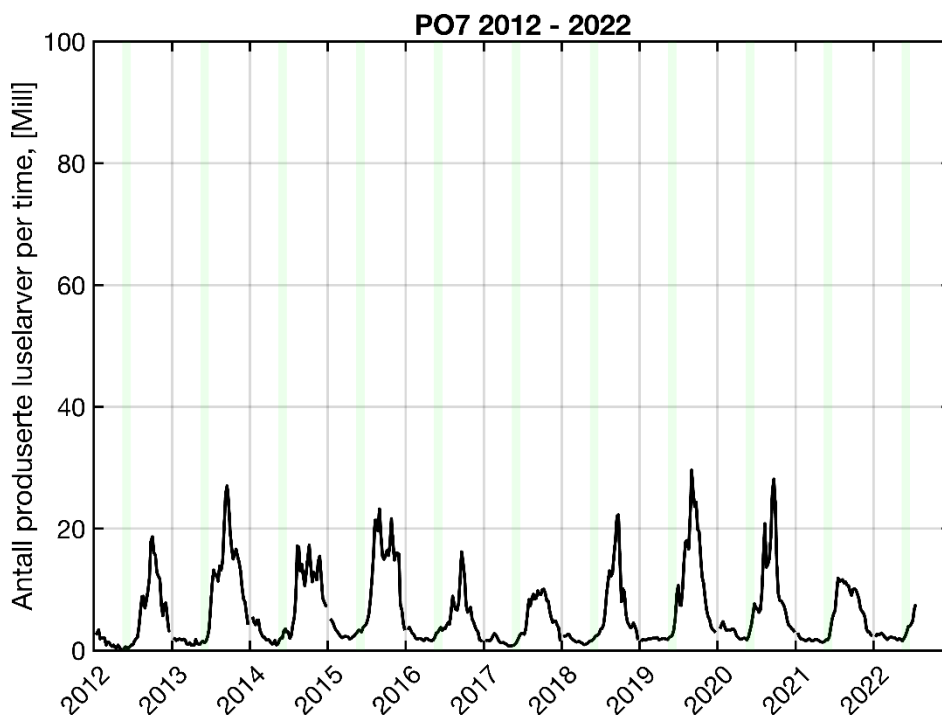
VI virtuell smolt: Postsmolt fra tre elver (Kongsmo, Sjøstadelva og Nordmarkselva) ble estimert til å ha over 30 % lakselusindusert dødelighet, postsmolt fra 10 elver til å ha mellom 10 og 30 % dødelighet og postsmolt fra 9 elver til å ha under 10 % dødelighet (Figur 11 i Appendiks V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, er det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 14 % og dermed i moderat kategori (Figur 11 i Appendiks V). Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerheten settes derfor til det høyeste nivået, «mindre sannsynlig enn ikke». Merk at usikkerheten er mindre når det gjelder dødelighetsnivået sett over flere år, selv om dødeligheten for enkeltår er vanskelig å forutsi. Siden den forventede dødeligheten var nærmere lav enn høy kategori, peker usikkerheten nedover. Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at

konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at scenarioer med tidlig utvandring eller høy tålegrense ga dødelighet i lav kategori.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt av dødelighet var 8,9 % som gir en lav påvirkning. Modellresultatene viser generelt lav påvirkning av luseindusert dødelighet for bestander fra elver sør for Vikna, og moderat påvirkning for bestander fra elver nord for Vikna. Resultatene er ikke sensitive til endring i utvandringstidspunkt, men ved lav tålegrense gir resultatene et resultat innenfor moderat kategori og usikkerheten vurderes til å være middels.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 48). I 2021 var beregnet antall lus noe lavere enn de tre foregående årene.



Figur 48. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 7) 2021-2022, beregnet fra rapportert antall hunn lus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandringsperiodene per år.

5.5.8 Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Kategori med høyest sannsynlighet: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

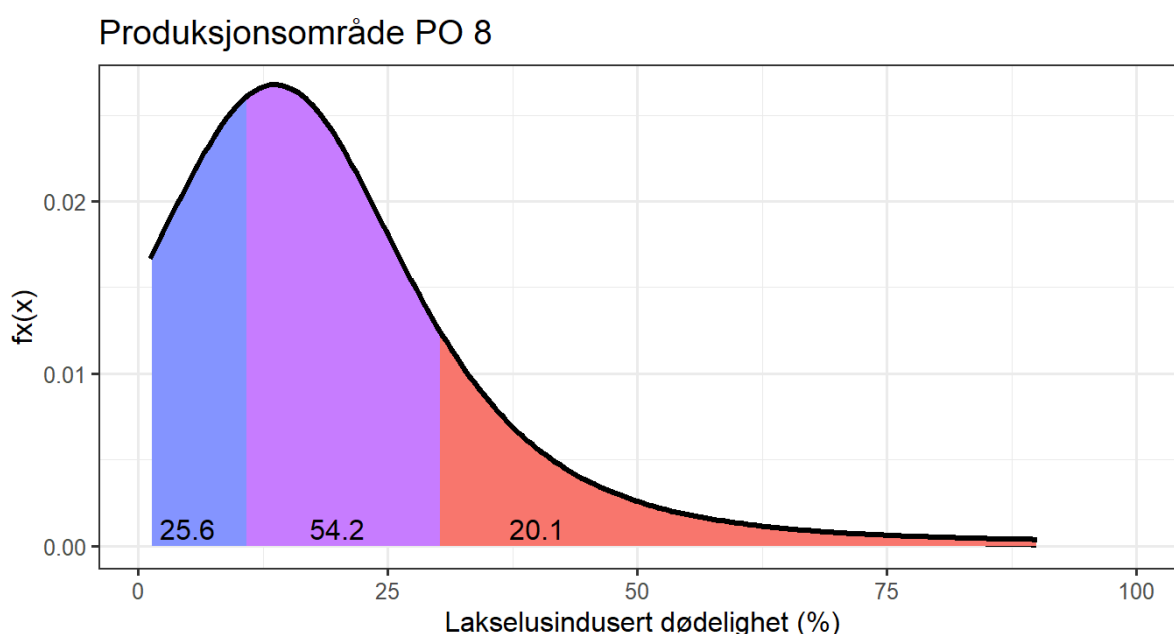
Hovedkonklusjon (Figur 49):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

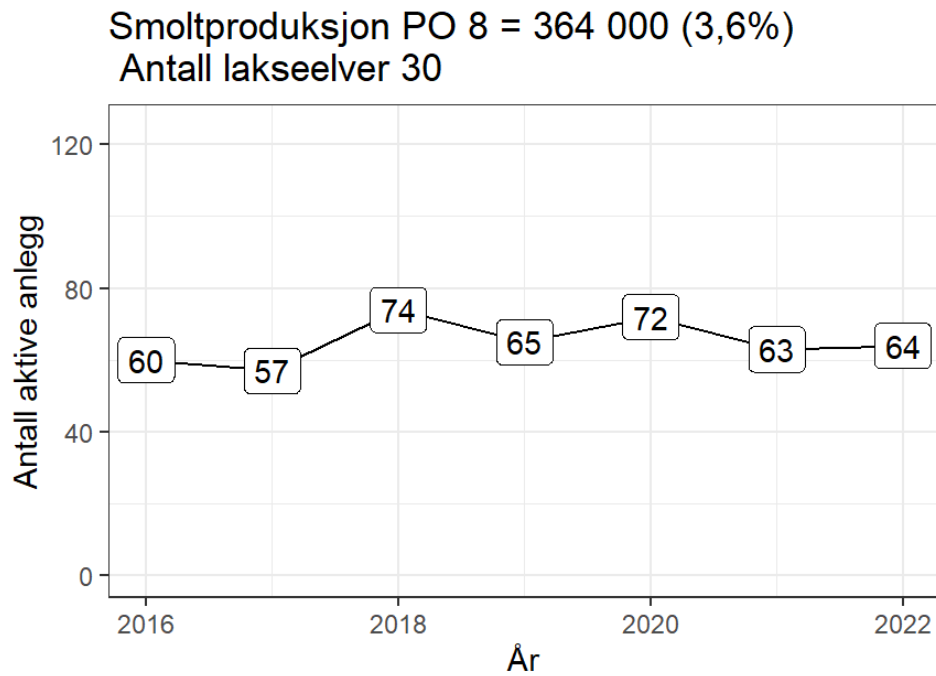
Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

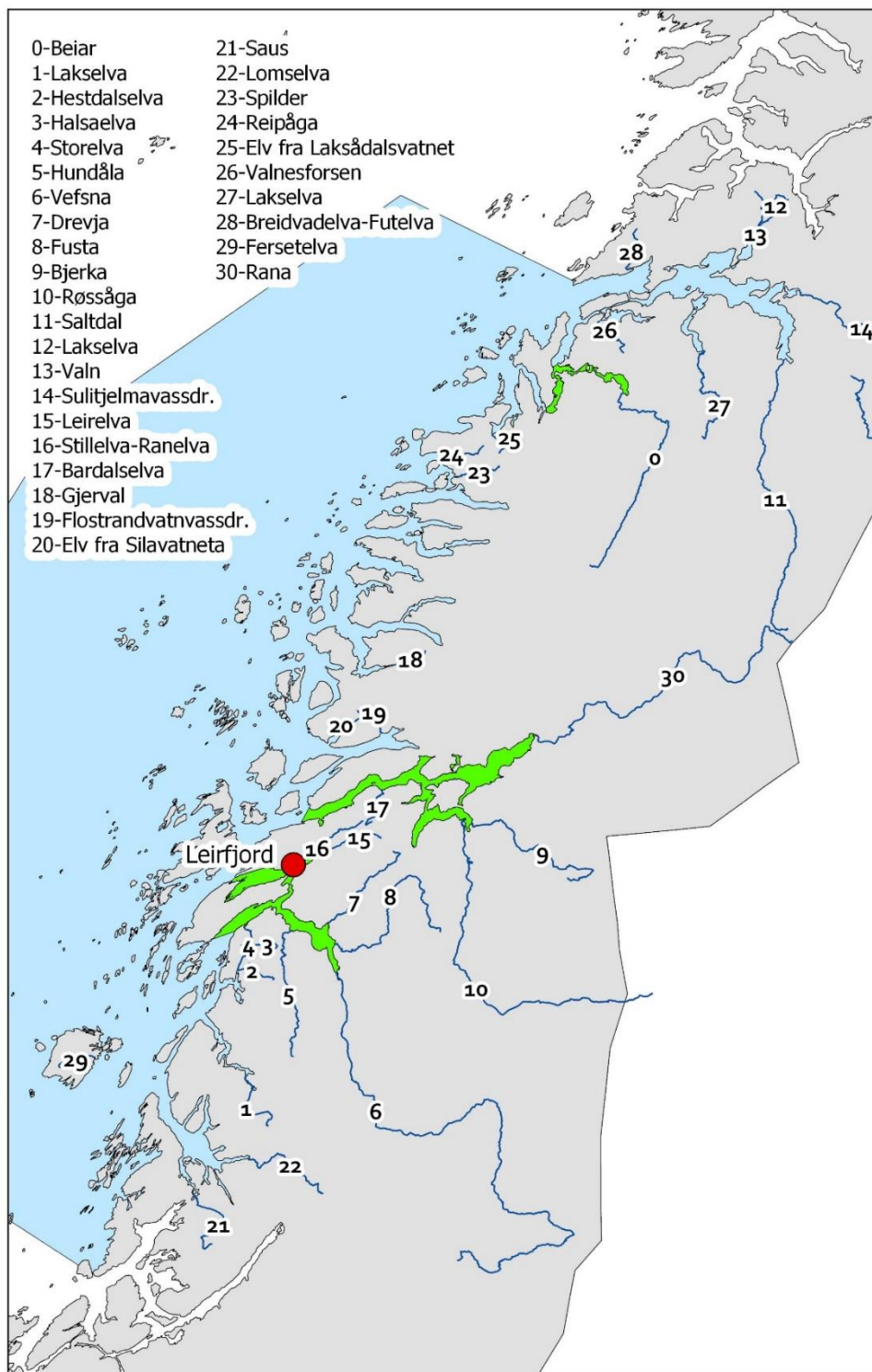


Figur 49. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

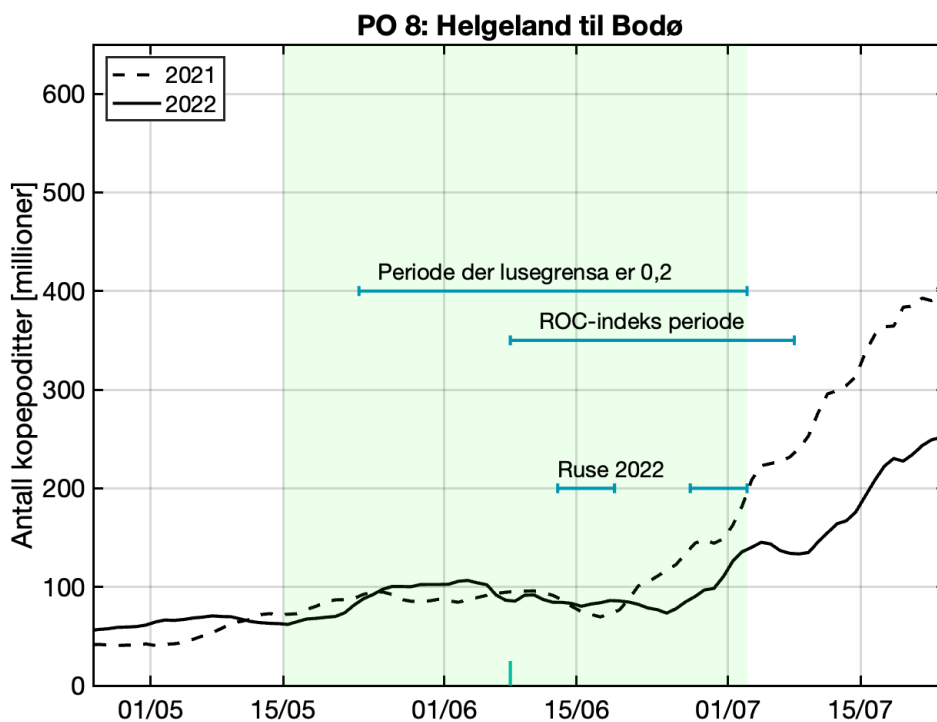
Argumentasjon: Produksjonsområde 8 er stort og har relativt lite empirisk data. Samtidig er smoltmodellene samstemte i at gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i POet er mellom 10 og 30 %. De empiriske dataene er kun fra en sjørretruse, som ligger inne i en nasjonal laksefjord hvor man kan forvente lave påslag. Smittepressmodellen indikerer at andelen av arealet som har høyt smittepress er relativt lite, men dette kan forklares av at arealet for havområdet er totalt sett stort. En av årsakene til de moderate påvirkningene som sees både i VI og HI sin modell er sannsynligvis at antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg er relativt høye i forkant av smoltutvandringen. Gruppen er enige om at det er sannsynlig at det er over 10 % dødelighet, men er også samstemt i at det er stor usikkerhet på grunn av lite empiriske data og et stort og komplekst område, med stedvis høy biomassetetthet av oppdrettslaks.



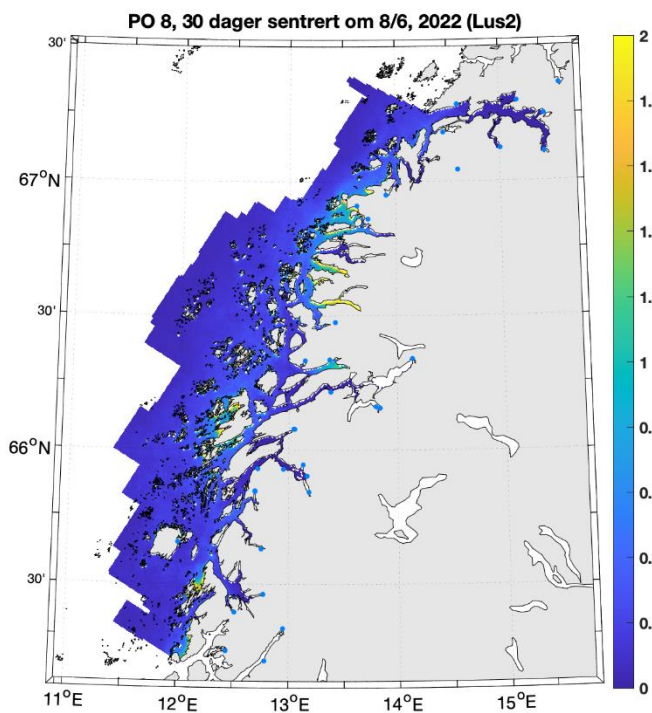
Figur 50. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 51. Produksjonsområde 8. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn-stasjonen (rød sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 52. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandningsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjøørret ruse).



Figur 53. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden 2022.

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

Utvandringsperioden fra elvene i PO8 er fra medio mai til siste halvdel av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 8/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjøørret ruser: I 2022 ble kun stasjonen Leirfjord undersøkt med garn/ruse i dette produksjonsområdet. Data fra garn/ruse indikerer lav lakselusindusert dødelighet i begge periodene (uke 24 og 26). Smittemodellen viser samtidig høy tetthet av lakselus i andre deler av produksjonsområdet, spesielt i nord for Leirfjord og hele veien mot Bodø. Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i lav lakselusindusert dødelighet. Stasjonen ble overvåket fra ca. 2 uker etter estimert median utvandring, og anses dekkende fra 1-2 uker før median utvandring. På grunn av få observasjoner (kun én stasjon) i et område hvor smittemodellen indikerer stor variasjon i smittepresset anser vi at kategoriseringen har stor usikkerhet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er generelt lavt i området i 2022, bortsett fra noen lokale områder med moderat smittepress (Figur 23 i Appendiks IV). Laksesmolt som vandret ut ble trolig påvirket kun i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (4 %). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

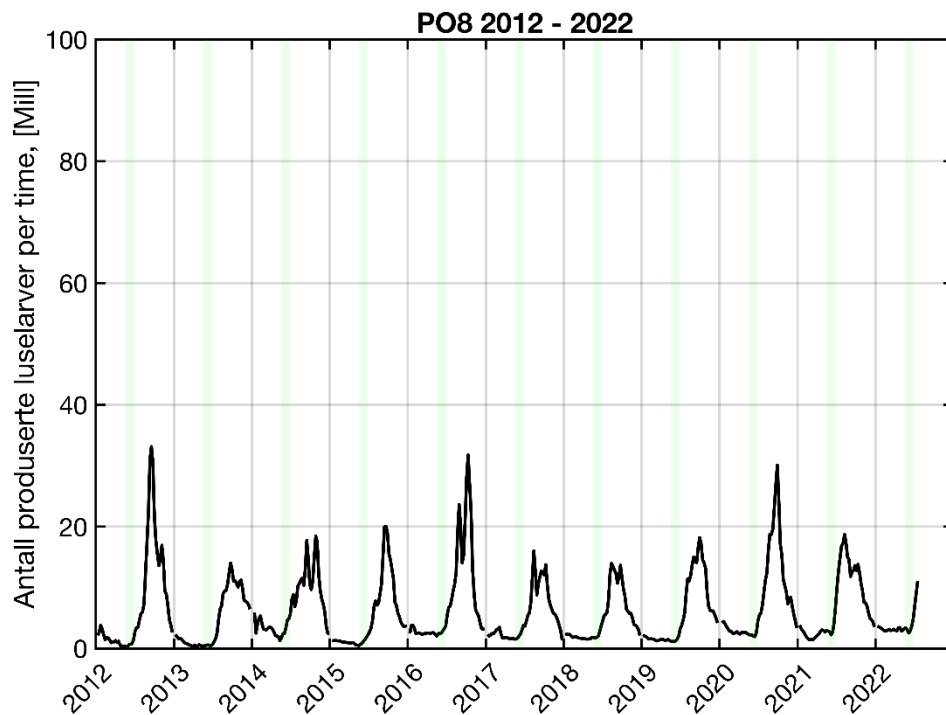
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 8 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2022 (Figur 24 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 93 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk er økende og generelt høyere i årets kjøring enn med tidligere versjon. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sen utvandrende fisk, samt for fisk med lavere toleranse for lakselus. For fisk med høy toleranse for lakselus er den estimerte dødeligheten kategorisert som lav. Usikkerheten til kategoriseringen i PO8 er derfor vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Postsmolt fra 18 elver ble estimert til å ha mellom 10 og 30 % lakselusindusert dødelighet og postsmolt fra 12 elver til ha under 10 % dødelighet (Figur 12 i Appendiks V). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 12 % og dermed i moderat kategori (Figur 12 i Appendiks V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerheten settes derfor til det høyeste nivået, «mindre sannsynlig enn ikke». Merk at usikkerheten er mindre når det gjelder dødelighetsnivået sett over flere år, selv om dødeligheten for enkeltår er vanskelig å forutsi. Siden den forventede dødeligheten var nærmere lav enn høy kategori, peker usikkerheten

nedover. Beregningene viste høyere sannsynlighet for at dødeligheten var i lav enn i moderat kategori, men siden det også er en betydelig sannsynlighet for at dødeligheten var i høy kategori, blir forventningen i moderat kategori. Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakselvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at scenarier med tidlig utvandring eller høy tålegrense ga dødelighet i lav kategori.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 54).



Figur 54. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 8) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperiodene pr år.

5.5.9 Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Kategori med høyest sannsynlighet: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

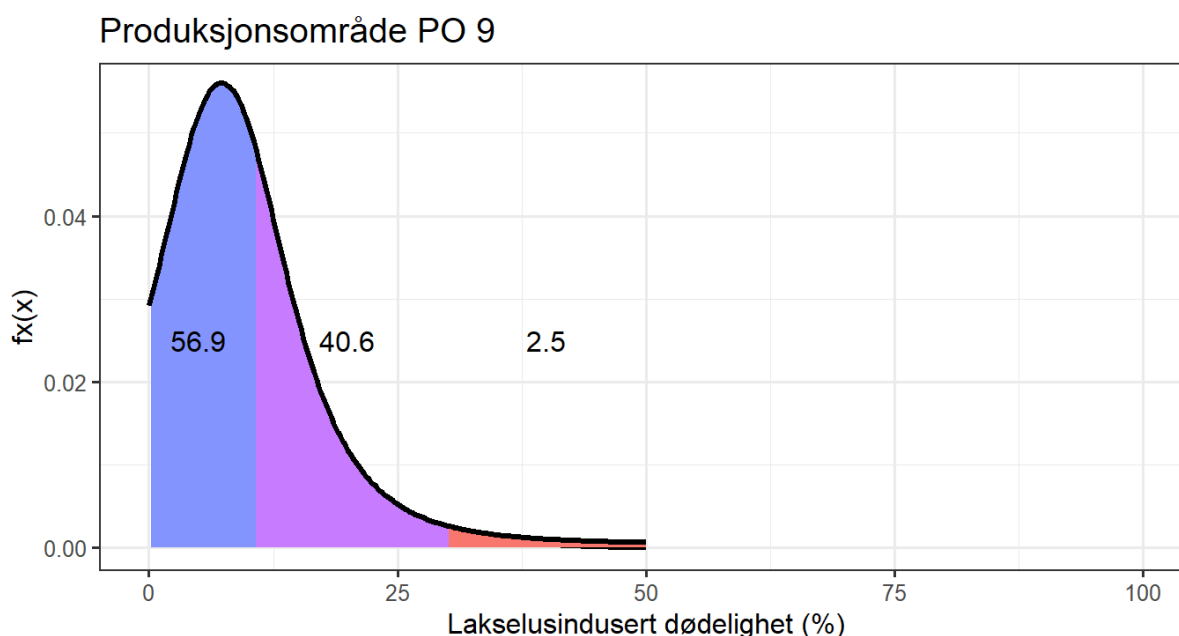
Hovedkonklusjon (Figur 55):

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

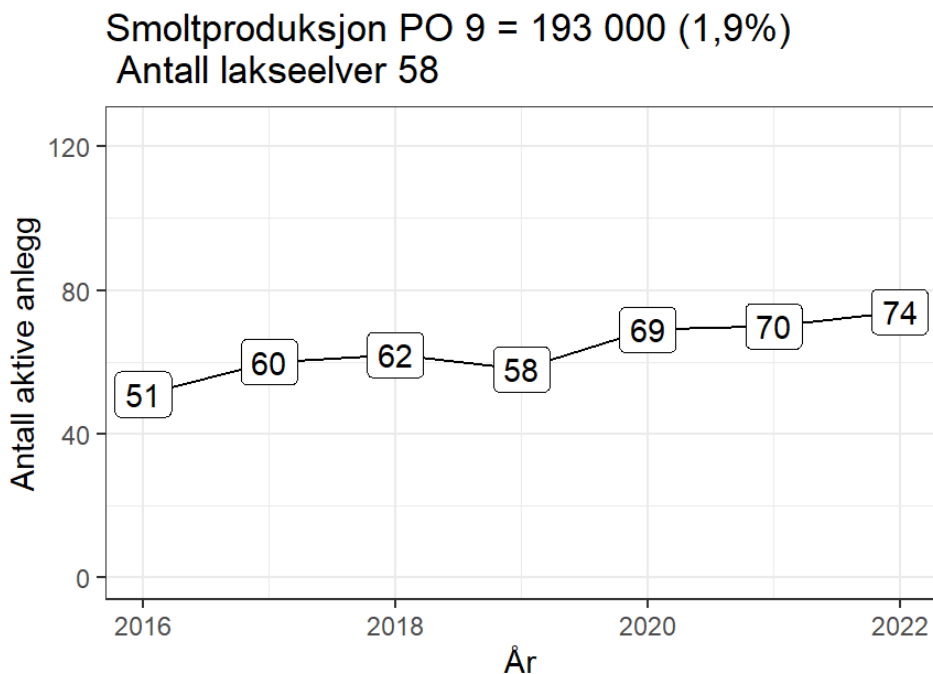
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om lav lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

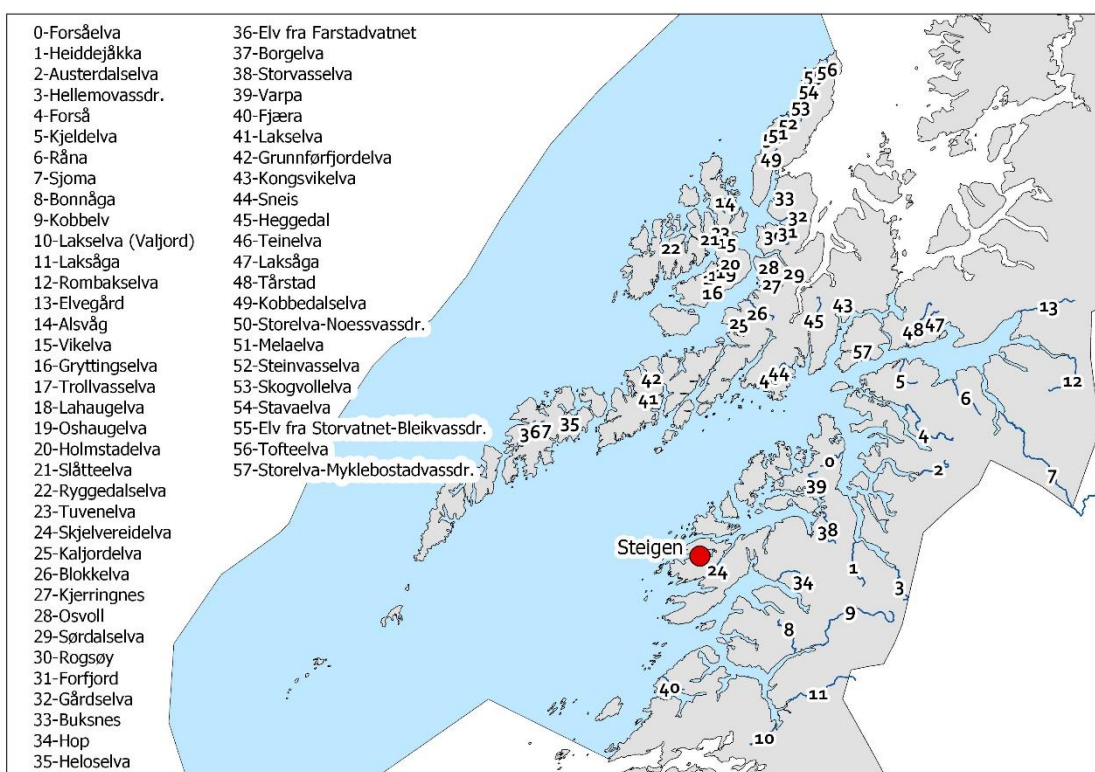


Figur 55. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

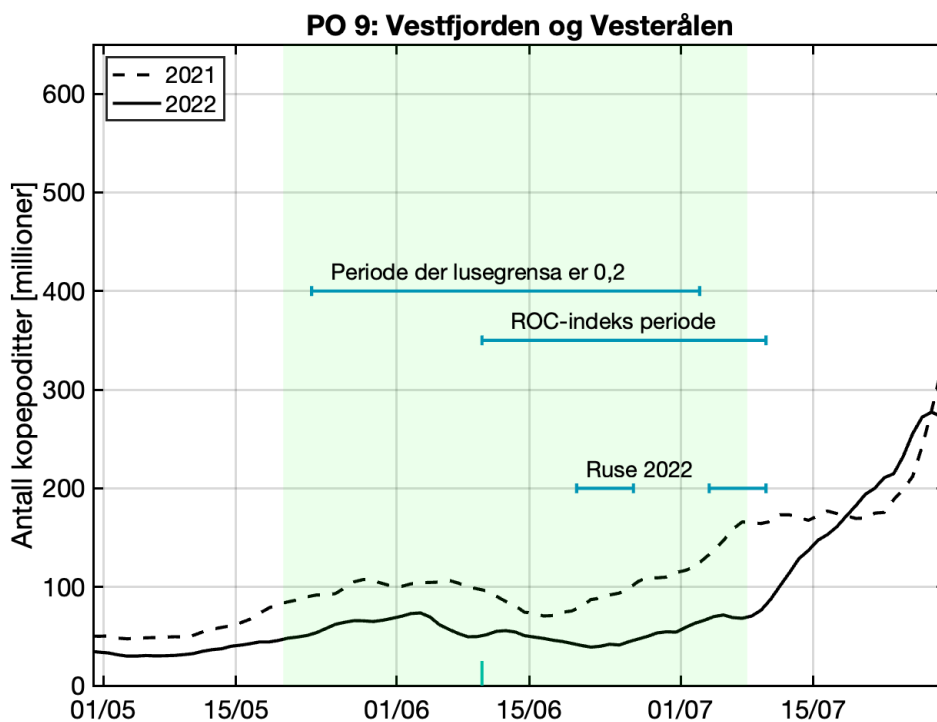
Argumentasjon: Produksjonsområdet har lite empiriske data fra de områdene som har høyest smittepress, noe som gjør vurderingen for dette området usikker. Smoltmodellene til VI og HI tilsier begge at gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i POet er under 10 %, men med stor variasjon mellom bestander fra ulike elver. Ekspertgruppen legger vekt på at observerte variasjoner mellom områder og år i lusenivåer på postsmolt tilsier at for smittepresset man ser i dette produksjonsområdet, vil dødeligheten kunne variere mellom rundt 3-4 % til helt opp til 15 %. Samtidig legges det stor vekt på de modellerte dødelighetsestimaterne og at utslippstallene er lave. Ekspertgruppen peker samtidig på at det ikke er umulig at en oppdrettsaktivitet på dette nivået kan gi høyere dødelighet enn 10 %, og øker derfor sannsynlighetsdistribusjonen for disse kategoriene noe.



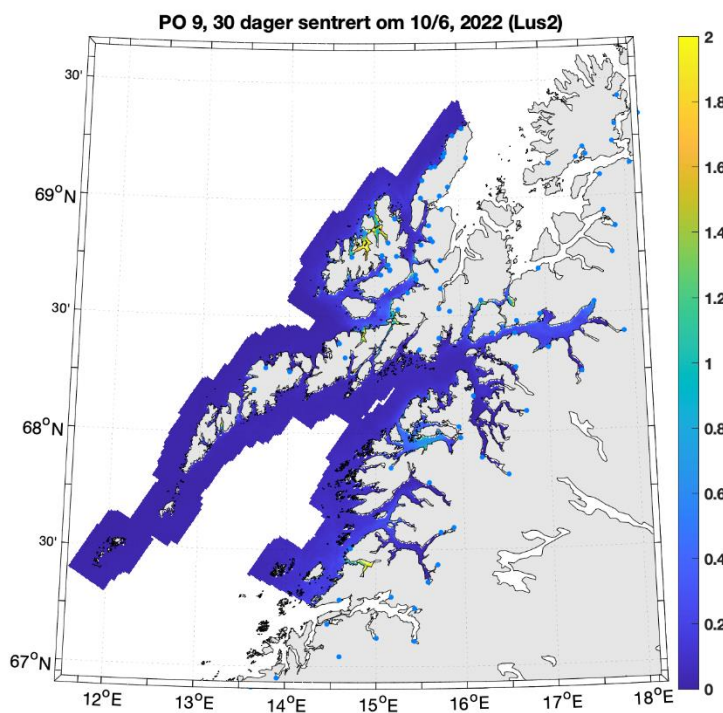
Figur 56. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 57. Produksjonsområde 9. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonen (rød sirkel).



Figur 58. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjøørret ruse).



Figur 59. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden 2022.

Viktige elver: I dette POet har det kystnære Buksnesvassdraget i Vesterålen 9 % av teoretisk smoltproduksjon. Skjoma har 8 % av teoretisk smoltproduksjon.

Utvandringsperioden fra elvene i PO9 er fra siste halvdel av mai til månedsskiftet juni-juli, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 10/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjøørret ruser: I 2022 ble kun stasjonen Steigen undersøkt med garn/ruse i dette produksjonsområdet. Data fra garn/ruse indikerer lav lakselusindusert dødelighet i første periode (uke 25) og høy lakselusindusert dødelighet i andre periode (uke 27). Smittemodellen indikerer høy tetthet av lakselus i andre deler av produksjonsområdet, spesielt i Nord-Salten og deler av Vesterålen. Data fra ruse/garn støtter en kategorisering i moderat lakselusindusert dødelighet, spesielt for sent utvandrende smolt med lang vandringsvei til kysten. Stasjonen ble overvåket fra ca. 3 uker etter estimert median utvandring, og anses dekkende fra ca. 1 uke før median utvandring. På grunn av få observasjoner (kun én stasjon) i et område hvor smittemodellen indikerer stor variasjon i smittepresset anser vi at kategoriseringen har stor usikkerhet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av området i 2022, og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene (Figur 26 i Appendiks IV). Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (2 %). Indeksen varierer lite rundt midtpunktet utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

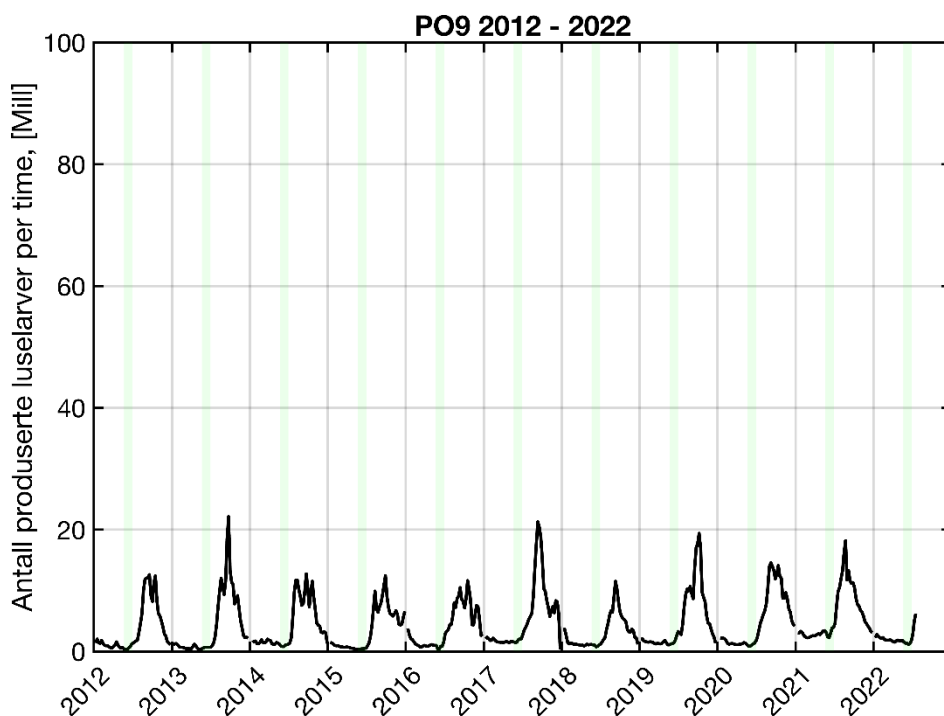
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 9 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus (Figur 27 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 57 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk er økende de siste 5-6 år. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig og sen utvandrende fisk samt for fisk med høyere toleranse for lakselus. For fisk med antatt lavere toleranse for lakselus er den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat. Usikkerheten til kategoriseringen i PO9 er derfor vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten for postsmolt fra de fleste indre vassdragene var mellom 10 og 30 %, mens den var under 10 % for de ytre vassdragene (Figur 13 i Appendiks V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 7 % og dermed i lav kategori (Figur 13 i Appendiks V). Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at

konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens lav tålegrense ga dødelighet i moderat kategori.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 60).



Figur 60. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 9) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperiodene per år.

5.5.10 Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

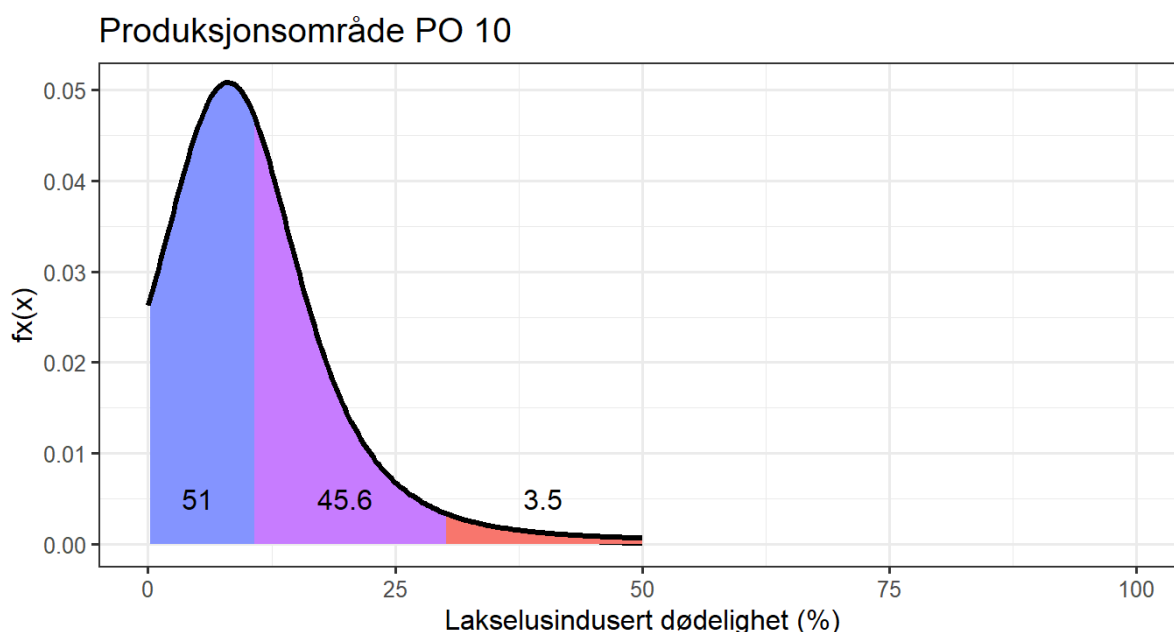
Kategori med høyest sannsynlighet: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

Hovedkonklusjon (Figur 61):

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022. Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

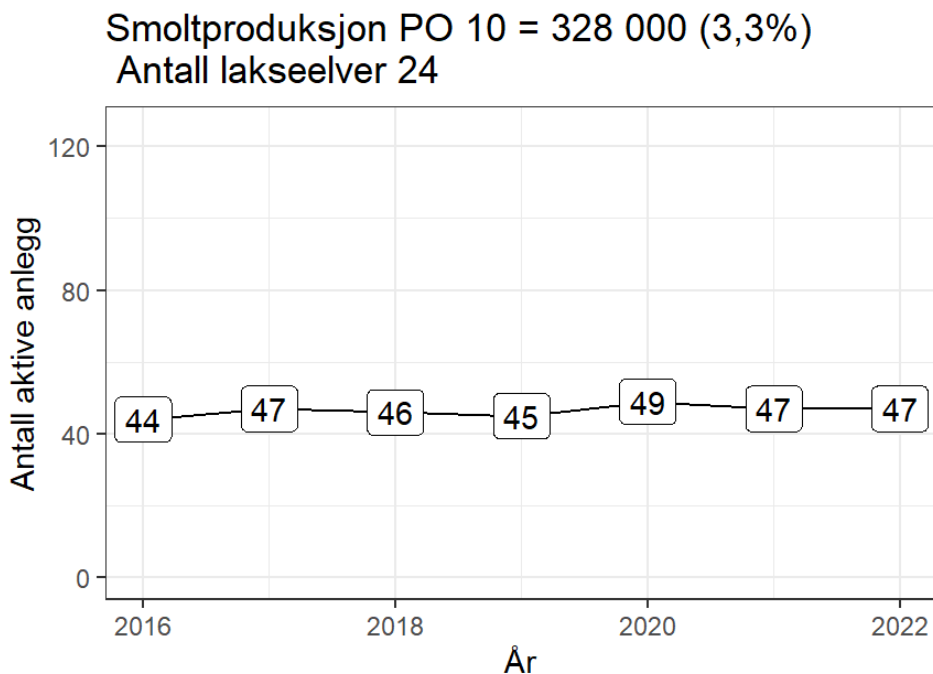
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om lav lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

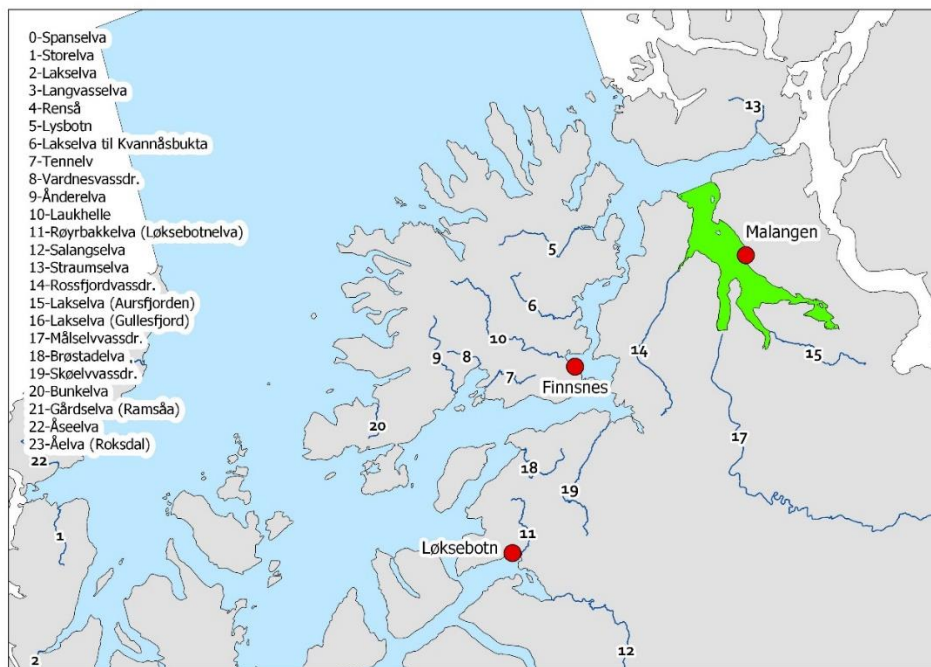


Figur 61. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

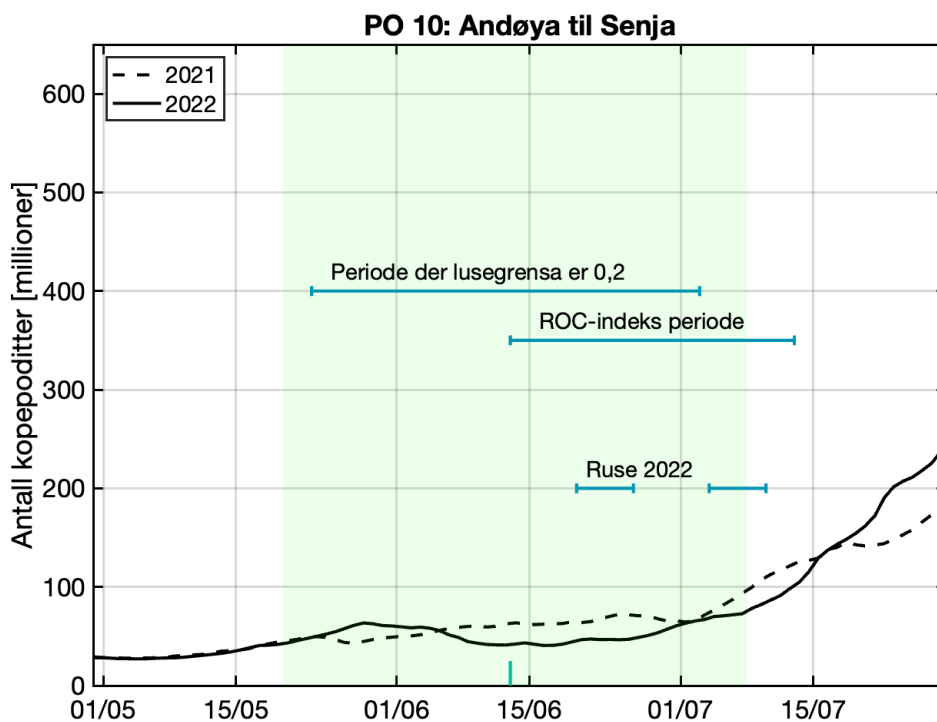
Argumentasjon: Smoltmodellene tilsier lav (VI) eller moderat (HI) lakselusindusert dødelighet, mens smittepressmodellen viser at det er et lokalt høyt smittepress i et begrenset område. Det er lite påslag på sjørret, med unntak av høyere påslag sent i sesongen ved Finnsnes. Det er enighet om at denne økningen sannsynligvis skjer i etterkant av at laksesmolten har vandret ut. Det legges vekt på at det er lite data som indikerer spesielt høye påslag, men påpekes at det er høyt smittepress i noen områder og en viss risiko for at dødeligheten er høyere for sent utvandrende smolt fra noen regioner.



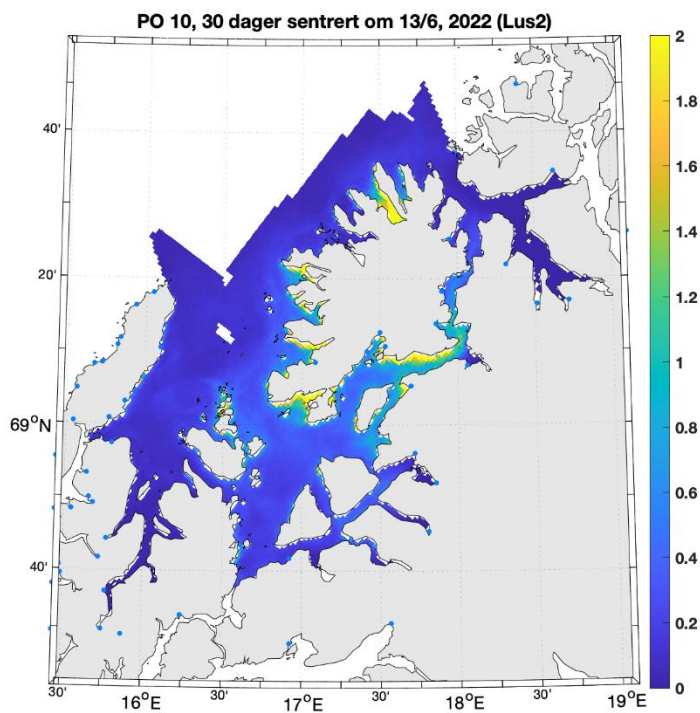
Figur 62. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 63. Produksjonsområde 10. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



Figur 64. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelvei av utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



Figur 65. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden 2022.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Målselva med 38 % av teoretisk smoltproduksjon, i tillegg har Salangsvassdraget 16 %, Roksdalsvassdraget 10 % og Laukhelle 8 % av produksjonen.

Utvandringsperioden fra elvene i PO10 er fra slutten av mai til begynnelsen av juli, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 13/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjøørret ruser: I 2022 ble stasjonene Finnsnes og Løksebotn undersøkt med garn/ruse i dette produksjonsområdet. Data fra Finnsnes indikerer lav lakselusindusert dødelighet i første periode (uke 25) og høy lakselusindusert dødelighet i andre periode (uke 27). Løksebotn ble kun undersøkt i andre periode (uke 27) hvor data indikerer lav lakselusindusert dødelighet. Smittemodellen indikerer samtidig varierende tetthet av lakselus i andre deler av produksjonsområdet, med høyest fra Ibestad og nordover mot Finnsnes. Lengre nord var tettheten lavere, spesielt ved Malangen hvor Målselva renner ut. Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i lav/moderat lakselusindusert dødelighet, moderat for sent utvandrende smolt. Stasjonen Finnsnes ble overvåket fra ca. 2 uker etter estimert median utvandring, og anses dekkende fra 1 uke før median utvandring. På grunn av få observasjoner (kun én stasjon i det mest aktuelle tidsrommet) i et område hvor smittemodellen indikerer stor variasjon i smittepresset anser vi at kategoriseringen har stor usikkerhet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i deler av området (Figur 29 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i moderat grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (9 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandring (7-15 % over to uker) og går fra kategorien lav til moderat. Produksjonsområdet kategoriseres derfor med moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har stor usikkerhet.

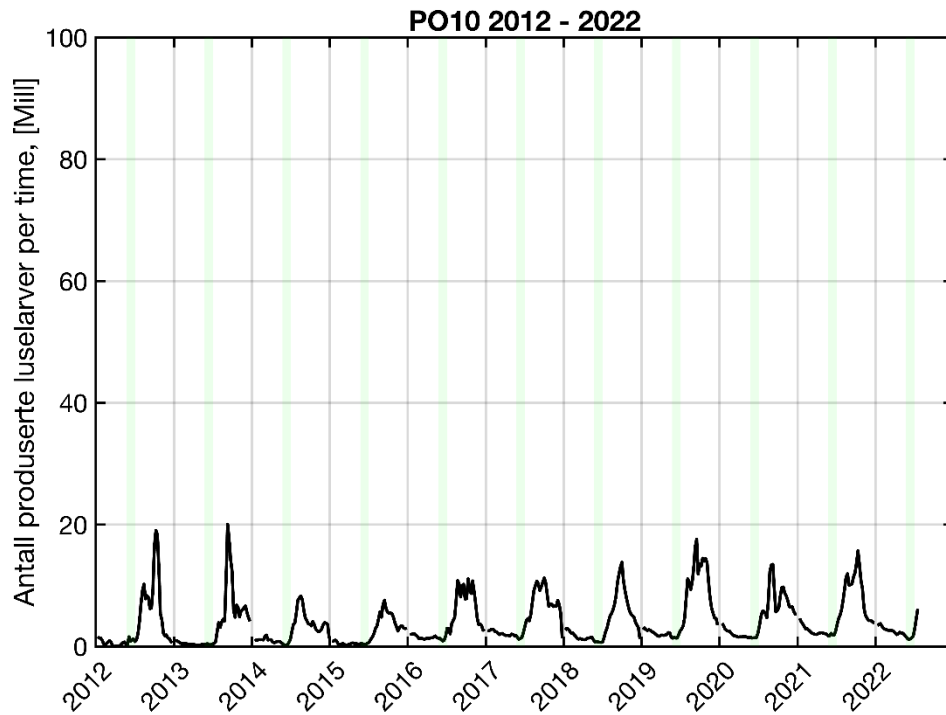
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 10 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus (Figur 30, Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 63 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk har økt over tid. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sen utvandrende fisk, samt for fisk med lavere toleranse for lakselus. Den estimerte dødeligheten for fisk med høyere toleranse for lakselus er kategorisert som lav. Usikkerheten til kategoriseringen i PO10 er derfor vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten var mellom 10 og 30 % for tre vassdrag (Spanselva, Røyrbakkelva og Salangselva) og under 10 % for de andre vassdragene (Figur 14 i Appendiks V). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 5 % og dermed i lav kategori (Figur 14 i Appendiks V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «sannsynlig».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens lav tålegrense ga dødelighet i moderat kategori.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 66).



Figur 66. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 10) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperiodene pr år.

5.5.11 Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

Kategori med høyest sannsynlighet: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

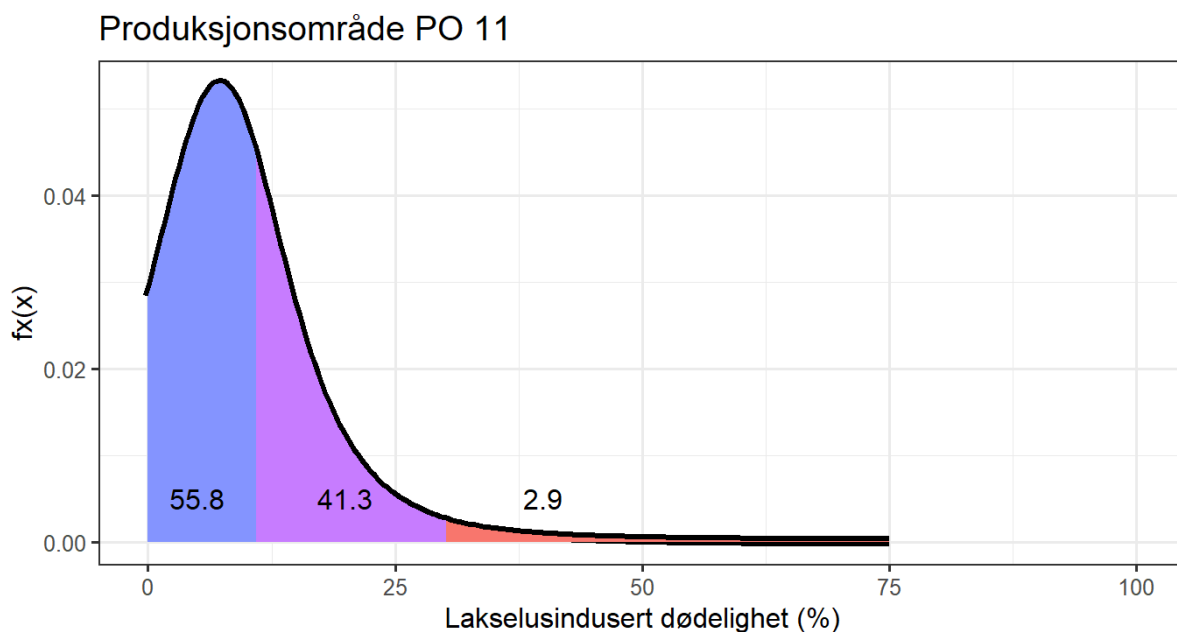
Hovedkonklusjon (Figur 67):

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

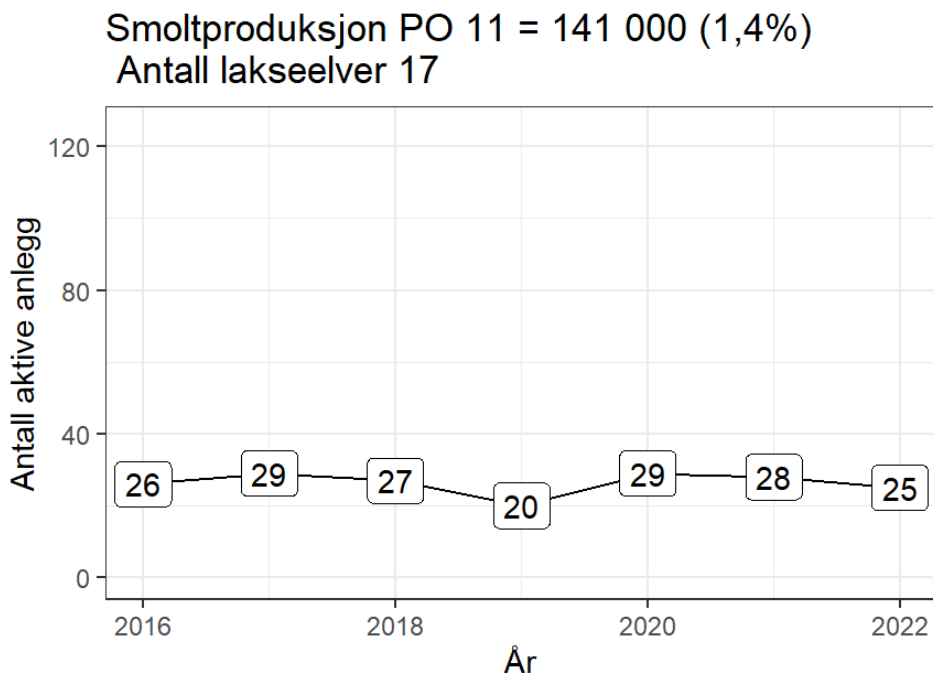
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om lav lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

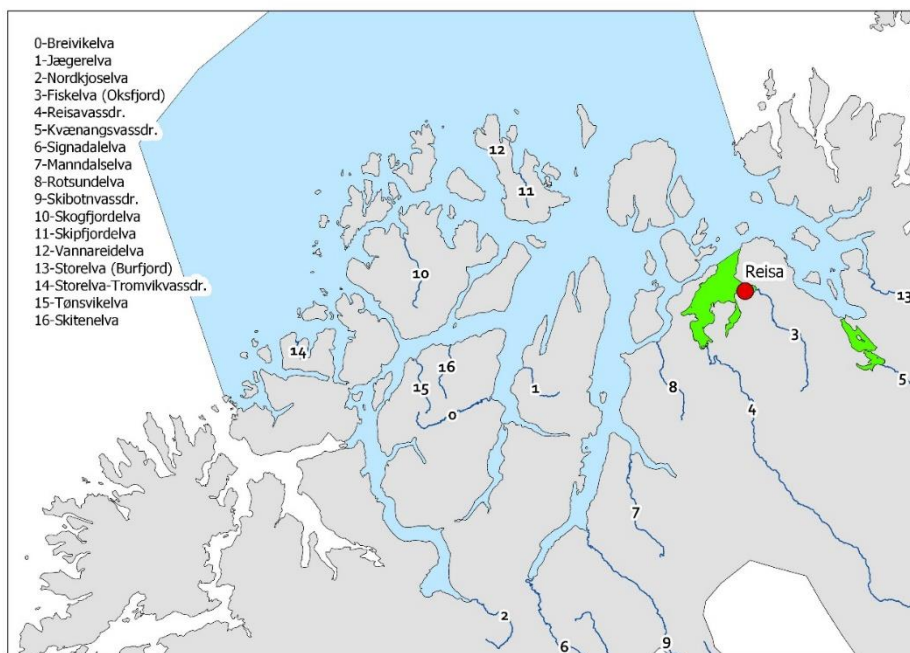


Figur 67. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

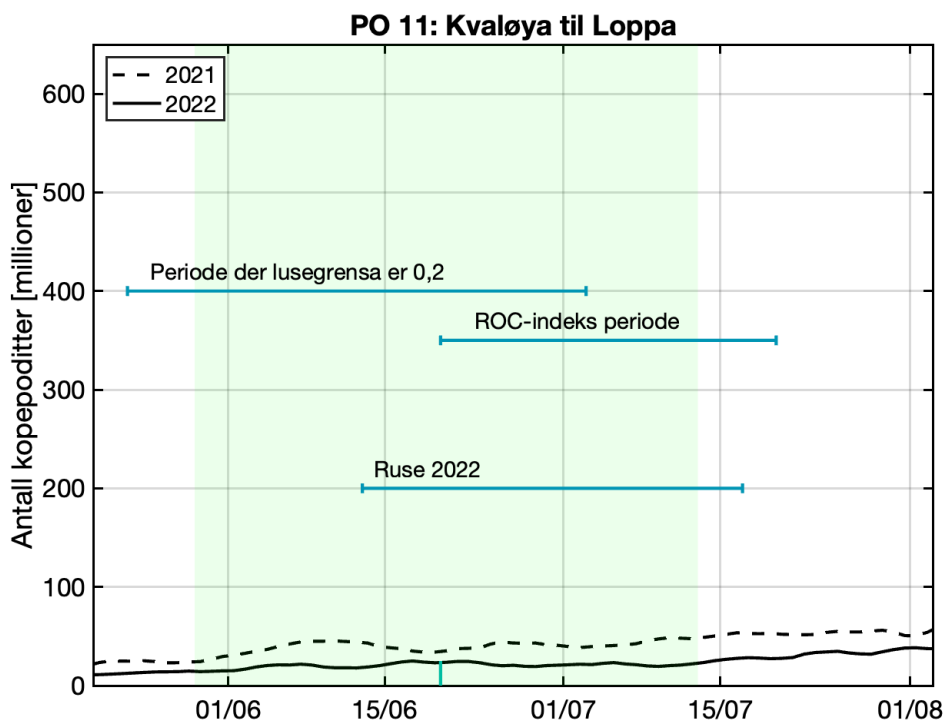
Argumentasjon: Både HIs smittepressmodell og VIs smoltmodell indikerer lav påvirkning med under 10 % lakselusindusert dødelighet, mens HI smoltmodell viser noe høyere påvirkning. Sjøørret viser lave påslag med noe økende påslag utover sesongen. Gruppen legger vekt på at smittepresset har liten utbredelse og det er konsensus om at det er mer sannsynlig enn ikke at dødeligheten er under 10 % når man ser hele POet under ett. Samtidig er det lite empiriske data fra området (to sjøørrestasjoner hvorav en har lite fangst) og man kan derfor ikke utelukke effekter over 10 % i tråd med HI sin modell.



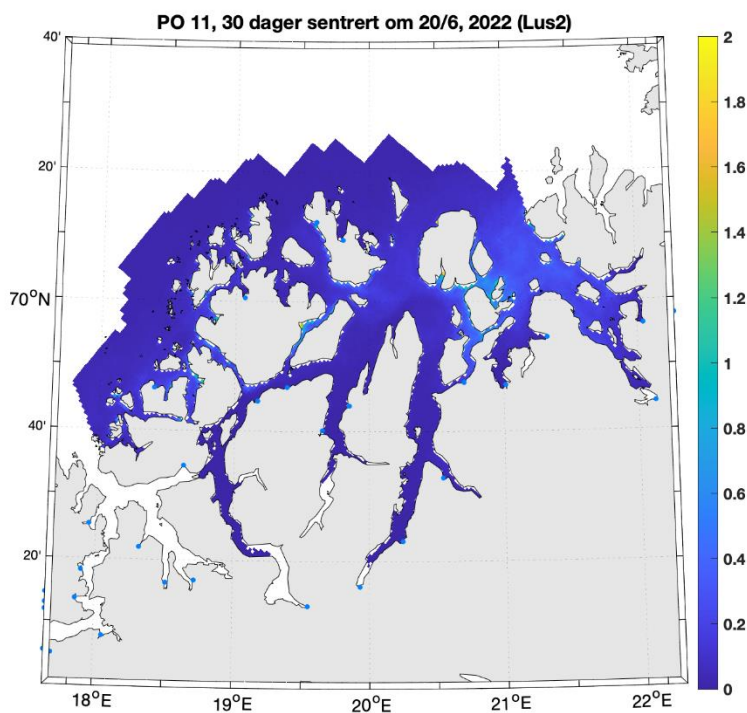
Figur 68. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 69. Produksjonsområde 11. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjon (rød sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 70. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 11 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandningsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjøørret ruse).



Figur 71. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 11 i smoltutvandningsperioden 2022.

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

Utvandringsperioden fra elvene i PO11 er fra månedsskiftet mai-juni til første halvdel av juli, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 20/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjøørret ruser: I 2022 ble to stasjoner i Nord-Reisa undersøkt med garn/ruse; Oksfjord (uke 24-26 og uke 28) og Straumfjord (uke 24-28). Data fra begge stasjoner indikerer lav men økende lakselusindusert dødelighet fra uke 24. I uke 28 indikerer data fra Straumfjorden moderat lakselusindusert dødelighet. Dette blir ikke indikert i Oksfjorden, men antall undersøkte fisk fra dette området var lavt. Smittemodellen indikerer generell lav tetthet av lakselus i andre deler av produksjonsområdet, men noe høyere rundt Skjervøy og på vestsiden av Kvaløya. Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i lav lakselusindusert dødelighet. Stasjonene ble overvåket fra samme uke som estimert median utvandring, og anses dekkende fra 1-2 uker før. På grunn av få stasjoner (kun to nærliggende) og tidvis lav fangst i et område hvor modellen indikerer noe variasjon i smittepresset anser vi at kategoriseringen har stor usikkerhet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i dette området (Figur 32 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ble trolig i liten grad påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (1 %, som betyr at i ca 1 % av produksjonsområdet var smittepresset så høyt at fisk som befant seg der i 30 dager ville få på seg en potensielt dødelig dose, avhengig av størrelsen på fisken). Indeksen varierer lite rundt midtpunktet for utvandring og holder seg i kategorien lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

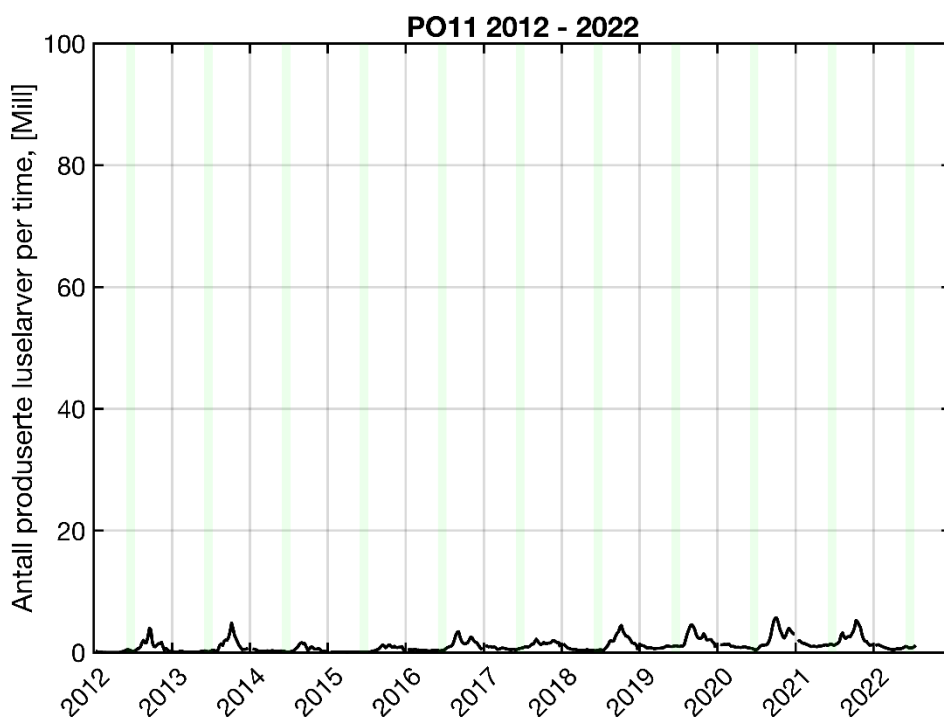
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 11 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus (Figur 33 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 53% av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk er økende de senere år og generelt høyere i årets modellkjøring enn tidligere versjon. Dødeligheten blir kategorisert som lav for tidlig utvandrende fisk, samt for fisk med høyere toleranse for lakselus. Sent utvandrende fisk og fisk med antatt lavere toleranse for lakselus blir kategorisert med moderat estimert dødelighet. Usikkerheten til kategoriseringen i PO11 er derfor vurdert som stor.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten var mellom 10 og 30 % for fire vassdrag (Signadalselva, Mannadalselva, Rotsundelva og Skibotnvassdraget) og under 10 % for de andre vassdragene (Figur 15 i Appendiks V). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 5 % og dermed i lav kategori (Figur 15 i Appendiks V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert

dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «sannsynlig». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens lav tålegrense ga dødelighet i moderat kategori.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2021, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen etter 2018 (Figur 72).



Figur 72. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 11) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandringsperiodene pr år.

5.5.12 Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Kategori med høyest sannsynlighet: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

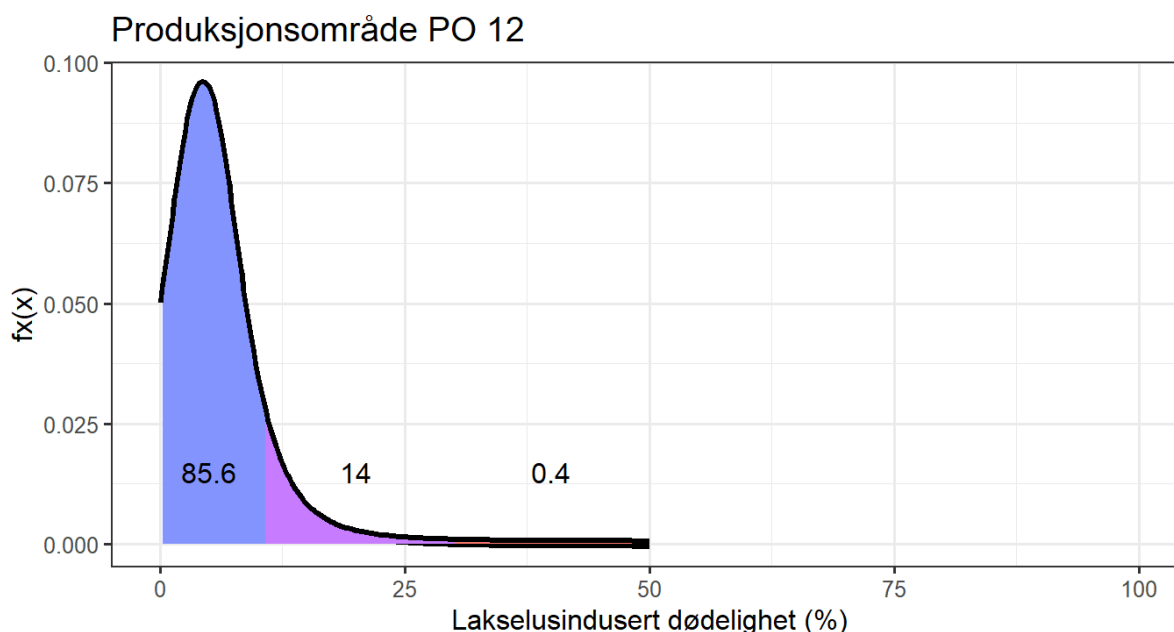
Hovedkonklusjon (Figur 73):

Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

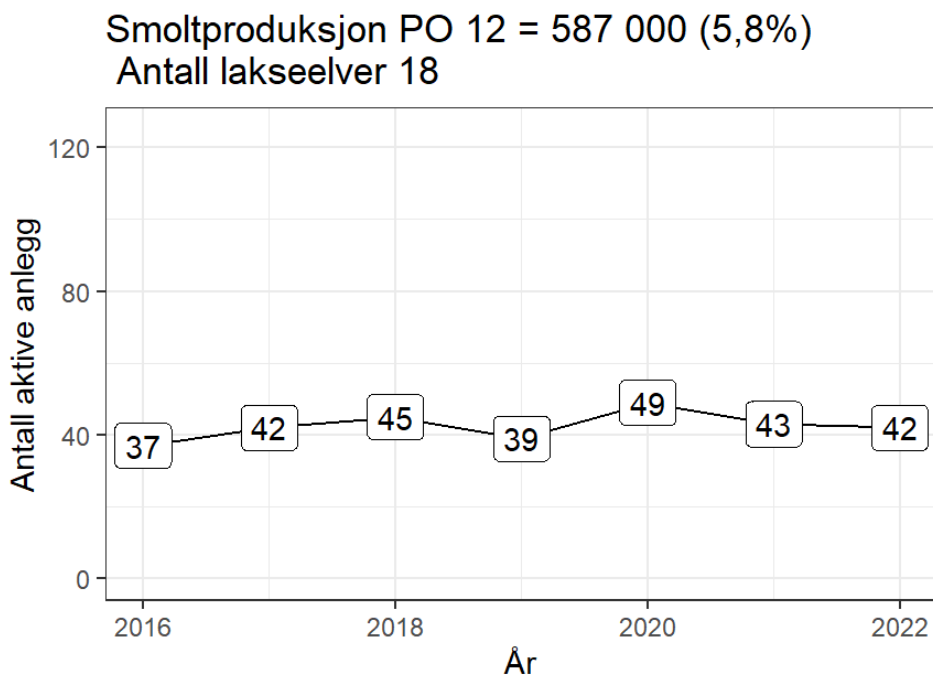
Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om lav lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha liten usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

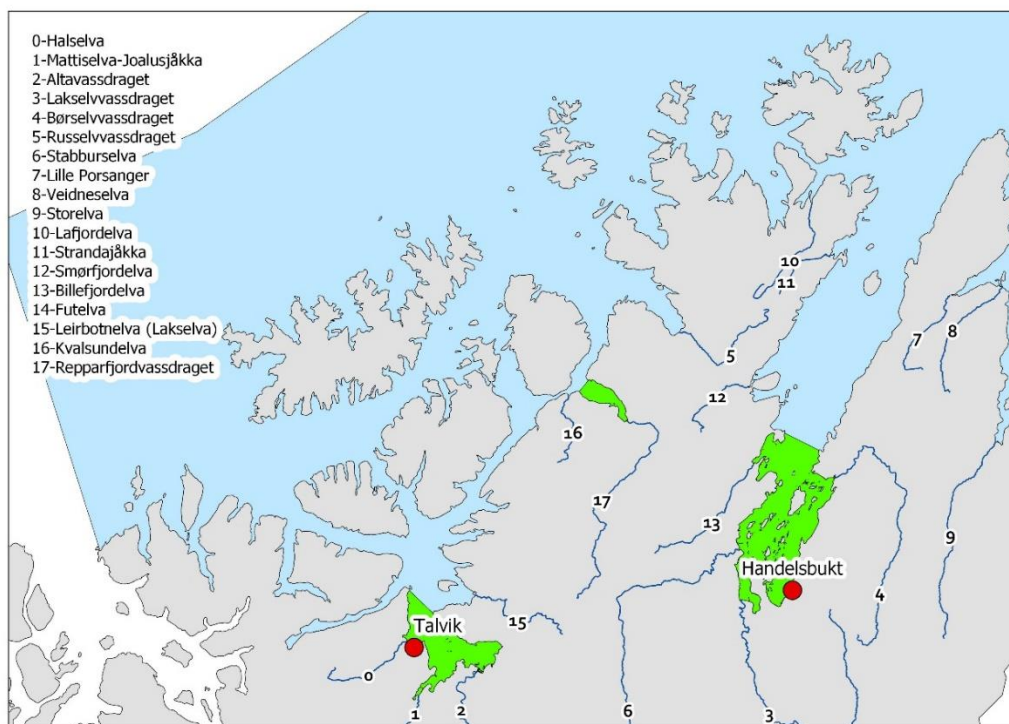


Figur 73. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

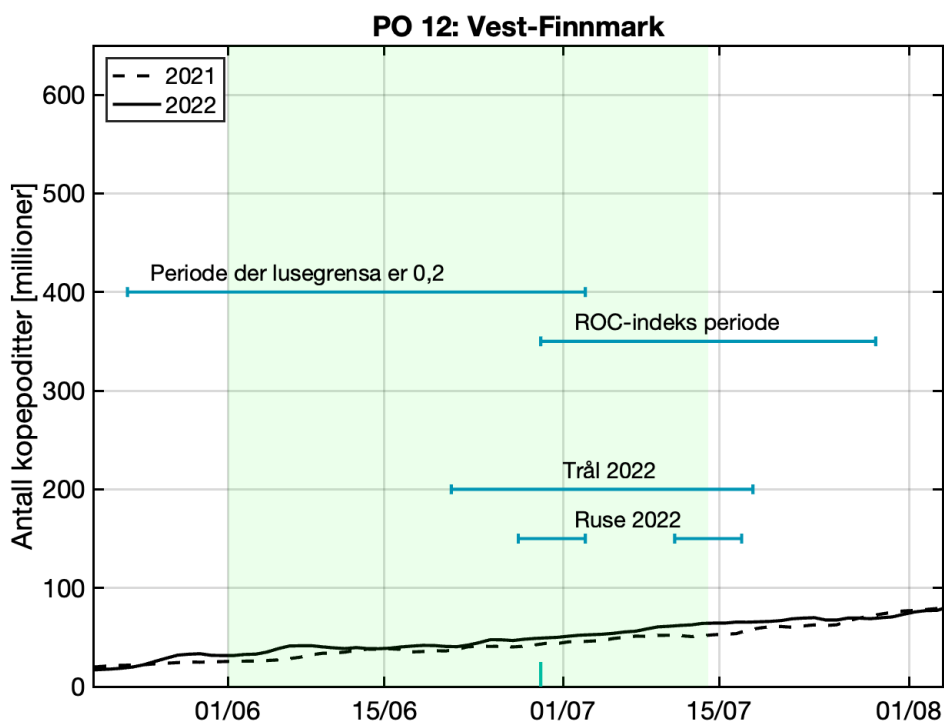
Argumentasjon: I dette området er det kun HI virtuell smolt som indikerer noe annet enn svært lav påvirkning, men også denne modellen viste under 10 % lakselusindusert dødelighet i gjennomsnitt for POet. Denne POen initierte en diskusjon om hvor gode de virtuelle smoltmodellene er på å predikere påslag når smittepresset er lavt men ikke 0. Aggregering av lus med havstrømmene i forhold til postsmoltens vandringsruter har en påvirkning på estimer fra HI sin smoltmodell men ikke VI sin modell og kan i teorien være viktig selv om det er svært komplisert å modellere dette helt korrekt. På grunn av det lave smittepresset i området og lave påslag på sjørret og trål, er det konsensus rundt at det er sannsynlig at det er lav påvirkning i dette området. Samtidig påpekes det at et scenario med moderate påslag av lakselus på utvandrende laksesmolt kan finne sted under visse forhold som reflekteres i HI sin smoltmodell.



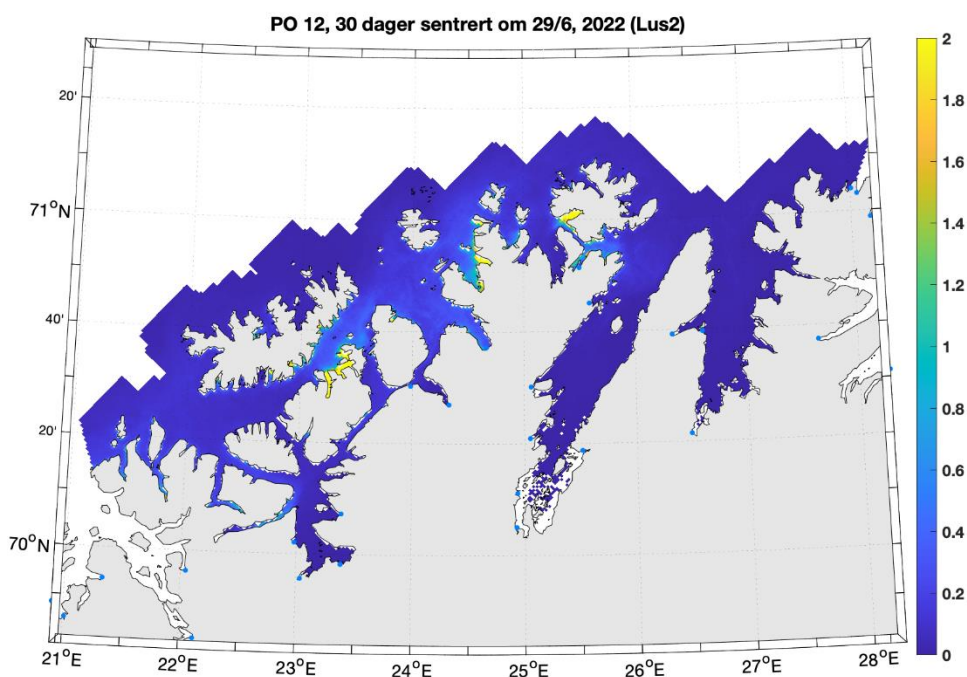
Figur 74. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 75. Produksjonsområde 12. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 76. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrensa (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst og sjørørret ruse).



Figur 77. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden 2022.

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

Utvandringsperioden fra elvene i PO12 er fra begynnelsen av juni til medio juli, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 29/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Tråldata: Tråldata indikerer lav dødelighet. Fangstene er dårligere enn i 2020-2021, og størst fangst ble tatt de to første ukene. Dette kan indikere at en andel av fisken har gått ut før trålingen ble igangsatt. De genetiske analysene endrer ikke vurderingen. Trålområdet dekker de største elvene i området, og vedvarende lave estimerte dødeligheter, også de to første ukene, gjør at vi anser usikkerheten som liten.

Sjøørret ruser: To stasjoner ble undersøkt i 2022, Talvik ukene 26 og 28, hvor det estimertes lav dødelighet, samt Handelsbukta i Porsangerfjorden uke 28-29 hvor det estimeres lav dødelighet. Stasjonene i Talvik og Handelsbukta er undersøkt fra hhv. 1 og 3 uker etter estimert median utvandring. Stasjonen i Talvik dekker derfor smoltutvandringen, mens stasjonen i Handelsbukta dekker trolig ikke fisk som vandrer tidlig. Antall stasjoner vurderes som lavt for et så stort område. Det konkluderes med at sjøørretrusene støtter en kategorisering av området til lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Smittekartene indikerer få områder og liten utstrekning av områder med forhøyet smittepress. Grunnet bare to stasjoner, og at disse ikke dekker området med høyest modellert tetthet av lakselus, vurderes usikkerheten som stor.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av området (med unntak av enkelte lokaliteter), og lakselusindusert dødelighet som vandret ut ble trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene (Figur 35 i Appendiks IV). Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (2 %). Indeksen varierer lite rundt midtpunktet for utvandring og holder seg i kategorien lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

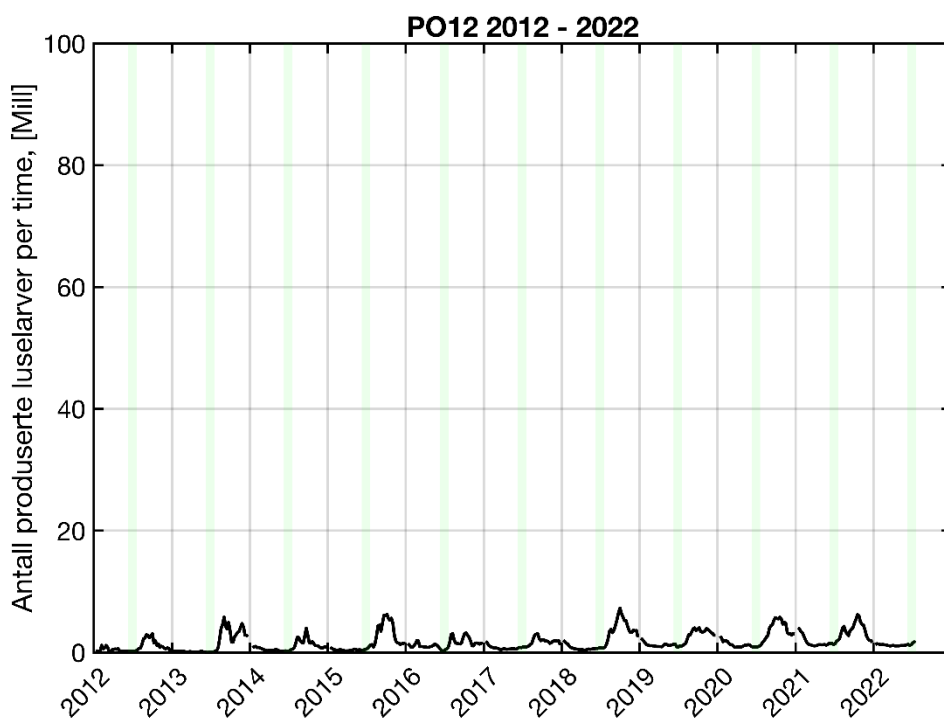
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 12 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus (Figur 36 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 56 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringstiden til villfisk er økende de senere år. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig og sen utvandrende fisk, samt for fisk med høyere toleranse for lakselus. Fisk med antatt lav toleranse for lakselus blir kategorisert med moderat estimert dødelighet. Usikkerheten til kategoriseringen i PO12 er derfor vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 % for alle elvene i produksjonsområdet (Figur 16 i Appendiks V). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var under 1 % og dermed i lav kategori (Figur 16 i Appendiks V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var 2 % og derfor også i

lav kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «veldig sannsynlig». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2021, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen i de siste fire årene (Figur 78).



Figur 78. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 12) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandringsperiodene per år.

5.5.13 Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Kategori med høyest sannsynlighet: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022

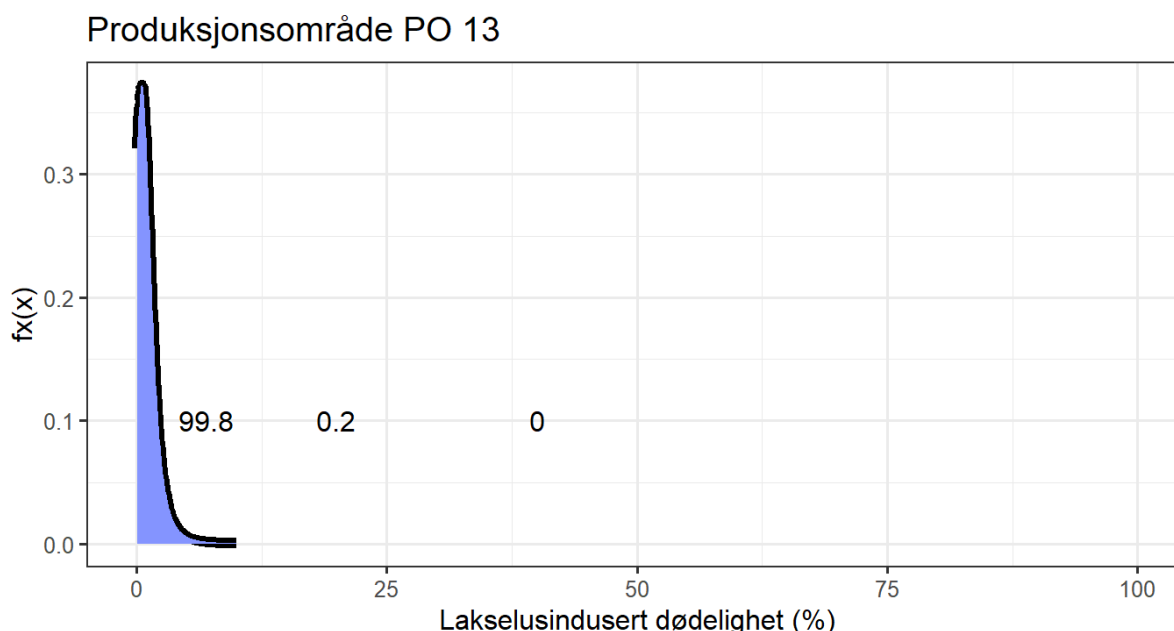
Hovedkonklusjon (Figur 79):

Det er svært sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2022.

Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2022.

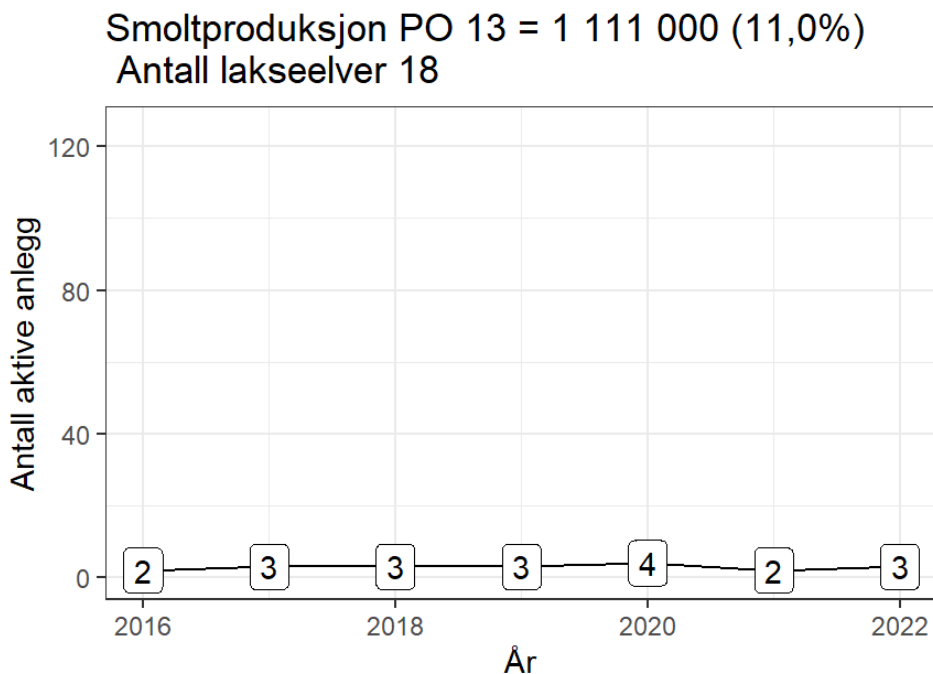
Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2022.

Konklusjonen om lav lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha liten usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

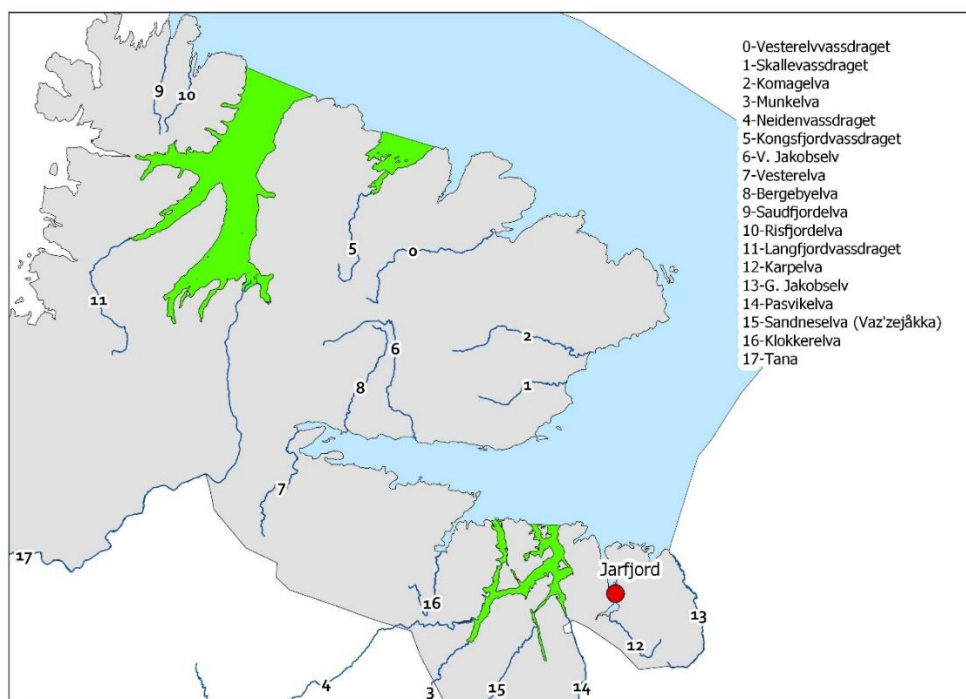


Figur 79. Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

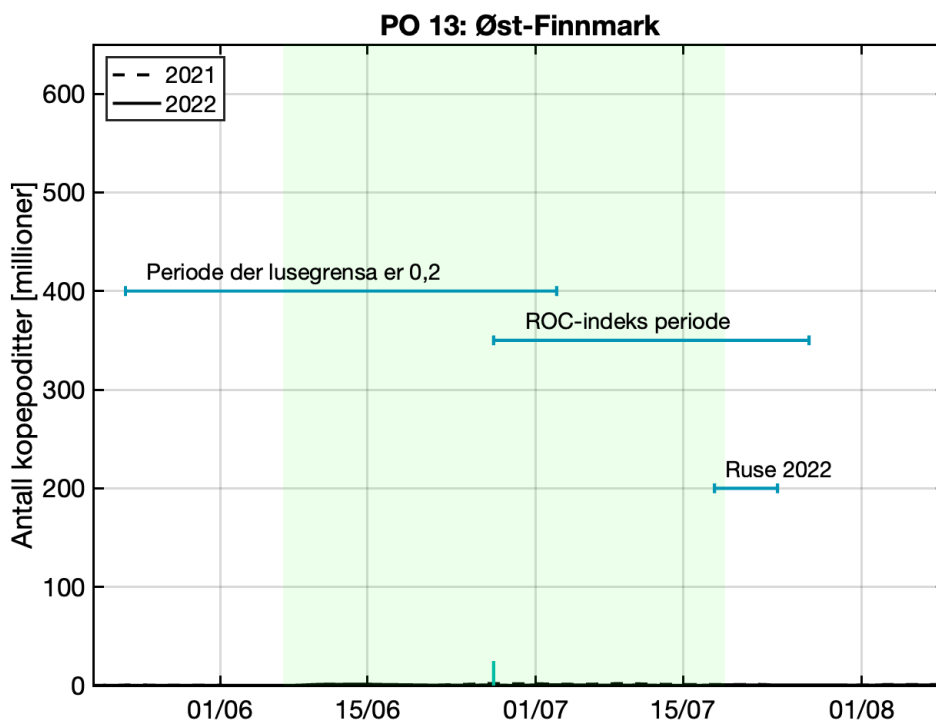
Argumentasjon: I dette produksjonsområdet er det få aktive anlegg, veldig lite eller ingen smittepress, og heller ingen indikasjon på at det er noen lakselusindusert dødelighet av betydning i modeller eller observasjoner. Det spekuleres om at det kan være lus fra oppdrett i Russland i enkelte år, men det er ingen tegn til dette i 2022. Det er også en problemstilling rundt identifisering av eventuell skottelus i dette produksjonsområdet, men gitt at det er svært lite lus på den sjørreten som fanges, ansees ikke dette som en relevant problemstilling i 2022.



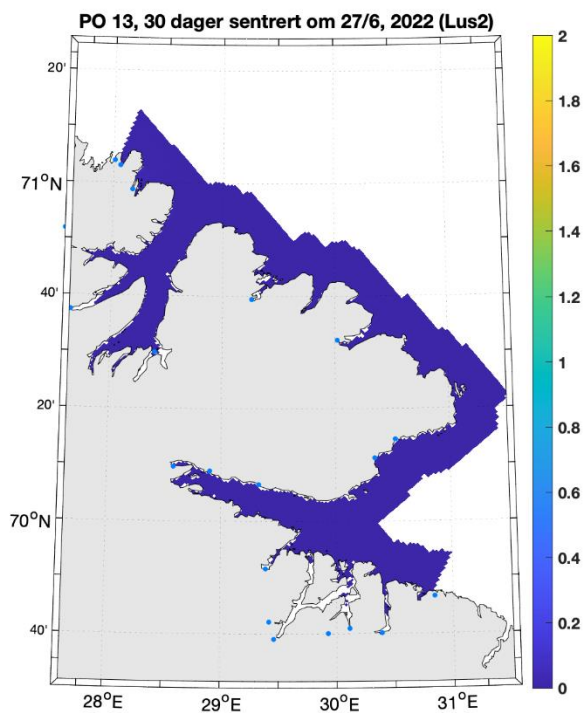
Figur 80. Antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. August 2016-2022, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.



Figur 81. Produksjonsområde 13. Oversikt over elvene (tall)og ruse/garn stasjonen (rød sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 82. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandringsperiode fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden (HI smittepress) og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjøørret ruse).



Figur 83. Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 meter i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden 2022.

Viktige elver: Dette POet 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 laksevasdrag, men prosentandelen i regionen blir lav på grunn av Tanas dominans.

Utvandringsperioden fra elvene i PO13 er fra begynnelsen av juni til medio juli, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 27/6 for hele produksjonsområdet. Se Appendiks I for detaljer om de forskjellige elvene.

Resultater 2022

Sjøørret ruser: I dette området har vi undersøkt Jarfjorden med garn i uke 29, undersøkelsen indikerer lav dødelighet i området. Undersøkelsen er foretatt nesten 4 uker etter de oppdaterte tidene for utvandring. Det er ingen økning i utslipp av klekte nauplier fra anlegg i ukene 20-30, og smittekartene indikerer ikke områder med forhøyet smittepress hverken analysert rundt median utvandring eller i perioden etter median utvandring. Usikkerheten vurderes derfor som liten, selv om det bare er undersøkt en stasjon i dette relativt store området.

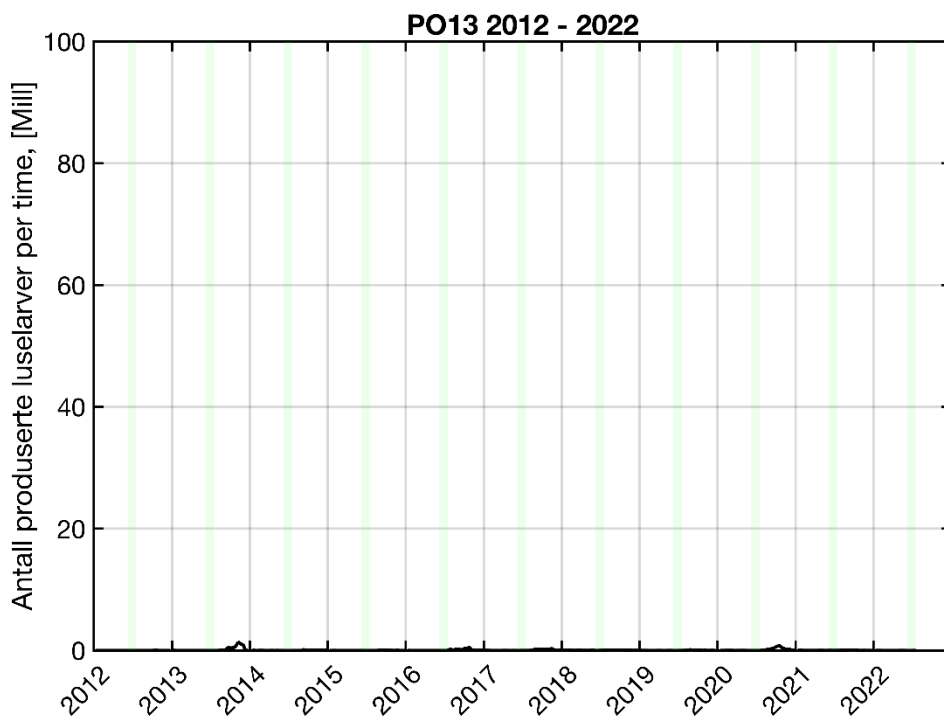
HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i hele dette området (Figur 38 i Appendiks IV), og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (0 %). Indeksen varierer lite rundt midtpunktet for utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 13 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus (Figur 39 i Appendiks IV). Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 100 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2022 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til villfisk er stabilt lavt over tid. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig og sen utvandrende fisk, samt for fisk med høyere og lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO13 er derfor vurdert som liten.

VI virtuell smolt: Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 % for alle elvene i produksjonsområdet (Figur 17 i Appendiks V). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var under 1 % og dermed i lav kategori (Figur 17 i Appendiks V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mer enn 99 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «svært sannsynlig». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2022 (Figur 84).



Figur 84. Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 13) 2012-2022, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønne markeringer viser utvandningsperiodene per år.

6 Utvikling over tid

I Ekspertgruppens sitt mandat står følgende: «Rapporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.». I 2020 gjorde vi vurdering av hva det er mulig å gjøre for å vurdere utvikling av påvirkning over tid. Vår konklusjon for 2022 er at vi kommer til de samme vurderingene i 2022 etter vi har oppdatert dataserien med et år til. Vi repeterer ikke hele argumentasjonen fra 2020, men gjentar konklusjonen som er:

«I sum peker resultatene på at i områder med høy vertstetthet, kan lakselusindusert dødelighet av laks variere med mer enn en kategori fra år til år avhengig av biologiske, fysiske og geografiske forhold. Det er derfor nødvendig å se på resultater for flere år for å vurdere hvor stor lakselusindusert dødelighet som kan forventes i et PO (Tabell 4). Betydningen av å vurdere resultater over flere år understrekes av at koordinerte produksjonssykluser kan gi to-årige sykluser i smittepress (se neste avsnitt). Områder med lav vertstetthet har gjennomgående mer stabilt lave nivåer av lakselusindusert dødelighet.».

Betydningen av å se på lakseluspåvirkningen over flere år, understrekes også av at vi vurderer at konklusjonene om lakselusindusert dødelighet har stor usikkerhet for de fleste produksjonsområder. Den store usikkerheten gjelder for enkeltår. Usikkerheten for nivået sett over flere år er langt lavere fordi mye av variasjonen da blir jevnet ut. Nivået sett over flere år gir dermed et langt sikrere grunnlag for beslutninger.

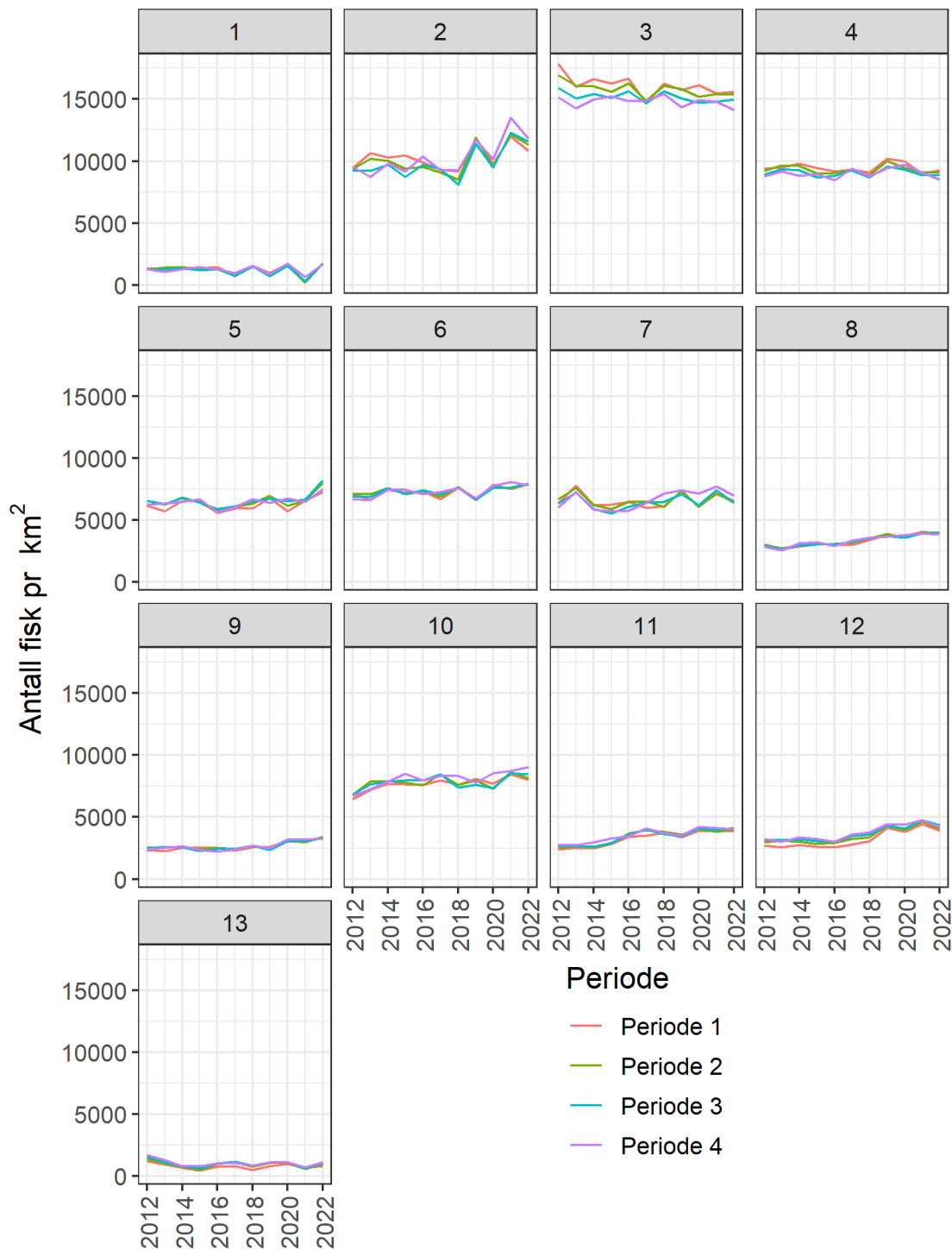
Tabell 4 Ekspertgruppens hovedkonklusjoner for kategorisering av luseindusert villfiskdødelighet for utvandrende post-smolt av laks i alle produksjonsområder i perioden 2016-2022.

PO	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
2	Mod	Lav	Mod	Lav	Høy	Lav	Mod
3	Høy	Høy	Høy	Mod	Høy	Høy	Høy
4	Mod	Høy	Mod	Høy	Mod	Høy	Høy
5	Mod	Mod	Mod	Høy	Lav	Mod	Mod
6	Mod	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Mod
7	Mod	Lav	Mod	Lav	Mod	Mod	Mod
8	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Mod
9	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
10	Lav	Lav	Lav	Mod	Lav	Lav	Lav
11	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
13	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav

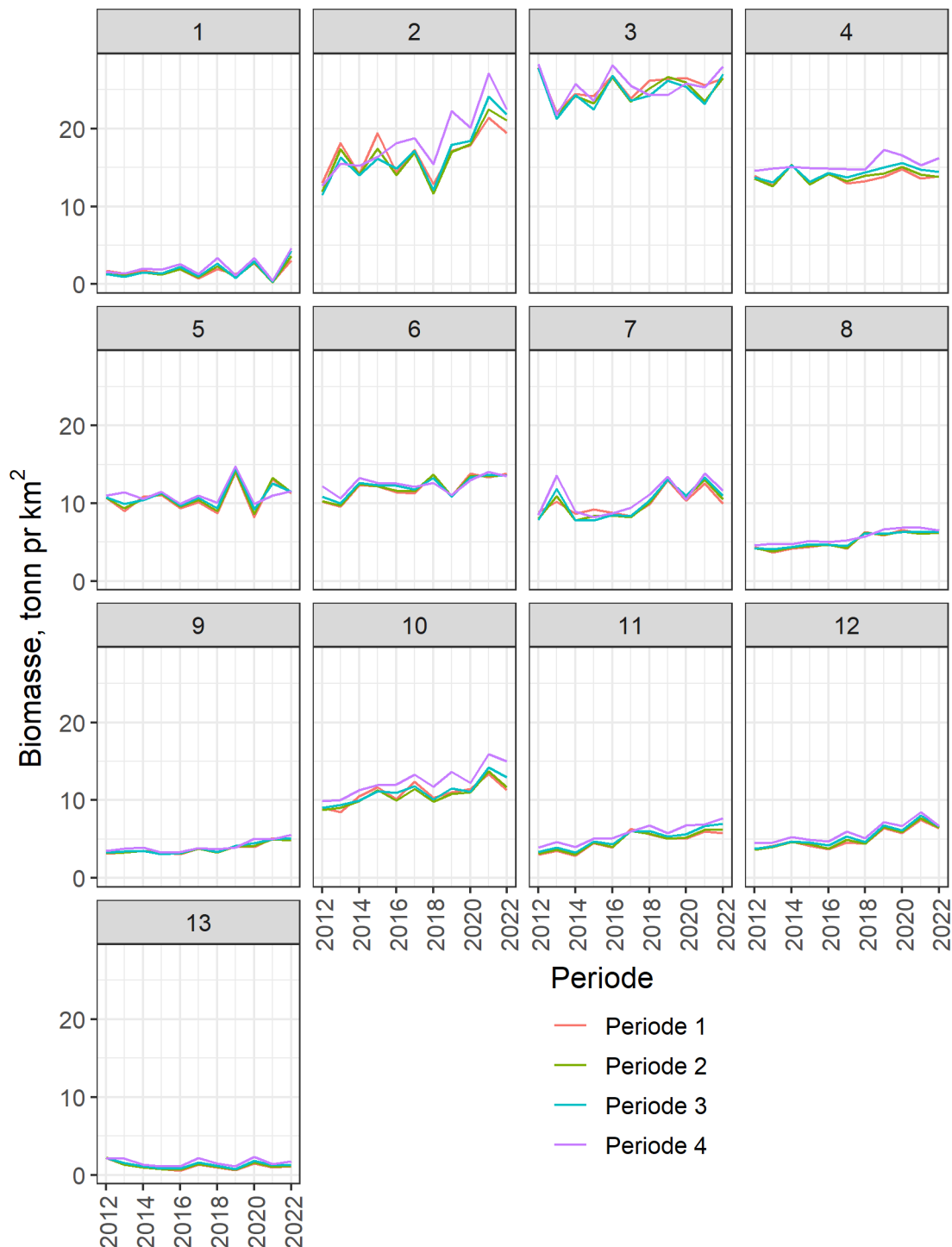
6.1 Endring i biomasse og lusetall i hvert produksjonsområde

Som i 2020 og 2021 rapportene viser vi i år tidsserier over oppdrettsintensitet og antall lakselus i de ulike produksjonsområdene. For å kunne sammenligne de forskjellige produksjonsområdene har vi delt produksjons- og lusetallene på antall kvadratkilometer

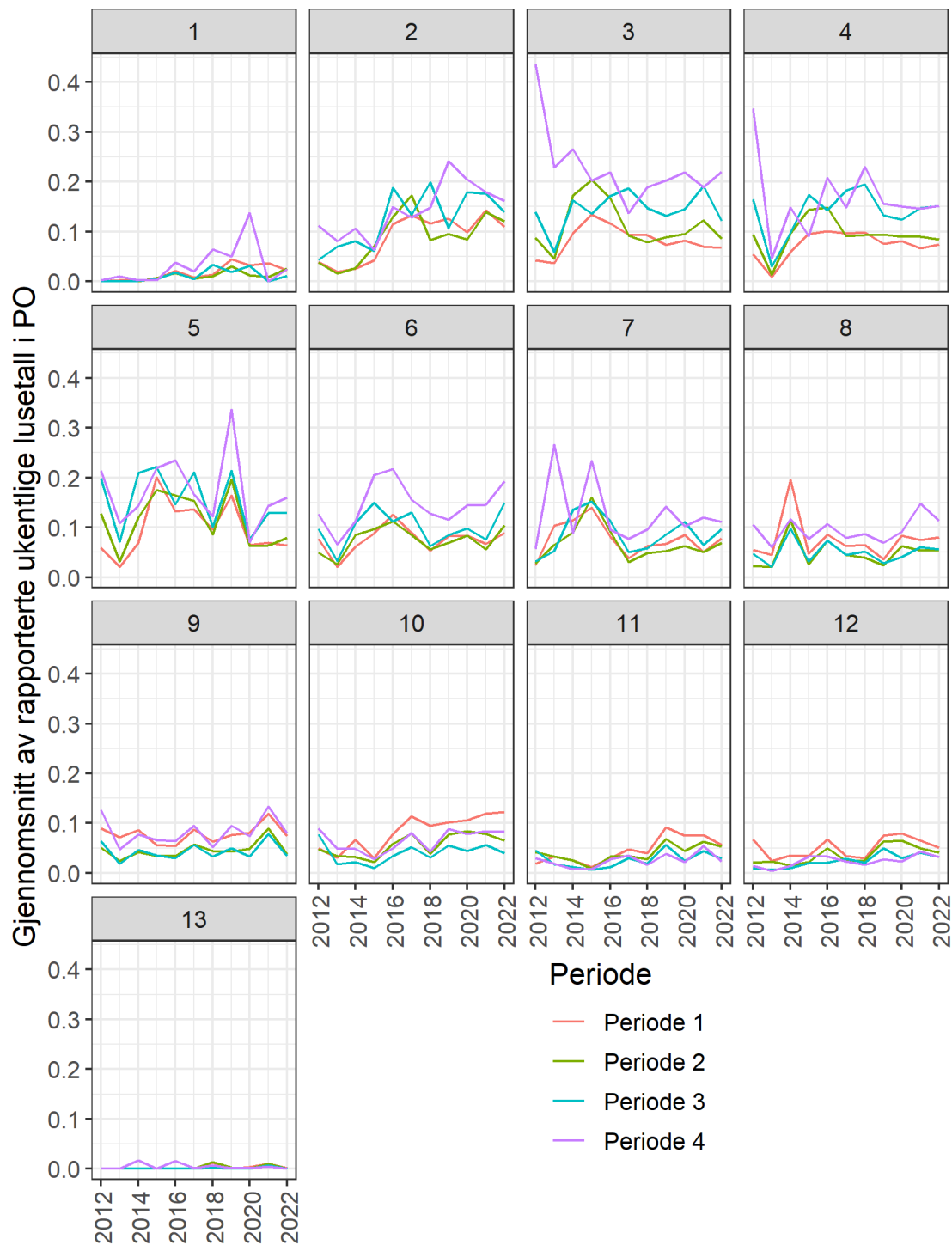
innenfor grunnlinjen i hvert produksjonsområde. I denne rapporten har vi oppdatert figurene med å inkludere data for 2022 (Figur 85-88). Som sist år ønsker vi å påpeke at det generelle bildet er at oppdrettsintensiteten og smittepresset (eller antall hunnlus per areal) er som tidligere år høyest på Vestlandet, *men at det de siste årene også er klare tegn til at lusetallene og biomassen er på vei opp i de nordlige områdene hvor man har svært lite overvåkningsdata på villfisk.*



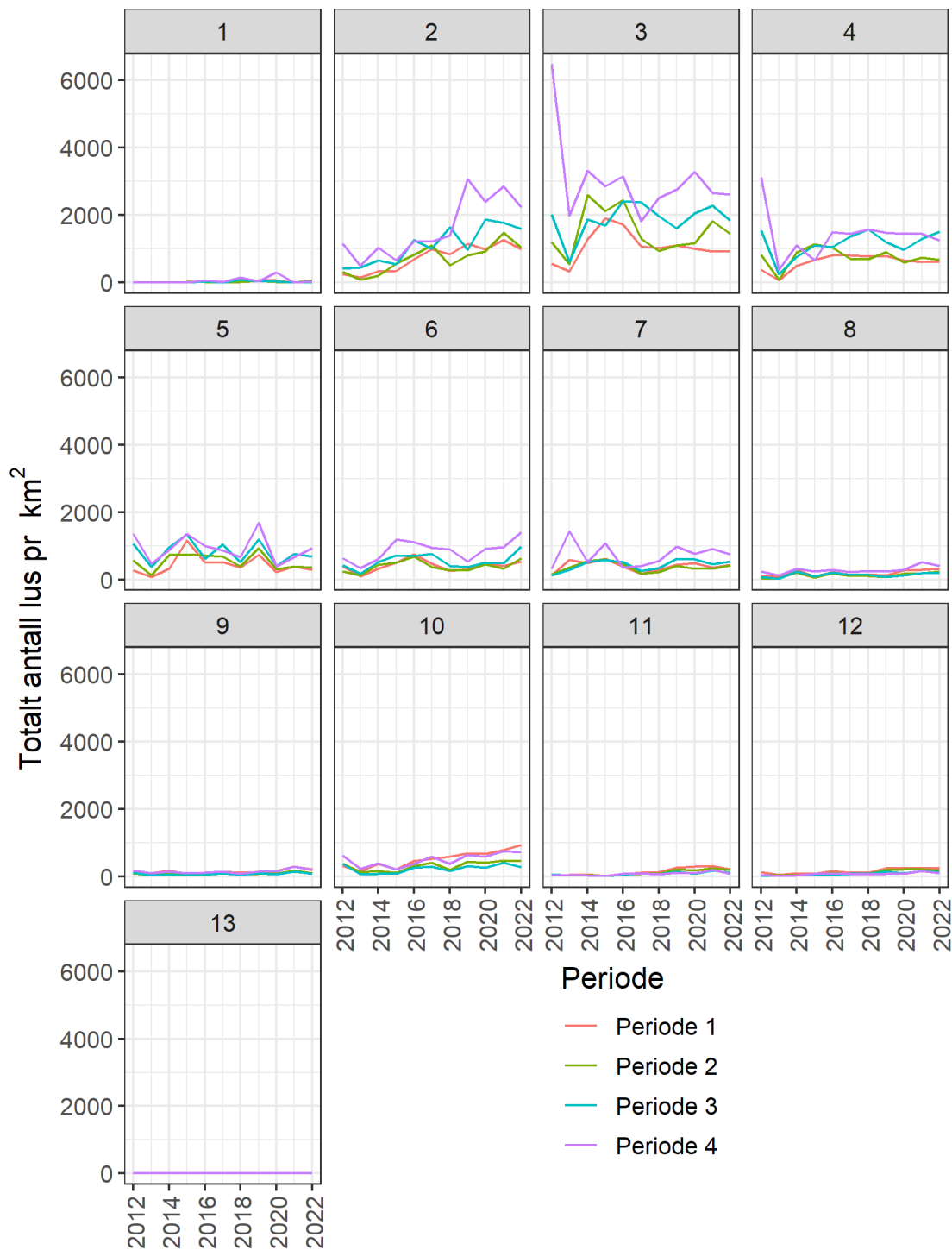
Figur 85. Totalt antall oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2022, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Antall fisk pr km² er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirektoratet via Altinn. Verdier for periode 4 for 2022 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden.



Figur 86. Biomasse oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2022, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Biomasse pr km² er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirektoratet via Altinn. Verdier for periode 4 for 2022 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden.



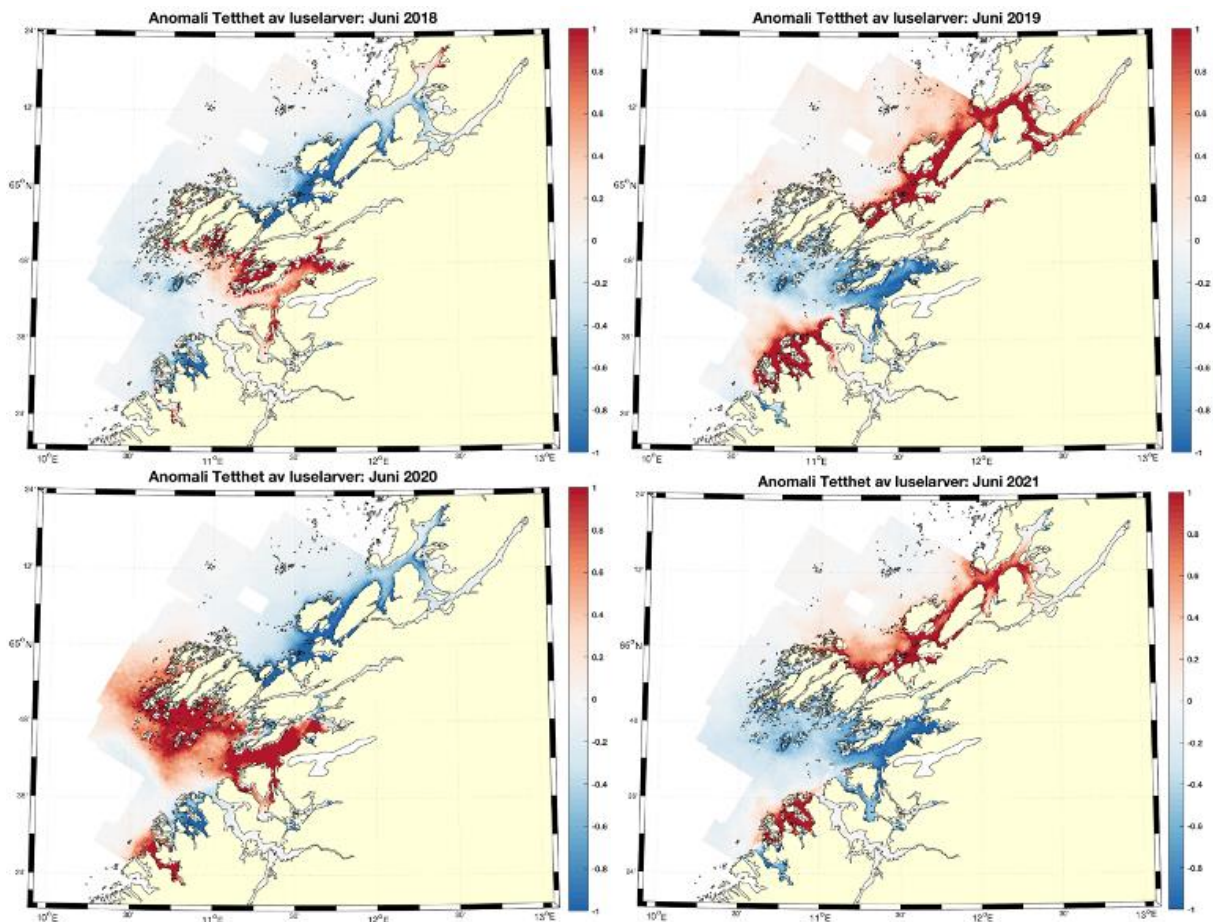
Figur 87. Snitt antall hunnlus per oppdrettsfisk i snitt per PO i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2022, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Gjennomsnitt av rapporterte lusetall (y-verdier) er gjennomsnitt av alle rapporterte lusesnitt for hver periode hvert år. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet. Verdier for periode 4 for 2022 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden



Figur 88 Totalt antall hunnlus per kvadratkilometer innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2022, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Totalt antall hunnlus er produktet av rapporterte lusetall (gjennomsnitt) og rapportert antall fisk. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet og månedlige rapporteringer til Fiskeridirektoratet. Verdier for periode 4 for 2022 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden.

6.2 Mellomårsvariasjon i smittepress grunnet produksjonssykluser

I rapportene for 2020 og 2021 ble det også påpekt at smittepresset varierer mellom år på grunn av den toårige syklusen til oppdrettsproduksjon og hvordan strukturen til hvor anlegg som er i andre og første år av produksjonssyklusen er plassert i et produksjonsområde. Et anomalikart fra produksjonsområde 7 viser denne dynamikken for de fire siste årene med en toårig syklus i smitteutbredelse (Figur 89). Ekspertgruppen står fremdeles ved konklusjonen fra foregående år som var: «Det er derfor ikke mulig å trekke en konklusjon om tilstanden i et PO har forbedret seg eller forverret seg hvis man kun ser på endringer i tilstand fra et år til et annet».



Figur 89 Anomali kart fra smittepresseestimer fra Havforskningsinstituttets sin modell.

Litteratur

- Albretsen J., Sandvik A.D., Asplin L., Lien V.S. & Skardhamar J. (2022). NorKyst800: versjoner og arkiver. Rapport fra Havforskningen.
- 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.
- Aldrin, M. (2016). Havforskningsinstituttets spredningsmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, notat SAMBA/15/16.
- Aldrin M., Jansen P.A. & Stryhn H. (2019). A partly stage-structured model for the abundance of salmon lice in salmonid farms. *Epidemics* 26: 9-22.
- Alver, M.O., Broch, O.J., Melle, W., Bagoien, E. & Slagstad, D. (2016). Validation of an Eulerian population model for the marine copepod *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea. *Journal of Marine Systems* 160: 81-93
- 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. (2013). Kvalitetsnorm for ville bestander av atlantisk laks (*Salmo salar*). Lovdata.no
- Anon. (2015). Meld. St. 16 (2014-2015). Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Regjeringen.no
- Anon. (2017a). Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret (produksjonsområdeforskriften). FOR-2017-01-16-61. Lovdata.no
- Anon. (2017b). Status for norske laksebestander i 2017. *Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning*, nr.10, 152 s.
- Anon. (2019). Status for norske laksebestander i 2019. *Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning* nr. 12, 126 s.
- Asplin L., Johnsen, 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.
- Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I.A. & Sandvik, A.D. (2020). The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics* 70: 1151-1167.
- Barlaup, B. T., Gabrielsen, S-E., Løyland, J., Schlappy, M-L., Wiers, T., Vollsett, 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.
- Bjerck, H. B., Urke, H. A., Haugen, T. O., Alfredsen, J. A., Ulvund, J. B., & Kristensen, T. (2021). Synchrony and multimodality in the timing of Atlantic salmon smolt migration in two Norwegian fjords. *Scientific reports*, 11(1): 1-14.
- Bjørn, P.A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolts. *Nordic Journal of Freshwater Research* 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* 8-2011, 58 s.
- Broch, O.J., Daae, R.L., Ellingsen, I.H., Nepstad, R., Bendiksen, E.Å., Reed, J.L. & Senneset, G. (2017). Spatiotemporal dispersal and deposition of fish farm wastes: A model study from central Norway. *Frontiers in Marine Sciences* 4: 199.
- Brooker, A.J., Skern-Mauritzen, R. & Bron, J.E. (2018). Production, mortality, and infectivity of planktonic larval sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837): current knowledge and implications for epidemiological modelling. *ICES Journal of Marine Science* 75: 1214-1234.
- Bui, S., Dempster, T., Remen, M. & Oppedal, F. (2016). Effect of ectoparasite infestation density and lifehistory stages on the swimming performance of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 387-395.
- Bøhn, T., Nilsen, R., Gjelland, K.Ø., Biuw, M., Sandvik, A.D., Primicerio, R., Karlsen, Ø. & Serra-Llinares, R.M. (2022). Salmon louse infestation levels on sea trout can be predicted from a hydrodynamic lice dispersal model. *Journal of Applied Ecology* 59: 704-714.
- Chaput, G., Carr, J., Daniels, J., Tinker, S., Jonsen, I. & Whoriskey, F. (2018). Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt and early post-smolt migration and survival inferred from multi-year and multi-stock acoustic telemetry studies in the Gulf of St. Lawrence, northwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 76: 1107-1121.
- Crosbie, T., Wright, D.W., Oppedal, F., Johnsen, I.A., Samsing, F. & Dempster, T. (2019). Effects of step salinity gradients on salmon lice larvae behavior and dispersal. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 181-190.
- Dalsøren, S., Albrechtsen, J. & Asplin, L. (2020). New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 246, 107028.
- Dalvin, S. & Oppedal, F. (2019). Utvikling av lakselus ved ulike temperatur og lys – TEMPLUS. *Rapport fra Havforskningen* 2019-13.
- Dawson, L.H.J., Pike, A.W., Houlihan, D.F. & McVicar, A.H. (1997). Comparison of the susceptibility of sea trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)) infections. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1129-1139.
- Dempster, T., Overton, K., Bui, S., Stien, L. H., Oppedal, F., Karlsen, Ø., Coates, A., Phillips, B.L. & Barrett, L.T. (2021). Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 13: 237-248.
- Dohoo, I., Martin, W. & Stryhn, H. (2010). *Veterinary Epidemiologic Research*. 865 s.
- Drenner, S.M., Clark, T.D., Whitney, C.K., Martins, E.G., Cooke, S.J. & Hinch, S.G. (2012). A synthesis of tagging studies examining the behaviour and survival of anadromous salmonids in marine environments. *PLOS ONE* 7, e31311
- Eliassen, K., Jackson, D., Koed, A., Revie, C., Swanson, H.A., Turnbull, J., Vanhatalo, J. & Visser, A. (2021). An evaluation of the Scientific Basis of the Traffic Light System for Norwegian Salmonid Aquaculture. Evaluation Committee, The Research Council of Norway.
- Elvik, K.M.S. (2016). Posterpresentasjon på Sea Lice conference, 26-28th September, Westport, Ireland.

- 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.
- Fjellidal, P.G., Fraser, T.W.K., Hansen, T.J., Karlsen, Ø. & Bui, S. (2022). Effects of laboratory salmon louse infection on mortality, growth, and sexual maturation in Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science* 79, 1530-1538.
- Fjørtoft, H.B., Besnier, F., Stene, A., Nilsen, F., Bjørn, P.A., Tveten, A.-K., Finstad, B., Aspehaug, V. & Glover, K.A. (2017). The Phe362Tyr mutation conveying resistance to organophosphates occurs in high frequencies in salmon lice collected from wild salmon and trout. *Scientific Reports* 7: 14258.
- Fjørtoft, H.B., Nilsen, F., Besnier, F., Stene, A., Bjørn, P. A., Tveten, A.K., Aspehaug, V.T., Finstad, B. & Glover, K.A. (2019). Salmon lice sampled from wild Atlantic salmon and sea trout throughout Norway display high frequencies of the genotype associated with pyrethroid resistance. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 459-468.
- Fossberg, J., Forbord, S., Broch, O. J., Malzahn, A., Jansen, H., Handå, A., Førde, H., Bergvik, M., Fleddum, A.L., Skjermo, J. & Olsen, Y. (2018). The potential for upscaling of kelp (*Saccharina latissima*) cultivation in salmon-driven integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) *Frontiers in Marine Sciences* 5: 418.
- Gregory, S.D., Ibbotson, A.T., Riley, W.D., Nevoux, M., Lauridsen, Rasmus B., Russell, I. C., Britton, J.R., Gillingham, P.K., Simmons, O.M. & Rivot, E. (2019). Atlantic salmon return rate increases with smolt length. *ICES Journal of Marine Science*, 76: 1702– 1712
- Grøn, H.H. (2016). Comparison of gillnet and trap in relation to retention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*), size selection of sea trout (*Salmo trutta*) and catch efficiency. - Comparing the two most used fishing gear in National Salmon lice monitoring Program. Master, Universitetet i Tromsø.
- Halttunen, E., Gjelland, K.Ø., Glover, K.A., Johnsen, I.A., Serra-Llinares, R.M., Skaala, Ø., Nilsen, R., Bjørn, P.A., Karlsen, Ø., Finstad, B. & Skilbrei, O.T. (2018). Migration of Atlantic salmon post-smolts in a fjord with high infestation pressure of salmon lice. *Marine Ecology Progress Series* 592:243-256.
- Hamre, L. A., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R. & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24°C. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 429-443.
- Harvey, A.C., Quintela, M., Glover, K.A., Karlsen, Ø., Nilsen, R., Skaala, Ø., Sægvog, H., Kålås, S., Knutar, S. & Wennevik, V. (2019). Inferring Atlantic salmon post-smolt migration patterns using genetic assignment. *Royal Society Open Science* 6: 190426.
- Heuch, P.A. (1995). Experimental evidence for aggregation of salmon louse copepodids (*Lepeophtheirus salmonis*) in step salinity gradients. *Journal of Marine Biological Association UK* 75: 927-939.
- Heuch, P.A. & Mo, T.A. (2001). A model of salmon louse production in Norway: Effects of increasing salmon production and public management measures. *Diseases of Aquatic Organisms* 45: 145-152.
- Holst, J.C. & McDonald, A. (2000). FISH-LIFT: a device for sampling live fish with trawls. *Fisheries Research* 48: 87-91.

- Hulbak, M., Hanssen, E.M., Lennox, R.J., Salvanes, A.G.V., Barlaup, B., Gharbi, N., Nilsen, T.O. & Vollset, K.W. (2021). Validating timing of salmon smolt runs obtained by telemetry studies. *Fisheries Management and Ecology* 28: 428-436.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S. & Drumm, A. (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.
- 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. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 2330-2338.
- Jansen, H.M., Broch, O.J., Bannister, R., Cranford, P., Handå, A., Husa, V., Jiang, V., Strohmeier, T., Strand, Ø. (2018). Spatio-temporal dynamics in the dissolved nutrient waste plume from Norwegian salmon cage aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 10: 385-399.
- Jensen, J.L.A., Strøm, J.F., Nikolopoulos, A., Primicerio, R., Skarðhamar, J., Atencio, B.J., Strand, J.E.T., Bjørn, P.A., Bøhn, T. (2022). Micro and macro-habitat selection of Atlantic salmon, *Salmo salar*, post-smolts in relation to marine environmental cues. *ICES Journal of Marine Science* 79: 1394-1407.
- Johnsen, I.A., Fiksen, O., Sandvik, A.D. & Asplin, L. (2014). Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aquaculture Environment Interactions* 5: 127-141.
- 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 Environment Interactions* 8: 99-116.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sandvik, A.D., Wennevik, V., Ådlandsvik, B. & Karlsen, Ø. (2018). Estimert luserelatert dødelighet hos postsmolt som vandrer ut fra norske lakseelver 2012-2017. *Rapport fra Havforskningen* 28-2018, 59 s.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A.D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K.A. & Karlsen Ø. (2021a). Salmon lice induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science* 78: 142-154.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A.D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K.A. & Karlsen Ø. (2021b). Reply to Jansen and Gjerde's (2021) critique of the salmon louse infection model reported in Johnsen mfl. (2021). *ICES Journal of Marine Science* 78: 3852-3857.
- Jonsson, B., Jonsson, M. & Jonsson, N. (2017). Influence of migration phenology on survival are size dependent in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Zoology* 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* 14-2016, 139 s.
- Kristoffersen A.B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A. & Jansen, P.A. (2014). Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. *Epidemics* 9: 31-39.

- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Helgesen, K.O., Vollset, K.W., Viljugrein, H., Jansen, P.A. (2018). Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. *Epidemics* 23: 19-33.
- Krkošek, M., Connors, B.M., Ford, H., Peacock, S., Mages, P., Ford, J.S., Morton, A., Volpe, J.P., Hilborn, R., Dill, L.M., Lewis, M.A. (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(1750): 20122359.
- Mastrandrea, M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K.J., Matschoss, P.R., Plattner, G.-K., Yohe G.W. & Zwiers, F.W. (2010). Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Available at <<http://www.ipcc.ch>>.
- Melsom, A., Skarðhamar, J. & Ådlandsvik, B. (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system – from physics to fish. *PLoS ONE*, 13(7).
- Miller, K.M., Teffer, A., Tucker, S., Li, S., Schulze, A.D., Trudel, M., Juanes, F., Tabata, A., Kaukinen, K.H., Ginther, N.G., Ming, T.J., Cooke, S. J., Hipfner, J.M., Patterson D.A., & Hinch S.G. (2014). Infectious disease, shifting climates, and opportunistic predators: cumulative factors potentially impacting wild salmon declines. *Evolutionary Applications* 7(7): 812-855.
- Mork, K.A., Gilbey, J., Hansen, L. P., Jensen, A. J., Jacobsen, J.A., Holm, M., Holst, J.C., Ó Maoiléidigh, N., Vikebø, F., McGinnity, P., Melle, W., Thomas, K., Verspoor, E. & Wennevik, V. (2012). Modelling the migration of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1616-1624.
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Kristensen, N.M., Melsom, A., Skarðhamar, J. & Ådlandsvik, B. (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system—From physics to fish. *PLoS One* 13: e0201338.
- Myksvoll, M.S., Asplin, L., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Ådlandsvik, B., Albretsen, J. & Skarðhamar, J. (2018). Modelling salmon lice copepodids along the Norwegian coast – comparing old and new particle tracking models. *Rapport fra Havforskningen* 39-2018, 26 s.
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Skarðhamar, J. & Albretsen, J. (2020). Impact of variable physical conditions and future increased aquaculture production on lice infestation pressure and its sustainability in Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 12: 193–204.
- Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A.B., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O., Vollset, K.W. & Myksvoll, M.S. (2017). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Rapport fra Ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Penston, M. J. & Davies, I.M. (2009). An assessment of salmon farms and wild salmonids as sources of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) copepodids in the water column in Loch Torridon, Scotland. *Journal of Fish Diseases* 32(1): 75-88.
- Peterson, I. & Wroblewski, J. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 1117-1120.

- Plantalech Manel-la, N., Thorstad, E.B., Davidsen, J.G., Økland, F., Sivertsgård, R., McKinley, R.S. & Finstad, B. (2009). Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16: 147-154.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skardhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M., Skogen, M. D. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environmental Interactions* 8: 527-542.
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M. S., Ådlandsvik, B. & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science* 78: 1781-1792.
- Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Myksvoll, M.S., Sævik, P.N. & Skogen, M.D. (2020). Prediction of the salmon lice infestation pressure in a Norwegian fjord. *ICES Journal of Marine Science* 77: 746-756.
- 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.
- 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.
- Skardhamar, J., Albretsen, J., Sandvik, A.D., Lien, V.S., Myksvoll, M.S., Johnsen, I.A., Asplin, L., Ådlandsvik, B., Halttunen, E., Bjørn, P.A. (2018). Modelled salmon lice dispersion and infestation patterns in a sub-arctic fjord. *ICES Journal of Marine Sciences* 75: 1733-1747.
- 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 Progress Series* 290: 263-275.
- Stige, L.C., Helgesen, K.O., Viljugrein, H., Qviller, L. (2021). A statistical mechanistic approach including temperature and salinity effects to improve salmon lice modelling of infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions* 13: 339-361.
- Stige, L.C., Helgesen, K.O., Viljugrein, H., Qviller, L. (2022). Modelling salmon lice-induced mortality of wild salmon post-smolts is highly sensitive to calibration data. *Aquaculture Environment Interactions*.
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L. & Boxaspen, K.K. (2016). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og Havet* 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* 3-2010, 93 s.
- 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* 7-2012.
- 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 Journal of Marine Sciences* 72: 997-1021.
- 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. *Journal of Fish Biology* 81: 500-542.
- Urke, H.A., Kristensen, T. & Ulvund, J.B. (2015). Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lardalselvi 2014. *INAQ AS 1393*, 19 s.
- Urke, H.A., Kristensen, T., Arnekleiv, J.V., Haugen, T.O., Kjærstad, G., Stefansson, S.O., Ebbesson, L.O. E. & Nilsen, T.O. (2013). Seawater tolerance and post-smolt migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* × brown trout *S. trutta* hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82: 206-227.
- Urke, H., Kristensen, T., Ulvund, J.B. & Alfredsen, J.A. (2013). Riverine and fjord migration of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 20: 544-552.
- Vollset, K.W. (2019). Parasite induced mortality is context dependent in Atlantic salmon: insights from an individual-based model. *Scientific Reports* 9(1): 1-15.
- Vollset, K.W., Krøntveit, R.I., Jansen, P.A., Finstad, B., Barlaup, B.T., Skilbrei, O.T., Krkošek, M., Romunstad, P., Aunsmo, A., Jensen, A.J. & Dohoo, I. (2015). Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries* 17: 714-730.
- Vollset K.W., Barlaup B.T., Mahlum S., Bjørn P.A. & Skilbrei O.T. (2016). Estimating the temporal overlap between post-smolt migration of Atlantic salmon and salmon lice infestation pressure from fish farms. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 511-525.
- Vollset, K.W., Halttunen, E., Finstad, B., Karlsen, Ø., Bjørn, P.A., Dohoo, I. (2017). Salmon lice infestations on sea trout predicts infestations on migrating salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science* 74: 2354-2363.
- Vollset, K.W., Qviller, L., Skår, B., Barlaup, B. T., & Dohoo, I. (2018). Parasitic sea louse infestations on wild sea trout: separating the roles of fish farms and temperature. *Parasites & vectors* 11(1): 609.
- Vollset, K.W., Barlaup, B.T., & Friedland, K.D. (2019). Context-dependent impact of an ectoparasite on early marine growth in Atlantic salmon. *Aquaculture* 507: 266-274.
- Wagner, G.N., McKinley, R.S., Bjørn, P.A. & Finstad, B. (2003). Physiological impact of sea lice on swimming performance of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 62: 1000-1009.
- Wagner, G.N., Fast, M.D. & Johnson, S.C. (2008). Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in Parasitology* 24: 176-183.
- Ådlandsvik, B., (2015). Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. *Rapport fra Havforskningen* 20-2015, 59 s.

Appendiks

Appendiks I: Oversikt over laksevasdrag og utvandringstidspunkt for smolt

Appendiks II: En vurdering av lakselusinfestasjonen i produksjonsområdene 2022

Appendiks III: Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur

Appendiks IV: Modellert påvirkning av lakselus på vill laksefisk

Appendiks V: Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2022

Appendiks VI: Simulert luseindusert dødelighet på virtuell smolt i produksjonsområde 2 til 7 ved bruk av SINMOD (SINTEF)

Appendiks VII: Skjema for vurdering