

# Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023



*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 Skarøhamar**, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*  
**Leif Christian Stige**, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*  
**Ola Ugedal**, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

*Ekspertgruppens sekretær:*  
**Vidar S. Lien**, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

# **Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023**

**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  
**Ola Ugedal**, Norsk institutt for naturforskning  
**Vidar S. Lien**, Havforskningsinstituttet

**Bergen, Trondheim 21.11.2023**

**ISBN-nummer:**  
978-82-93932-11-6

**Referanse til publikasjonen:**

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Karlsen, Ø., Paterson, R.A., Qviller, L., Skardhamar, J., Stige, L.C., Ugedal, O., Lien V.S. 2023. Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

**Nøkkelord:**

Trafikklyssystemet  
Nærings- og fiskeridepartementet  
Ekspertgruppen  
Lakselus  
Dødelighet laksesmolt  
Produksjonsområder

**Foto framside:**

Utsetting av vaktbur i Hardangerfjorden, fotografi av Sussie Dalvin, HI.

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn og introduksjon</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Definisjoner og begreper</b>	<b>12</b>
2.1	Lakselusindusert dødelighet	12
2.2	Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk	12
2.3	Faktorer som påvirker populasjonsvekst, men ikke dødelighet	13
2.4	Ekspertgruppen sin tolking av den estimerte lakselusinduserte dødeligheten basert på grenseverdier	13
2.5	Produksjonsområder	14
2.6	Bestand, populasjon og populasjonskompleks	14
2.7	Utfordringer ved å trekke konklusjoner over et helt produksjonsområde – vurdering av heterogenitet	15
2.8	Kvantifisering av dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg	16
<b>3</b>	<b>Metodebeskrivelse</b>	<b>17</b>
3.1	Datainkludering i ekspertvurderingen	17
3.2	Sammenheng mellom data, modeller og estimater	19
3.3	Observasjonsdata	19
3.3.1	Data fra oppdrett.....	19
3.4	Overvåkingsdata	20
3.5	Modeller og analyser	22
3.5.1	Beskrivelse av Havforskningsinstituttets modellsystem .....	22
3.5.2	Beskrivelse av Veterinærinstituttets modellsystem.....	24
3.5.3	Beskrivelse av SINTEFs modellsystem.....	26
3.6	Oppdatering av metoder for 2023-sesongen.	26
3.6.1	Endring i innsamling av observasjonsdata .....	26
3.6.2	Oppdatering av Havforskningsinstituttet sine modellsystemer .....	27
3.6.3	Oppdatering av Veterinærinstituttet sine modellsystemer .....	27
3.6.4	Oppdatering av SINTEF sine modellsystemer .....	27
3.6.5	Revurdering av ekspertgruppevurderinger for 2022 .....	28
<b>4</b>	<b>Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen</b>	<b>29</b>
4.1	Laksepostsmoltens tålegrenser for infestasjonsnivå av lakselus	29
4.2	Mellomårlig variasjon og sesongutvikling	30
4.3	Usikkerhet i kildeleddet	31
4.4	Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus	31
4.5	Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering	31
4.6	Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering	32
4.7	Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering	33
4.8	Villfisk som bidragsyttere	34
4.9	Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt	34
4.10	Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn	36
4.11	Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur	37
4.12	Usikkerhet knyttet til tråling	38
<b>5</b>	<b>Vurdering av status i produksjonsområdene</b>	<b>40</b>
5.1	Hvordan vurderer Ekspertgruppen lakselusindusert villfiskdødelighet	40
5.2	Ekspertvurderingsmetode (SHELF metoden)	40

5.3	<i>Sammenligning med tidligere års beskrivelse av usikkerhet</i>	45
5.4	<i>Usikkerhetsbeskrivelse ved presentasjon av metoder</i>	46
5.5	<i>Vurderinger</i>	48
5.5.1	Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren .....	51
5.5.2	Produksjonsområde 2: Ryfylke .....	59
5.5.3	Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra .....	68
5.5.4	Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt .....	77
5.5.5	Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika .....	88
5.5.6	Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag .....	98
5.5.7	Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal .....	106
5.5.8	Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø .....	115
5.5.9	Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen .....	124
5.5.10	Produksjonsområde 10: Andøya til Senja .....	132
5.5.11	Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa .....	141
5.5.12	Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark .....	149
5.5.13	Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark .....	157
<b>6</b>	<b>Utvikling over tid</b>	<b>164</b>
6.1	<i>Endring i biomasse og lusetall i hvert produksjonsområde</i>	164
6.2	<i>Mellomårsvariasjon i smittepress grunnet produksjonssykluser</i>	171
	<b>Litteratur</b>	<b>172</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>181</b>

## 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 miljøindikatorene [...]». Gjeldende og eneste miljøindikator er i 2023, som tidligere år, effekten lakselus produsert i oppdrett har på vill laksefisk. 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.»

I årets rapport har vi fulgt den samme fremgangsmåten som i 2022 (Vollset mfl. 2022), men i tillegg lagt ved en heterogenitetsanalyse for hvert PO. Heterogenitetsanalysen er også gjort i etterkant for 2022 i egen rapport (Vollset mfl. 2023).

Oppsummert er kategoriene for lakselusindusert dødelighet for vill laksepostsmolt for 2023 som følger:

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

Vurderingene av usikkerhet er som følger:

- I **PO1** 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 %.
- I **PO2** var det usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 %, mindre sannsynlig enn ikke at den var mellom 10 og 30 %, og mindre sannsynlig enn ikke at den var over 30 %.
- I **PO3** var det usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 %, usannsynlig at den var mellom 10 og 30 %, og mer sannsynlig enn ikke at den var over 30 %.
- I **PO4** var det usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 %, mindre sannsynlig enn ikke at den var mellom 10 og 30 %, og mindre sannsynlig enn ikke at den var over 30 %.
- I **PO5** var det usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 %, mer sannsynlig enn ikke at den var mellom 10 og 30 %, og usannsynlig at den var over 30 %.
- I **PO6** var det mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var både under 10 % og mellom 10 og 30 %, men usannsynlig at den var over 30 %.

- I **PO7** var det mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 %, mer sannsynlig enn ikke at den var mellom 10 og 30 %, og veldig usannsynlig at den var over 30 %.
- I **PO8** 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 %.
- I **PO9, PO10 og PO11** var det sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 %, usannsynlig at den var mellom 10 og 30 %, og veldig usannsynlig at den var over 30 %.
- 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 %.
- 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 fram til og med 2021 (Vollset mfl. 2021) vurderes konklusjonen fra PO1, PO12 og PO13 til å ha liten usikkerhet, mens PO9-11 har middels usikkerhet og PO2-8 har stor usikkerhet.

Hetereogenitetsanalysen viser at lakselusindusert dødelighet sannsynligvis var høyere enn den mest sannsynlige dødeligheten for POet for de følgende kategoriene av sårbare og viktige bestander:

- Nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen og bestander under reetablering i PO4.
- Små og sårbare bestander i PO8.

I ni POer indikerer resultater fra én eller flere virtuelle postsmoltmodeller at enkeltbestander hadde høyere lakselusindusert dødelighet enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet. Dette gjaldt enkelte av bestandene innenfor de følgende kategoriene av sårbare og viktige bestander:

- Nasjonale laksevassdrag og små og sårbare bestander i PO2.
- Nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen, små og sårbare bestander og bestander under reetablering i PO4.
- Nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen, små og sårbare bestander og bestander under reetablering i PO5.
- Nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen, små og sårbare bestander og bestander under reetablering i PO6.
- Små og sårbare bestander og bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen i PO7.

- Nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen, små og sårbare bestander og bestander under reetablering i PO8.
- Bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen og små og sårbare bestander i PO9.
- Bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i kvalitetsnormen og små og sårbare bestander i PO10.
- I PO 11 viste smittepresskartet og resultatene fra VPS-modellene at enkelte bestander hadde høyere dødelighet enn estimatet for hele POet. PO 11 ble derfor vurdert videre for heterogenitet. Vurderingen viste imidlertid at ingen grupper av, eller enkeltbestander i sårbare og viktige bestander hadde høyere dødelighet enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet.

I tre POer tilsa ikke resultatene at enkeltbestander hadde høyere dødelighet enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet. Dette gjaldt:

- PO1, PO12 og PO13.

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 overvåkning av laksesmolt avsluttes, når man forventer at sjørret og sjørøye fremdeles oppholder seg i sjøen. Det er viktig å påpeke at det ikke er gjennomført en vurdering av lakselusindusert dødelighet for sjørret eller sjørøye, ettersom det fremdeles er uklart hvilke kriterier man skal legge til grunn i slike vurderinger. Generelt øker smittepresset utover sommeren etter perioden postsmolten vandrer ut.

I mandatet påpekes det 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 var i hovedsak en vurdering av hvordan mengden oppdrettsfisk eller totalt antall lus per areal har endret seg over tid. 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. I PO2 har totalantall hunnlus om våren økt for hver to-årsperiode fra 2016-2017 til 2022-2023, hovedsakelig på grunn av høyere antall rapporterte lus per fisk. I PO3 har derimot totalantall hunnlus om våren blitt redusert i to-årsperiodene fra 2018-2019 til 2022-2023, hovedsakelig på grunn av lavere antall rapporterte lus per fisk. Antall lus per kvadratkilometer i PO3 er likevel blant de høyeste i landet. Også i PO4 er det en nedgang i totalantall hunnlus om våren fra 2020-2021 til 2022-2023. Denne nedgangen skyldes utelukkende lavere antall rapportert lus per fisk, da antall fisk har økt. I PO5 til PO12 er det

generelt økende totalantall hunnlus om våren gjennom de siste to-årsperiodene i tråd med generelt økende antall oppdrettsfisk, men med variasjoner som skyldes forskjeller i antall rapporterte lus per fisk.

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 POet. 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 sjørøret og sjørøye, og på beitende sjørøret og sjørøye som en konsekvens av smitte med lakselus fra oppdrettsanlegg. Andre bærekraftsindikatorer skal eventuelt tillegges vekt i fremtidig 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 årlige mandater fra NFD via Styringsgruppen og har svart på disse i årsrapporter med en grundigere gjennomgang i hvert oddetallsår (2017, 2019 og 2021, i tillegg til årets rapport for 2023). 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 villlaks inntil sjørøret 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 i likhet med fjorårets rapport noe annerledes enn tidligere år som en konsekvens av at trafikklyssystemet har blitt vurdert av en internasjonal evalueringskomite<sup>1</sup> (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 detaljert beskrivelse av hvordan kunnskap blir inkludert i arbeidet finnes nå i starten av kapittel 3.
- 2 *Illustrering av sammenheng mellom modeller og observasjoner* – Ekspertgruppen har laget en figur for å illustrere hvordan forskjellige metoder henger sammen (Figur 2), og inkluderer i tillegg også 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* – 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 retningslinjer<sup>2</sup>.
- 4 *Hvordan ekspertene kommer til en felles vurdering basert på resultatene* («expert elicitation») - Ekspertgruppen følger «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.

I tillegg vurderer vi om smittepresskartet og virtuelle postsmoltmodeller (VPS-modeller) for hver PO indikerer at det er heterogenitet i lakselusindusert dødelighet mellom bestander, og der det er tilstede presenterer vi også gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for kategorier av sårbare og viktige bestander (se avsnitt 2.7 for detaljer).

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 var i hovedsak en vurdering av hvordan mengden oppdrettsfisk eller totalt antall lus per areal har endret seg over tid. I 2023-rapporten har vi gjort en oppsummering av hvordan mengden oppdrettsfisk og totalt antall lus per areal har vært i to års sykluser og beskrevet i noe mer detalj de viktigste trendene.

---

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

<sup>2</sup> 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

Mandatet påpeker også spesifikt at Ekspertgruppen skal «legge hovedvekt på påvirkningen på villaks inntil sjørret og/eller sjørøye er inkludert i trafikklssystemet». Vi anser det fremdeles som uavklart hva som menes som med «hovedvekt [...] på villaks» gitt at det må tolkes ut fra denne formuleringen at sjørret og/eller sjørøye ikke er inkludert i trafikklssystemet. Lakselusindusert villfiskdødelighet på sjørret 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 sjørret 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 laksepostsmolt ved hjelp av virtuelle postsmolt-modeller (VPS-modeller). 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 inkluderer 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 den totale dødeligheten hos fisken som forårsakes av parasitten (Krkošek mfl. 2011, 2013; Jackson mfl. 2013; Vollset mfl. 2015). 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*, *relativ risiko* og *risikobidrag*.

*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 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.

*Risikobidrag* er prosentvis forskjell 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 de påvirkes av lakselus. Ekspertgruppen er av den oppfatning at risikobidrag gir den mest fornuftige tolkning av dødelighetsbegrepet i Stortingsmelding 16 (Anon. 2015).

### 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 postsmolt av laksesmolt og førstegangsutvandrende sjøørret 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 HIs 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.

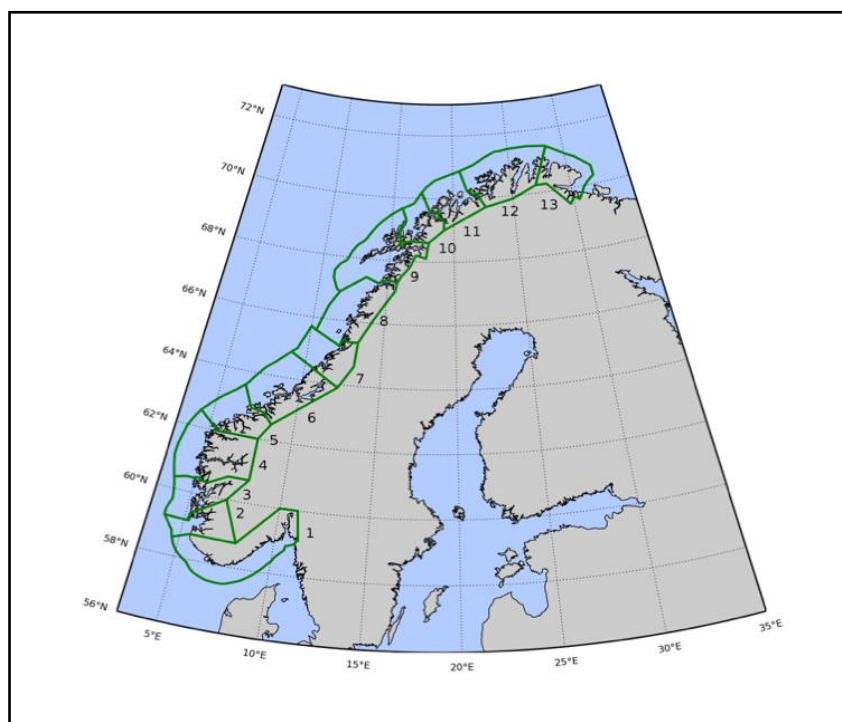
En annen problemstilling er selektiv dødelighet. Dette vil påvirke om dødeligheten som vi regner ut basert på grenseverdier skal sees på som *additiv* eller *kompensatorisk*. Hvis den er additiv anser vi det som sannsynlig at andelen av populasjonen som dør av lakselus ikke har økt sannsynlighet for 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.

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 postsmolt av laks i hver av 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 trafikklyssystemet estimeres dødeligheten til utvandrende postsmolt av laks i et 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 PO 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 – vurdering av heterogenitet

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

*A: Føre var-tilnærming* – Utrekning av lakselusindusert dødelighet skjer kun på bestandsnivå slik at estimatet for et 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 postsmolt av totalt antall postsmolt 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.

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.

For å videre klargjøre hvordan man skal forholde seg til denne variasjonen i effekter mellom bestander innen et PO etablerte styringsgruppen en gruppe som skulle komme med forslag til hvordan man best mulig kunne ta høyde for denne **heterogeniteten** i effekt mellom bestand. Altså, at hvis man får geografisk variasjon i smittepress innen et område så vil enkeltbestander påvirkes mer enn det en gjennomsnittlig effekt tilsier. Fra og med 2022 innførte derfor NFD heterogenitetsanalyser.

Heterogenitet vurderes ved først å fastslå om modellresultater indikerer at det er høyere bestandseffekter i enkelte vassdrag enn det vurderingen av POet som helhet tilsier. Dette vurderes basert på et smittepresskart for POet og modellestimater av dødelighet til VPS per bestand. Dersom resultatene tilsier at enkelte bestander kan ha høyere lakselusindusert dødelighet enn det som er vurdert som det mest sannsynlige intervallet for POet (0-10, 10-30 eller 30-100 %), indikerer dette heterogenitet i påvirkning mellom bestander. Hvis resultatene tilsier at det er heterogenitet i POet, presenteres gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for kategorier av sårbare og viktige bestander sammenlignet med gjennomsnittet for POet i sin helhet, basert på modeller og eventuelle tråldata med genetisk tilhørighetsanalyse. Sårbare og viktige bestander inkluderes de kategorisert som 1) bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i Kvalitetsnormen for villaks; 2) bestander i nasjonale laksevassdrag; 3) bestander definert som små og/eller sårbare; 4) bestander under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller parasitten *Gyrodactylus salaris* (Thorstad mfl. 2022). Utfra dette konkluderes det om det er mer sannsynlig enn ikke at gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for noen av gruppene av sårbare og viktige bestander er høyere enn det mest sannsynlige intervallet for POet. I tillegg presenteres antall bestander i hver kategori av sårbare og viktige bestander som har høyere dødelighetsanslag enn hva som er vurdert som det mest sannsynlige intervallet for POet som helhet.

Hensikten med denne analysen er å illustrere om det er sannsynlig at det er enkeltbestander som er mer påvirket enn det dødelighetsintervallet som har høyest sannsynlighet, og om noen av disse bestandene som er sterkt påvirket ansees som sårbare eller viktige. På denne måten har man mulighet til å unngå at man tillater vekst i områder hvor påvirkning på enkelt bestander eller spesielt sårbare og viktig bestander er ansett som uakseptable.

## **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 oppdrettsfisk 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 Ekspertgrupperapporten 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 kapittelet 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 kapittelet 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 blant annet at Ekspertgruppen «...skal gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap, for å komme med en enhetlig vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde».

All tilgjengelig kunnskap i denne sammenheng vil slik Ekspertgruppen forstår det være publiserte fagfellevurderte 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.

##### **Fagfellevurdert litteratur**

Sammensetningen av Ekspertgruppen med 10 forskere engasjert i lakselusforskning sikrer god kjennskap til all relevant internasjonal fagfellevurdert 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 fagfellevurdert internasjonal forskningslitteratur liten, 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.

##### **Vitenskapelige avhandlinger**

Vitenskapelige avhandlinger i form av mastergradsoppgaver eller PhD-avhandlinger fra norske eller utenlandske universiteter inngår også i kunnskapsgrunnlaget til Ekspertgruppen. De aller fleste mastergradsoppgaver og PhD-avhandlinger er 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 (grålitteratur)**

Rapporter eller publikasjoner på relevante tema for Ekspertgruppen som ikke er bygd opp på måten beskrevet for «vitenskapelige rapporter» vil også kunne 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.

### **Overvåkningsdata**

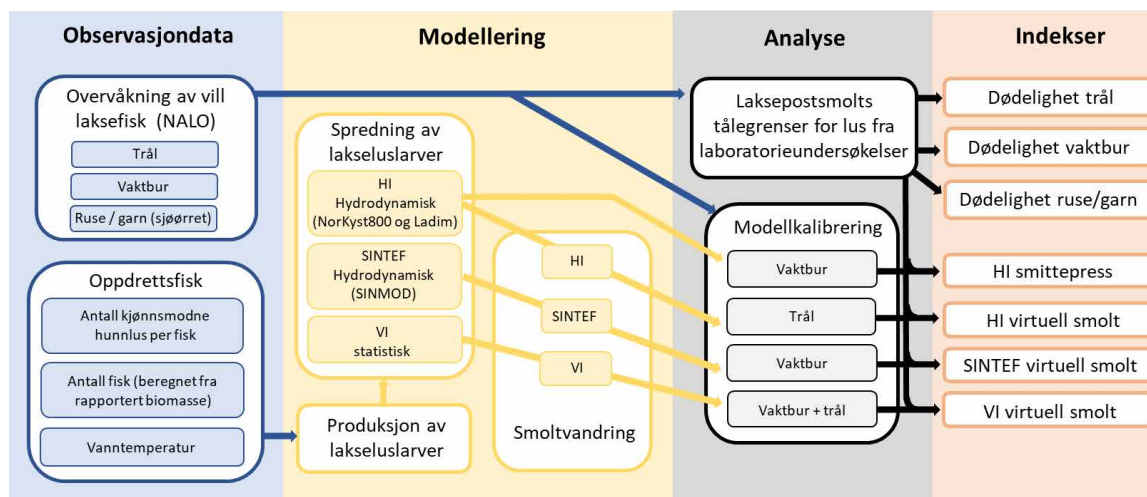
Resultatene fra NALO (og relaterte prosjekter) er sentrale i den årlige vurderingen til Ekspertgruppen. Overvåkningsdata er i denne sammenheng «ferskvare» siden Ekspertgruppens vurderinger blir gjort kort tid etter overvåkningssesongen er over. Man må derfor benytte resultatene før NALO-rapporten er 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 overvåkning 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. Resultater som ikke inneholder en god metodebeskrivelse (eller bygger på tidligere metodebeskrivelser med henvisning) vil ikke bli inkludert.

**Tidsfrist for innlevering av andre data var 30.08.2023, slik at ekspertgruppen har hatt tid til å vurdere kvaliteten på ny informasjon før det inkluderes i vurderingene.**

I 2023 ble det lagt ut oppfordring til å sende inn slike data på hjemmesiden til trafikksystemet, <https://trafikklyssystemet.no/Aktuelt/ny-informasjon-og-data-til-ekspertgruppen>. Videre ble dette informert om via nyhetsbrev til alle meldte interessenter.

## 3.2 Sammenheng mellom data, modeller og estimater

Den endelige vurderingen av lakselusindusert villfiskdødelighet er basert på en rekke datakilder og modeller. Disse er ikke helt uavhengige av hverandre, men er forskjellige måter å komme fram til estimater (eller indekser). Figur 2 viser forenklet 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 laksepostsmolt.



**Figur 2.** Skjematisert 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

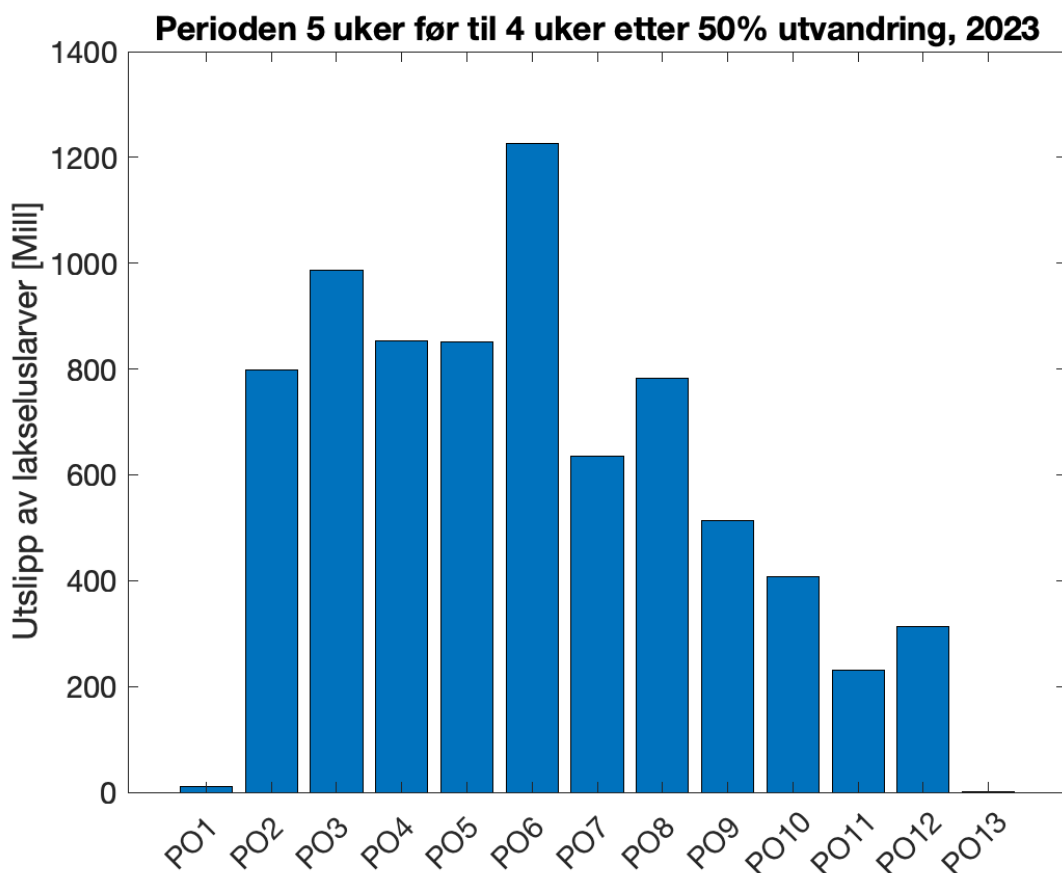
### 3.3.1 Data fra oppdrett

#### *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). Antall egg i eggstrengene fra oppdrettsfisk i ulike deler av landet er nylig analysert (Thompson mfl. 2023). I disse analysene var antall egg per hunnlus i snitt 570, som ved 10 grader svarer til 445 egg/uke. Dette er noe høyere enn hva som brukes i modellene. Da det er flere forhold som påvirker både eggproduksjon og klekkerate, samt svært stor individuell variasjon, konkluderte forfatterne med at i smittepressmodellene kan en anta et konstant antall egg per hunnlus og fremdeles relativt godt reflektere temporale og romlige forskjeller i lusens fekunditet.

I et oppdrettsanlegg med flere hundre tusen fisk vil selv få hunnlus på hver enkelt fisk 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). Siden temperaturen er høyere i sørlige enn i nordlige deler av landet, utvikles lusene 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 2023 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.** Utslipp av lakseluslarver fra oppdrettsanlegg i alle produksjonsområder i 2023. Utslipet er beregnet for perioden fra 5 uker før til 4 uker etter at 50% av laksesmolten er utvandret i hvert produksjonsområde.

### 3.4 Overvåkingsdata

I overvåkingsprogrammet NALO kartlegges smittepresset på vill laksefisk ved bruk av postsmolttråling, sjørretruser og garn, samt vaktbur. Hvordan dette gjøres er nærmere beskrevet nedenfor og i Appendiks II. Alle observasjoner og analyser av data fra NALO er også beskrevet i Vedlegg II.

*Vaktbur* er ca. 1 m<sup>3</sup> lukkede merder som henger fra 0,5 til 1,5 m dybde forankret på faste stasjoner (Bjørn mfl. 2011). I burene settes ca. 30 laksepostsmolt som står ute i 14 dager før fisken tas ut og lakselus telles for å fange opp smittepresset i området. Det settes ut 17-20 vaktbur i hvert fjordsystem. Oppdrettet postsmolt som benyttes (80-100 g) er betydelig større enn vill postsmolt (15-25 g), og smittepresset vurderes derfor ut ifra antall lakselus per fisk, og ikke antall lakselus per gram fiskevekt. Grenseverdien for lavt smittepress er satt til < 2 lakselus/fisk, moderat fra 2-6 lakselus/fisk og høy > 6 lakselus/fisk. I perioden 2012-2018 var

grenseverdiene; lav 1 lakselus/fisk/14 dager, moderat fra 1-10 lakselus/fisk/14 dager, og høy > 10 lakselus/fisk/14 dager. Endringen i 2019 ble gjort fordi det var enklere å sammenligne resultater fra modellert smittepress 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 2023 ble det benyttet vaktbur i Hardangerfjorden og Sognefjorden

*Ruse og garnfangst:* Det foretas lusetellinger av sjørret og/eller sjørøye fanget med *ruse og garn* i alle POene for å innhente informasjon om smittepresset på utvandrende postsmolt av lakse i samme område. Forutsetningene for dette som mål på smittepress hos postsmolt laks er at påslagene mellom artene korrelerer (Vollset mfl. 2017). Disse analysene viste også at påslagene på sjørret er høyere enn på postsmolt av laks når fisken fanges med trål. Dette må forventes, ettersom de to artene har svært ulik vandringsatferd, og må hensyntas når en vurderer hva et observert påslag på sjørret 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 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 dypde (Barlaup mfl. 2013). Rusene sjekkes minst en gang i døgnet. Fisken håves over i kar med bedøvelse, fiskens lengde og vekt registreres, og lakselus 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 settes fra land og utover. Garnene røktes kontinuerlig for å unngå at fisken dør i garnene da mobile lakselus kan hoppe av om verten dør. Fisk klippes ut av garnet, avlives, lakselus i de ulike stadiene telles umiddelbart, og fiskens lengde og vekt registreres. Alle som utfører lusetellinger har bestått kurs i artsidentifikasjon, stadiestemmelse og telling av lakselus. Andre lusearter telles, men brukes ikke i estimeringen av dødelighet. For å estimere effekten av den observerte lusesmitten, benyttes grenseverdiene beskrevet over og i Taranger mfl. (2012). All sjørret og sjørøye benyttes i vurderingen, og for hver fisk regnes antall lakselus i alle stadier per gram fiskevekt. Dødelighetsestimatene presenteres som estimat med konfidensintervaller. Metoden er vurdert i kap. 3.11.

Det *tråles* etter utvandrende postsmolt laks i flere fjordsystemer. De siste årene har Boknafjorden, Hardangerfjorden, Sognefjorden, Romsdalsfjorden, Trondheimsfjorden og Altafjorden vært overvåket med denne metoden. I 2023 ble det ikke trålt i Altafjorden og Trondheimsfjorden da innsatsen ble flyttet til Nordfjord i Vestland og Vågsfjorden i Troms og Finnmark. 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 postsmolten inn i et akvarium for å minimere skjell- og lusetap (Holst & McDonald 2000). Det tråles primært i de ytre delene av fjordene på dagtid med 2-4 knop, både med- og motstrøms. For å estimere effekten av den observerte lakselusesmitten, benyttes grenseverdiene beskrevet over og i Taranger mfl. (2012). I analysen brukes bare laks. Fisk over 50 g, merket fisk eller kultivert fisk benyttes ikke i analysene. Disse data brukes for å beregne dødelighet på ukesbasis og for hele trålperioden.

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 lakselusesituasjonen for de enkelte elvebestandene. Metoden er ikke i stand til å bestemme hvilke vassdrag all fisken kommer fra (se Vedlegg II), men vi antar at utvalget som kan bestemmes fra hver elv er representativt for elven. Disse data brukes for å beregne estimert dødelighet for enkeltelver og regioner.

### 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 POet, mens observasjonene kun dekker 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 POet det gitte året. Modellene gir også informasjon om sannsynlig lusenivå og luseindusert dødelighet i områder der observasjoner av laksepostsmolt mangler. Det presenteres resultater fra HI, VI og SINTEF. Alle modellene beregner fordeling av smittsomme lakselus, og tar utgangspunkt i luselarveproduksjonen fra hvert oppdrettsanlegg. Modellene bruker ulike tilnærminger for å spre 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 Vedlegg IV, V og VI, med tilhørende referanser.

#### 3.5.1 Beskrivelse av Havforskningsinstituttets modellsystem

For å kunne regne ut hvor de smittsomme lakseluslarvene befinner seg til enhver tid, har HI utviklet et modellsystem som beskriver hvordan lakselus fordeles i vannmassene ved hjelp av vannstrømmer (se Vedlegg IV for detaljer). Den hydrodynamiske modellen, NorKyst800, som beregner strøm, saltholdighet og temperatur er konfigurert for norskekysten i et samarbeid mellom HI og Meteorologisk Institutt, og baserer seg på havmodellen ROMS (Regional Ocean Modeling System; Shchepetkin & McWilliams, 2005), som er en amerikanskutviklet havmodell med åpen kildekode. NorKyst800 er kvalitetssikret og validert mot oseanografiske måledata i Asplin mfl. (2020) og Vedlegg III. Miljøtilstanden i 2023 er rapportert i Vedlegg III Fysisk miljø-HI. Spredning av lakselus med strømmene simuleres med en partikkelspredningsmodell (LADIM; <https://github.com/bjornaa/ladim>) som er utviklet ved HI, og ukentlig 10-dagers gjennomsnittsverdier publiseres på [www.lakselus.no](http://www.lakselus.no) (Sandvik mfl., 2020).

I partikkelspredningsmodellen 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 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 5 i Vedlegg 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 POene. Hvor mye smitte villfisken utsettes for vil henge sammen med antall lakseluslarver i området.

Kopepodtethetskartene 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 oppdrettet postsmolt av laks som har stått 2-3 uker i vaktbur i sjøen, beskrevet i Sandvik mfl. (2016, 2020, 2021) og Vedlegg IV. Det andre produktet er *HI virtuell postsmolt (VPS)* der konsentrasjonen av kopepoditter er kalibrert mot observert lusepåslag på vill postsmolt av laks som er fanget med trål, som beskrevet i Johnsen mfl. (2021a) og Vedlegg IV. I Myksvoll mfl. (2020) er begge metodene anvendt i kombinasjon for å illustrere hvordan metodene utfyller hverandre. I forkant av årets Trafikklys-arbeid har HI oppgradert sin hydrodynamiske modell (NorKyst800 v3, for detaljer se Vedlegg III). Nye felter med drivkrefter til partikkelspredningsmodellen er produsert for årene 2012 – 2023, og partikkelspredningsmodellen har blitt kjørt på nytt for disse årene, slik at vi nå har en konsistent modelldataserie for hele perioden for både ROC og VPS. I tillegg har temperaturavhengig infektivitet fra Skern-Mauritzen mfl. (2020) blitt implementert i partikkelspredningsmodellen. Følgelig har både ROC og VPS-modellene blitt rekaliserte mot observasjoner med hhv. vaktbur og trål (se Vedlegg IV).

#### *HI kalibrert smittepress (ROC)*

Smittepresset i hvert PO er klassifisert som høyt/middels/lavt på bakgrunn av en samlet vurdering av: 1) horisontalt smittepresskart (f.eks. 6a i Vedlegg IV), og 2) ROC-indeks som viser tidsutvikling og estimert risiko for høy negativ påvirkning på postsmolt for hele POet rundt beregnet utvandringstidspunkt (f.eks. fig. 6b i Vedlegg IV).

ROC-kartene (for eksempel Figur 6a i Vedlegg 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 Vedlegg 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 mfl. 2015 for fisk på 20 g).

#### *Beregning av ROC-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 Vedlegg IV for utbredelse). Indeksen er videre beregnet som en 30 dagers glidende sum (f.eks. Figur 5b i Vedlegg IV), og deles i tre kategorier: høy, moderat og lav, som referer til andel av areal med sannsynlighet for påslag på hhv. > 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 (ROC-indeks), og hvordan ROC-indeksen varierer i tid.

### *HI Virtuell postsmolt (VPS)*

For å tallfeste hvor mange kopepoditter en virtuell postsmolt av laks får på seg når den svømmer gjennom den modellerte lusekonsentrasjonen, brukes en vandringsmodell som følger postsmolten fra den forlater elven til den når ut til havet. Antall lus på den virtuelle postsmolten er kalibrert mot antall lus på trålfanget postsmolt av laks. For å beregne dødelighet er terskelverdiene i kapittel 2.2 («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 Vedlegg IV. Det er videre beregnet et uvektet gjennomsnitt innen hvert PO. For å gjøre en vurdering av modellresultatenes følsomhet til variasjoner i tid og hvor mye lus fisken tåler, er det gjennomført modellkjøringer med tidligere og seinere utvandring (+/- 10 dager) i tillegg til høyere/lavere tålegrenser for lus.

### **3.5.2 Beskrivelse av Veterinærinstituttets modellsystem**

Veterinærinstituttet har utviklet en modell for beregning av luseindusert dødelighet hos utvandrende laksepostsmolt. 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 laksepostsmolt. 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 basert på rapporterte tall for voksne hunnlus, antall fisk og temperatur ved alle aktive lokaliteter langs kysten. Disse dataene benyttes til beregning av eggproduksjon, utviklingstider til smittsomme luselarver og hvor lenge larvene overlever (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 laksepostsmolten. Smittepresset vises fortløpende i kart ([www.vetinst.no/lusekart](http://www.vetinst.no/lusekart)) og brukes som inngangsdata i påslagsmodellen.

*Steg 2, påslagsmodellen:* Her benyttes observerte lusepåslag på laksepostsmolt til å beregne antall lusepåslag per fisk per uke (påslagsrate) som en funksjon av smittepress. Før 2022 var bare data for oppdrettede laksepostsmolt i vaktburforsøk tilgjengelige for disse analysene, men fra og med 2022 inkluderes også data for trålfanget vill laksepostsmolt med genetisk identifisering til opphavselv, altså hvilken elv fisken har vandret ut fra. Funksjonen for påslagsrate tilpasses som en negativ binomial regresjonsmodell som tallfester hvor mange lus hver postsmolt får på seg avhengig av smittepresset og hvor mange dager postsmolten utsettes for smittepresset. Modellen beregner også forskjellen i påslagsrate mellom postsmolt i vaktbur og trålfanget postsmolt. Regresjonsmodellen brukes senere til å simulere lusepåslag på virtuelle postsmolt i postsmoltens utvandningsrute. Her kalibreres påslagsraten til nivået i tråldataene, siden disse mest direkte måler lusepåslaget på utvandrende vill laksepostsmolt. 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 senario er 95-prosentilet i variasjonen og tilsvarer å henholdsvis dele eller gange det forventede lusepåslaget på hver fisk med en faktor 6,3. 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, utvandringsmodellen:* Her brukes påslagsmodellen til å beregne påslag på utvandrende postsmolt fra alle vassdragene. Modellen beregner påslaget for hvert vassdrag på tre ulike tidspunkt; ett ved utvandringsperiodens startdato, ett ved midlere dato for utvandring, og ett ved sluttdato. Det antas at postsmolten 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 postsmolten seg i kjente smittepress i en kjent tidsperiode, slik at akkumulerte påslag kan beregnes ved hjelp av påslagsmodellen.

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

*Steg 5, oppsummering:* Dødelighet for virtuelle postsmolt som vandrer ut ved startdato, ved midlere utvandringsdato og ved sluttdato fordeles over hele utvandringsperioden etter en bestemt fordeling, og en samlet dødelighet for hele utvandringsperioden beregnes.

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

Veterinærinstituttet 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 det er observasjoner av lus på postsmolt fanget i trål eller fra vaktburforsøk, oppgis også en justert dødelighet. Den justerte dødeligheten (også omtalt som områdekorrigert dødelighet) 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 POet. Store og små bestander blir da likt vektlagt. I tillegg oppgir vi et vektet snitt, der dødeligheten i hvert vassdrag vektes med potensialet for

smoltproduksjon i vassdraget. Det vektete gjennomsnittet representerer tapet i den totale smoltproduksjonen i POet, med liten vekt lagt på små bestander.

For POer med observasjoner av lusenivåer på postsmolt, baseres modellens konklusjon for dødelighetskategori (lav, moderat eller høy) på den justerte dødeligheten. For POer 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 (data fra HI). Resultatet er en tidsutvikling av konsentrasjonsfelt av smittsomme kopepoditter som brukes for å beregne smittepress på utvandrende postsmolt. Postsmoltmodellen som SINTEF har brukt er også koblet til den hydrodynamiske modulen i SINMOD. Her er det antatt at den virtuelle postsmolten svømmer i de øverste 4 m med strømmen og med en svømmehastighet på en kroppslengde per sekund. I tillegg er de virtuelle postsmoltene 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 Vedlegg VI.

## **3.6 Oppdatering av metoder for 2023-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 vaktbur og ruser/garn er ikke endret fra tidligere år. Prøvetakingstidspunkt og stasjoner er noe endret fra tidligere år på grunn av lokale forhold og endringer i NALO-programmet sine prioriteringer. Trålmetoden er endret. I 2022 ble det testet ut å bruke kortere hal i Sognefjorden, og startposisjon ble forhåndsbestemt ved å velge ut tilfeldige posisjoner i

ett gitt område av fjorden. Det ble trålt fra startposisjon i retning av neste startposisjon. Trålhalene varte ca. 30 minutter for å bedre kunne posisjonere fangsten i tid og rom. Annen hver dag ble det trålt på den tradisjonelle metoden, med lengre trålhal. Denne metodikken er gjennomført for alle fjordene i 2023.

Det er også endringer i hvor det tråles i 2023, Alta- og Trondheimsfjorden er tatt ut til fordel for tråling i Vågsfjorden (PO10) og Nordfjord (PO4). Telling av lus og øvrig prøvetaking er uendret. Disse endringene er vurdert i Vedlegg II. Observasjonsdata publiseres på [www.nmdc.no](http://www.nmdc.no).

### **3.6.2 Oppdatering av Havforskningsinstituttet sine modellsystemer**

Havforskningsinstituttets modellsystem er beskrevet i publikasjonene om den hydrodynamiske modellen (Asplin mfl. 2020), kalibrert smittepress (Sandvik mfl. 2016, 2020, 2021) og VPS-modell (Johnsen mfl. 2021a). Det er ikke gjort endringer i beregningen av smittepress eller i VPS-modellen for 2023-sesongen relativt til 2022, men det er gjort ny kalibrering for årene 2012-2023 grunnet en oppgradering av den hydrodynamiske modellen, som beskrevet under. For å si noe om følsomheten til tidligere/senere utvandring og den antatte toleransen for lakselus, har VPS-modellen blitt kjørt flere ganger med ulike utvandringsperioder og toleransegrenser. Det er brukt de samme grensene for høy/lav tålegrense 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 2023 har den hydrodynamiske modellen som smittepressmodellen og VPS-modellen bruker resultater fra (temperatur, saltinnhold og strøm) blitt oppgradert til NorKyst800 versjon 3 (se Vedlegg III). Ettersom nye felter med drivkrefter til partikkelsporingsmodellen er produsert for årene 2012 – 2023, har denne modellen også blitt kjørt på nytt for disse årene. Dermed har vi nå en konsistent modelldataserie for hele perioden. I tillegg har temperaturavhengig infektivitet fra Skern-Mauritzen mfl. (2020) blitt implementert i partikkelsporingsmodellen. Følgelig har både ROC- og VPS-modellene blitt rekalkulert mot observasjoner med hhv. vaktbur og trål (se Vedlegg IV).

### **3.6.3 Oppdatering av Veterinærinstituttet sine modellsystemer**

Oppbygningen av VIs VPS-modell er ikke endret etter rapporten fra 2022. Påslagsmodellen som beskriver sammenhengen mellom det kalkulerede smittepresset og antall lus på laksepostsmolten er imidlertid oppdatert med nye data. Det er også noen endringer i dataene som inngår i beregningen av smittepress. Endringene er nærmere beskrevet i Vedlegg V sammen med reberegnete dødelighetsestimater for 2022.

### **3.6.4 Oppdatering av SINTEF sine modellsystemer**

I SINTEF sin tilnærming brukes en hydrodynamisk modell koblet til en spredningsmodell for lus og en VPS-modell. 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 postsmolt er ikke endret fra 2021. Beregning av påslag av lus på utvandrende postsmolt er ikke endret. Det har blitt utviklet en alternativ påslagsmodell som er kalibrert mot tråldata.

SINTEF har brukt en påslagsmodell som er kalibrert mot burdata. I 2023 er det gjort et arbeid der resultatene fra VPS-modellen også er sammenlignet med observasjoner av påslåtte lus på trålt postsmolt. Resultatene viser at påslagsmodellen gir gode resultat med hensyn på nivå og fordeling av påslåtte lus både for burobservasjoner og observasjoner av lus på trålt postsmolt. Det er også gjort et arbeid med en påslagsmodell som er kalibrert med kun tråldata. Det gir et større påslag av lus på smolten, men sammenligningen med observasjoner viser at denne tilnærmingen gir for mye påslag ved lave smittedoser. Vi har derfor valgt å beholde påslagsmodellen som er brukt tidligere. For flere detaljer, se Vedlegg VI.

### **3.6.5 Revurdering av ekspertgruppevurderinger for 2022**

Oppdateringene i HIs og VIs modellsystemer har gitt noe utslag i dødelighetsestimat og usikkerhet/fordeling i 2022 for noen PO. Dette har gjort det nødvendig å gjøre en gjennomgang for å vurdere om disse nye resultatene påvirker hovedkonklusjonene for 2022. Denne evalueringen ble utført i to deler:

(1) Den første delen var å undersøke om oppdateringene førte til endringer i kategoriene i noen av modellene. Hvis det ikke ble funnet at modellene hadde store endringer i resultater og dermed også kategori, avsluttet vi vurderingen der. Dette var tilfelle for PO1, PO2, PO3, PO4, PO6, PO7, PO9, PO10, PO11, PO12, og PO13.

(2) I tilfeller der modellresultatene endret kategori eller førte til store endringer i dødelighetsestimater innenfor en kategori ble det gjennomført en mer detaljert vurdering av hovedkonklusjonen. Dette var tilfellet for PO5 og PO8. Denne prosessen ble gjennomført ved å gjennomgå SHELF-dokument 2 fra hver vurdering for å diskutere hvordan modellene ble anvendt og diskutert i 2022, for så å konkludere om endringene ville påvirket gruppens vurdering av hovedkonklusjon for hvert PO. Etter diskusjonene ble det konkludert med at det ikke var grunnlag for å endre kategori for verken PO5 og PO8.

Vi påpeker også at resultatene i heterogenitetsanalysen for 2022 (Vollset mfl. 2023) er blitt oppdaterte basert på resultatene fra de oppdaterte modellsystemene, som nevnt over. En rapport med de oppdaterte vurderingene av heterogenitet for 2022 er vedlagt som egen rapport (vedlegg VIII), og tabellen som oppsummerer resultatene fra denne rapporten er rapportert i kapittel 5 (Tabell 5).

## 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 typiske forsøk dør 30-40 % av lusene i utviklingen 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 vanskelig å se små stadier av lus slik at tellinger ofte blir underestimerer. 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 VPS) 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 postsmolt. I 2019 ble det i vedlegg til Trafikklysrapporten vurdert om det var tilkommet ny informasjon som gjorde at man burde revurdere disse grensene (jfr. Vedlegg XI, 2019). I dette vedlegget 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 laksepostsmolt, 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). I vedlegg XI fra 2019 ble det konkludert med at en ikke har grunnlag for å endre grenseverdiene foreslått av Taranger mfl. (2012). Dette er fremdeles ekspertgruppens vurdering i 2023.

Oppdrettet og kultivert fisk, samt de førede villfiskene er større enn villfisk, har bedre kondisjon, og trolig er det forskjeller i atferd, fysiologisk respons og skinntykkelse/slimlag. Overføringsverdien fra forsøk i 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, økt mottakelighet for andre sykdommer og parasitter, 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.

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. 2022). 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 ble 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 artikler fra laboratoriumsforøk 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» og «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. 2019).

En ny metaanalyse (Ives mfl. 2023) av studier på effekter av lakselus på laksepostsmolt har prøvd å kvantifisere et forhold mellom lus per gram, fysiologiske effekter og dødelighet. Studiet definerer to terskelverdier: Den første terskelen (T1) indikerer når lusebelastningen forårsaker systemiske subdødelige effekter på postsmoltens helse og ytelse, og den andre terskelen (T2) angir når lusebelastningen fører til direkte dødelighet. T1 ligger på omtrent 0,08 lus per gram fiskevekt. T2 representerer en 50% sannsynlighet for dødelighet under laboratorieforhold og ligger på omtrent 0,24 lus per gram fiskevekt. Disse er ikke direkte sammenlignbare med Taranger mfl. (2015) sine grenseverdier på 0,1 lus per gram og 0,3 lus per gram. I forhold til disse konkluderer forfatterne som følger “The lower threshold level (0.1–0.2 lice g<sup>-1</sup>) seems reasonable in view of our estimate that risk from lice increases substantially above 0.08 lice g<sup>-1</sup>. The upper level (0.2–0.3 lice g<sup>-1</sup>) also seems reasonable as a management threshold in light of our T2 calculation of 0.24 lice g<sup>-1</sup>”.

Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i tålegrenser er tallfestet for HIs, VIs og SINTEFs VPS-modeller, 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 og 2022). 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 en gang i måneden 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 slaktermerdene, 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 usikkerhet i modellestimatene.

### 4.4 Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus

Kunnskap om naturlig dødelighet hos de pelagiske (frittlevende) 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 VPS-modellene 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 modellestimatene. Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i sammenhengen mellom modellert og observert lusenivå tallfestes i VIs VPS-modell. Denne kilden til usikkerhet er mindre i POer og år med observasjonsdata av lus på postsmolt fra vaktburforsøk eller postsmolttråling, og er mindre relevant for områdekorrigerte modellanslag for dødelighet.

### 4.5 Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering

Kvaliteten på modellsystemet som HI har utviklet har blitt belyst i en rekke studier i ulike fjordsystem (Asplin mfl. 2014, 2020; Johnsen mfl. 2014, 2016; Skarðhamar mfl. 2018, Dalsøren mfl. 2020), inkludert validering av lakseluspåslag på postsmolt 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).

Havforskningsinstituttet sin VPS-modell inneholder en smittemodul som beregner påslag av lus på utvandrende VPS, tilsvarende antall lus på trålfanget utvandrende postsmolt av laks (Vedlegg IV, Johnsen mfl. 2021). For å kalibrere den modellerte påslagsraten og variansen, benyttes observert antall lus på fisk fra tråltrekk. Etter oppgraderingen av modellsystemet, som beskrevet over, er VPS-modellen rekalkulert mot data fra trålt fisk for perioden 2012-2023.

Basert på genetisk analyse er opphavselv for en andel av den trålfangete laksen kartlagt (metode beskrevet i Harvey mfl. 2019), og hver enkelt observert fisk som er tilordnet en opphavselv kan da kobles til en gruppe VPS 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. 2021a og Vedlegg IV). Resultatene fra VPS-modellen gir samme dødelighetskategori som beregnet fra empiriske observasjoner (fra trålfangst) i de fleste tilfeller, uten bias mot høyere eller lavere smitt enn de observerte verdiene (Johnsen m.fl. 2021b). Resultatene er imidlertid følsomme for når smolten vandrer ut og formen på den antatte utvandringsskurven. Dette diskuteres nærmere i Vedlegg IV.

Usikkerhetsvurderingen for HI sin VPS-modell gjøres ved å variere utvandringstidspunktet ( $\pm$  10 dager) og endre fiskens antatte toleranse for lakselus (se Tabell 1, Vedlegg IV). Dersom det er stor variasjon mellom elvene innad i et PO vil ikke gjennomsnittsverdien representere området særlig godt. For å synliggjøre denne variasjonen oppgis 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 POet.

I utregningen med metoden «HI smittepress» er det integrerte smittepresset beregnet i hvert av modellens gitterpunkt over et gitt tidsrom. Metoden kan lettest tolkes som resultatet om man hadde utplassert virtuelle vaktbur i et finmasket rutenett i hele fjordsystemet og langs kysten. Smittepresset på oppdrettet postsmolt 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 Vedlegg IV vises resultatet 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 tilsier det. Resultatene er rapportert for hvert PO.

Usikkerheten til metoden er diskutert i Sandvik m.fl. (2021). Når det kommer til å anslå sannsynlighet for høyt lusepåslag (dødelighet) for utvandrende smolt, er usikkerheten først og fremst knyttet til tidspunktet for når postsmolten er i fjorden og dermed hvilken periode det skal integreres over.

#### **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 år for postsmoltobservasjonene, 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 år tallfestes ved såkalte tilfeldige effekter i smitte modellen. De tilfeldige effektene for de fleste POer og år faller på begge sider av null (Figur 1 i Vedlegg V); det er med andre ord i liten grad systematiske trender mellom POer eller år i den uforklarte variasjonen. Smitte modellens usikkerhet varierer



noe mellom POene, der særlig de observerte påslagene på fisk i PO4 (hovedsakelig Sognefjorden) og PO3 generelt er systematisk høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi.

Usikkerheter knyttet til andre deler av hendelseskjeden i risikomodellen, slik som vandringsprogresjon fra elveutløp til hav, tidsperiode for utvandring og sannsynligheter for luseindusert dødelighet er belyst i sensitivitetsanalyser (Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2022). Vi presenterer nå oppdaterte sensitivitetsanalyser ved å variere utvandringstidspunktet ( $\pm 10$  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 smittemodellens påslagsrate for trålfanget vill laksepostsmolt 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 postsmolt, 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 HIs VPS-modell bruker tråldata til kalibrering mens VIs VPS-modellversjoner før 2022 og SINTEFs VPS-modell 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 postsmolten (Stige mfl. 2022). Det er imidlertid usikkerheter knyttet til modellantakelser som gjøres for formen på sammenhengen mellom smittepress og påslagsrate og for lakselusas overlevelse fra fastsittende til bevegelige stadier. Alternative antakelser kunne gitt høyere dødelighetsanslag for postsmolt 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 PO, 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 laksepostsmolt i et PO. Vi har her fulgt en enkel regel om at vi reduserer usikkerhetskategorien med ett nivå for POer 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](http://www.sintef.no/SINMOD) for utfyllende 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 med hensyn til modellering av luselarver. 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 ved å bruke observasjoner av påslåtte lus på postsmolt i fra burforsøk

og trålt postsmolt. Beregning av påslag av lus ut fra smittepress på postsmolt er kalibrert basert på data fra vaktbur. Det er i tillegg gjort et arbeid med å s på ulike påslagsmodeller og om kalibrering av modell mot tråldata gir en bedre påslagsmodell. Resultatene viser at modellen er sensitiv for både metode og kalibrering. Vi har valgt å beholde påslagsmodellen som er brukt tidligere ettersom den viser best overenstemmelse med observasjonene (data fra trål og vaktbur)

Smoltutvandringen modelleres i SINMOD ved å la fisken svømme med strømmen i tillegg til å ha en jevn drift i retning mot korteste avstand til grunnlinjen. Denne metoden gir dynamiske utvandringmønstre. Utvandringforløpene er ikke vurdert mot et større datasett og det er usikkerhet med hensyn til hvor godt modellen gjengir realistiske utvandringforløp.

For å gi et mål på usikkerhet vurderes det hvordan estimatene fra modellen påvirkes av utvandringstidspunkt og tålegrense.

#### 4.8 Villfisk som bidragsyttere

I områder med få oppdrettsanlegg og mye villfisk kan lakselus på vill laksefisk bidra til det lokale smittepresset. For å eksemplifisere dette kan det sies at i 2016 var innsiget i henhold til Anon (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 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 VPS-modeller kalibrert med tråldata.

*Utvandningsruter:* Vandringsrutene til vill postsmolt er bare kartlagt for et fåtalls elver i Norge (Jensen mfl. 2022, Davidsen mfl. 2009, Bjerck mfl. 2021, Urke mfl. 2013a). Vi vet i tillegg lite om hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og etter hvert grunnlinja (Mork mfl. 2012). Vandringshastighet i kombinasjon med vandringsavstand 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 vandringshastighet, 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 en nylig publisert studie fra Altafjorden viser Jensen mfl. (2022) en langt raskere utvandringshastighet på opp til 3,8 kroppslengder per sekund hvor postsmolt bruker mellom 1-7 dager fra Altaelva og til ytre deler av Altafjordsystemet. Variasjon mellom fjordsystemer på grunn av topografiske forskjeller vil også påvirke vandringshastighet og progresjon. Usikkerhet om utvandningsruter og utvandringshastighet kan påvirke

treffsikkerheten til VPS-modellene, særlig de som er kalibrert med burdata. Virtuelle postsmoltmodeller kalibrert med tråldata forventes ikke å påvirkes i noen systematisk retning av usikkerhet i utvandringsruter og utvandringshastighet fram til trållokaliteten.

*Tidspunkt for utvandring:* I VPS-modellene er alle utvandringsforløp 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 utvandringsperioden er satt til å vare i 40 dager som i tidligere år. En 40 dagers utvandringsperiode 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 utvandringsperioden 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 postsmoltmodellene bruker estimert utvandringstidspunkt basert på en modell beskrevet i Vollset mfl. (2021). Utvandringstidene som brukes i VPS-modellene representerer et gjennomsnittså, nærmere bestemt gjennomsnittet for hver elv for de siste fem årene i analysen av utvandringstidspunkt (2014-2018). Modellen for utvandringstidspunkt (Vollset mfl. 2021) er et produkt av sammenfatning av alle tilgjengelige utvandringsdata 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 utvandringsmodellen 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 utvandring av vill laksesmolt i 2023 basert på tilgjengelige data fra 16 elver er gitt i Vedlegg Ib for denne rapporten. Det foreligger data på smoltutvandring fra bare én elv fra hvert av områdene PO2, PO6, og PO13 og ingen data fra områdene PO1 og PO7-PO12. En sammenlikning av observert tidspunkt for 25 % utvandring i disse elvene med forventet tidspunkt fra den nye smoltutvandringsmodellen 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  $\pm 10$  dager for vassdrag hvor vi har data på utvandringstidspunkt fra tidligere år. 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 2023.

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 utvandringsforløpet ikke er jevnt, men kommer i klart distinkte topper, 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 topper, 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. Mobile skottelus (*Caligus elongatus*) telles (men brukes ikke i estimatene av dødelighet). Skottelus har ikke de preadulte stadiene. I praksis betyr det at skottelus bare kan smitte som kopepoditter eller som voksne. Vertsskifte for voksne skottelus anses som en vanlig hendelse. I data for garn og rusefangst på sjørret varierer prevalens av voksne skottelus fra 0 til 99 %, men de fleste ligger under 20%. Det er ingen tydelig nord-sør gradient. De minste stadiene av lus er vanskelig å artsbestemme visuelt i felt, men dette kan gjøres med PCR. Det ble i 2016 analysert andel av skottelus av de minste stadiene på rusefanget sjørret og sjørøye med bruk av PCR på 5 stasjoner langs kysten. Her ble det ikke funnet skottelus på de to sørligste stasjonene (Hardanger- og Nordfjord), men andelen økte til ca. 12% i den nordligste (Altafjorden) (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. Lusesmittet sjørret 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 fisk med mye lus bli underrepresentert i fangstene. I tillegg kan svært lusesmittet fisk dø, som igjen da kan medføre at fangsten underrepresenterer smittepresset. Til sist, lusesmittet fisk som oppsøker ferskvann for å kvitte seg med lus kan vandre ut igjen i fjorden etterpå hvor de kan bli fanget, og derfor maskere det reelle smittepresset fisken har opplevd. Derfor anser vi at luseinfestasjonene målt på fisk fra ruse og garn vil være minimumsverdier.

I hvilken grad laks og sjørret viser forskjell i mottakelighet for lus varierer i ulike forsøk (Dawson mfl. 1997; Bui mfl. 2018). At det er mer lus på sjørret enn laks kan skyldes ulik mottakelighet, men også at ørret normalt oppholder seg nærmere 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 mulige effekter på utvandrende laksesmolt. Dette er problematisk siden disse to artene har forskjellig atferd. I et nylig arbeid ble lakselusmitte på sjørret og postsmolt av laks 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. Resultatene 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 sjøørret. Vi vurderer derfor at lakselus på sjøørret ikke kan brukes til å direkte estimere lakselusindusert dødelighet på laksesmolt, men i tilfeller der det observeres store mengder lus på sjøørret 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 henger fra blåser rett under overflaten og er forankret på bunn. Undersøkelser indikerer at det er mest lus i de øverste vannlagene, og siden vill utvandrende laksepostsmolt oftest svømmer på 1-3 m dybde fanger burene opp smitte i dette dybdeintervallet. 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 er låst i tid og rom. 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. 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, tilfældigheter eller annet. Det ble ikke gjort observasjoner av voksne skottelus på fisk i vaktburene i 2023. Det er i 2017 gjort analyser av andelen av skottelus i de fastsittende stadiene med bruk av PCR. Ett utvalg lus ble undersøkt fra Hardangerfjorden, Sognefjorden, Romsdalsfjorden, Trondheimsfjorden, Namsen/Vikna og Altafjorden. Det ble da funnet 772 lakselus og 5 skottelus (4 fra Namsen/Vikna, 1 fra Hardangerfjorden), 2 lus kunne ikke med sikkerhet bestemmes til art. 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. 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. Nye analyser viser at lusepåslaget på fisk i vaktbur ved et gitt smittepress er rundt 90 prosent lavere enn lusepåslaget på trålfanget vill postsmolt laks ved det samme smittepresset (Stige mfl. 2022).

Resultatene fra vaktbur brukes både for å vurdere utstrekningen av områder med høyt og lavt smittepress i tid og rom, og for å kalibrere VPS-modellene, 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.

#### 4.12 Usikkerhet knyttet til tråling

Det brukes en spesialutviklet trål hvor 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 fisk som har stort skjelltap samt fisk som er død i trålen. En må forvente at tellingene representerer en underestimert, 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. Antall mobile skottelus telles, men brukes ikke i estimatene av dødelighet. Andel av fisken med voksne skottelus på postsmolten fanget i 2023 varierte mellom 7,6% (Bokn) til ingen (de tre nordligste). Det er i 2023 undersøkt andelen av skottelus på de minste stadiene av lus vha. PCR på trålfanget postsmolt av laks fra Boknafjorden, Hardangerfjorden (fisk fra 2022), Sognefjorden og Nordfjord. Foreløpige analyser indikerer 533 lakselus og ingen skottelus. Trålmetoden 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 postsmolten 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 postsmolt 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 lusesmittet. 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 lusesmittet 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 med mye lus inne i fjordene kan ha en høyere risiko for predasjon, og derfor bli underrepresentert i trålfangstene. 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 overestimert av lusepåslaget på den samlede mengden av utvandrende postsmolt, siden individer som forblir lenge i kystnære områder kan bli overrepresentert i trålfangstene og samtidig få på seg mye lus.

Havforskningsinstituttet har utviklet en metode for å bestemme opphavselv til den trålfangete fisken (Harvey mfl. 2019). Dette gir 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. 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 utvandningsperioden. 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

For årene 2016-2021 kategoriserte Ekspertgruppen nivået for lakselusindusert villfiskdødelighet hos utvandrende postsmolt av laks i de 13 POene i følgende kategorier:

Lav: < 10 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Moderat: 10-30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Høy: >30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Frem til 2021 var vurderingene en beskrivelse av hvilken av kategoriene som er den mest sannsynlige kategorien, sammen med en beskrivelse av hvor usikker man er på denne konklusjonen basert på skalaen Stor, Middels, Liten.

I 2021 ble det gjennomført en ekstern evaluering av Trafikklyssystemet (Eliassen mfl. 2021). Etter evalueringskomiteens vurderinger innførte vi fra høsten 2022 noen endringer i våre beskrivelser og vurderinger av usikkerhet. Ved å bruke en modifisert versjon av SHELF-metoden (Sheffield Elicitation Framework), er målet nå å beskrive en subjektiv sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet i POene, 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.

### 5.2 Ekspertvurderingsmetode (SHELF metoden)

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 vedleggene til rapporten fra Ekspertgruppen. 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 vedleggene 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

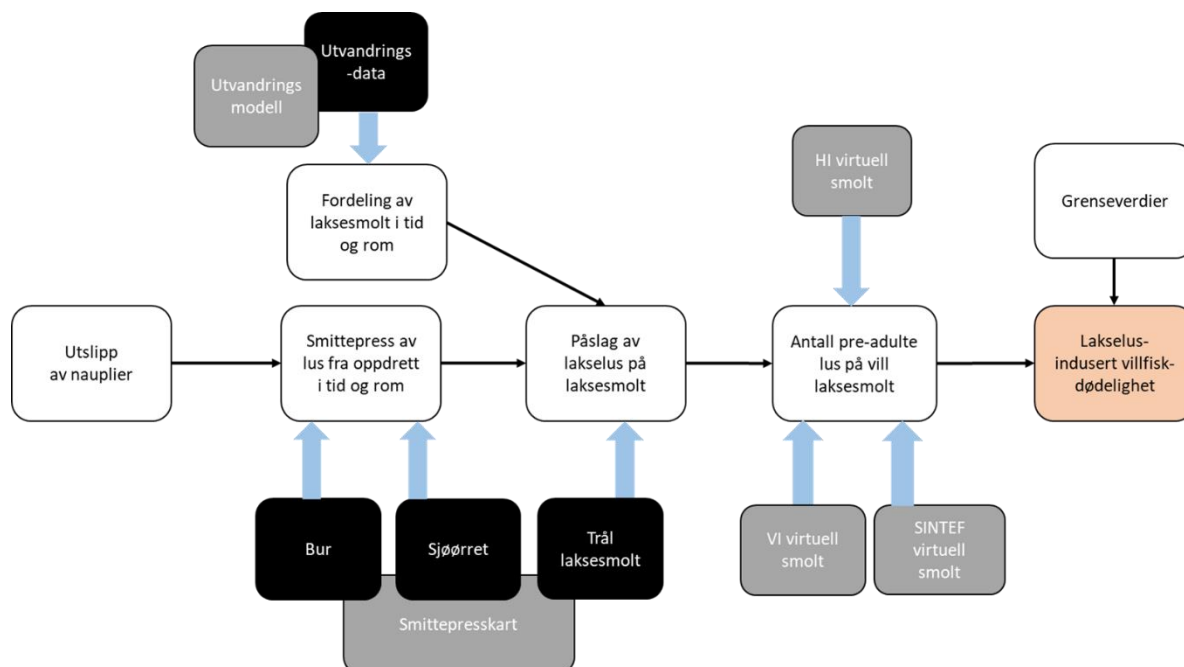


standardisert skjema som kan lastes ned fra SHELF-hjemmesiden. Beskrivelsen av hver enkelt eksperts kompetanse leses opp for gruppen i oppstarten av møtet.

**(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 evalueringsmøtet. For å være sikker på at man ser på modeller og data likt fra alle POer har hver metodeeier brukt standardiserte skjemaer utviklet fra tidligere rapporter for å standardisere denne presentasjonen.

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

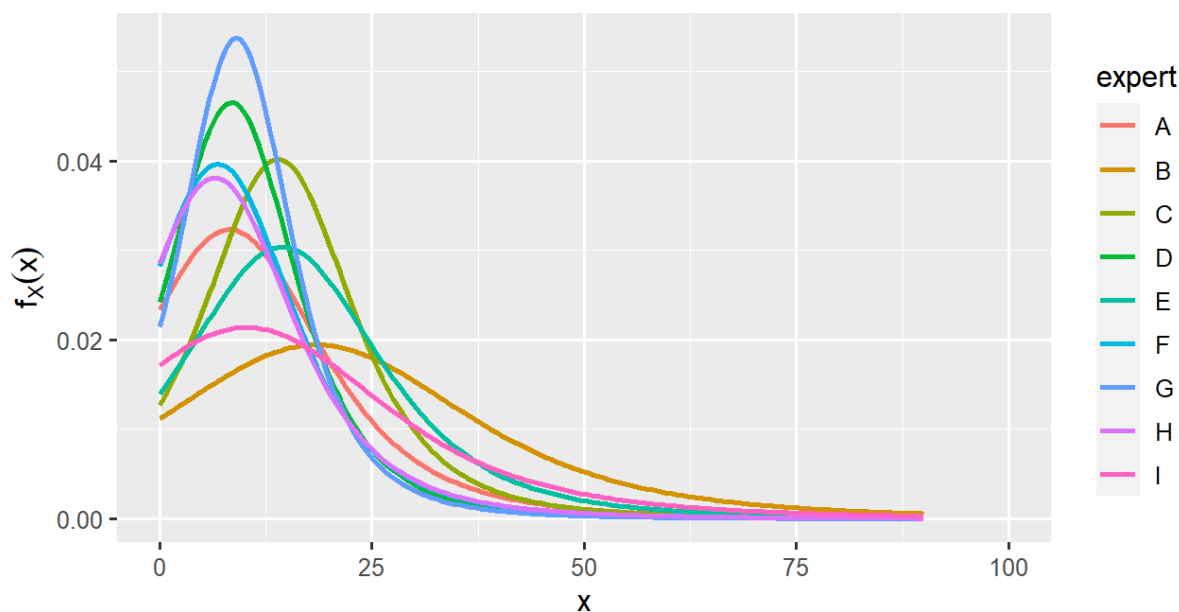


**Figur 4.** Omforent hendelsesforløp for lakselusindusert villfiskdødelighet, med beskrivelse av hvordan de forskjellige metodene (indekser/modeller) kan gi informasjon. Hvite bokser og svarte piler er hendelsesforløpet fra utslipp av lus og fordeling av laksesmolt til lakselusindusert villfiskdødelighet, 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 usannsynlige», deretter settes median, og kvartiler for sin subjektive sannsynlighetsvurdering. 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 som er årsaken til valget av verdiene. Det brukes t-distribusjon i alle POer (se boks 1 for forklaring).

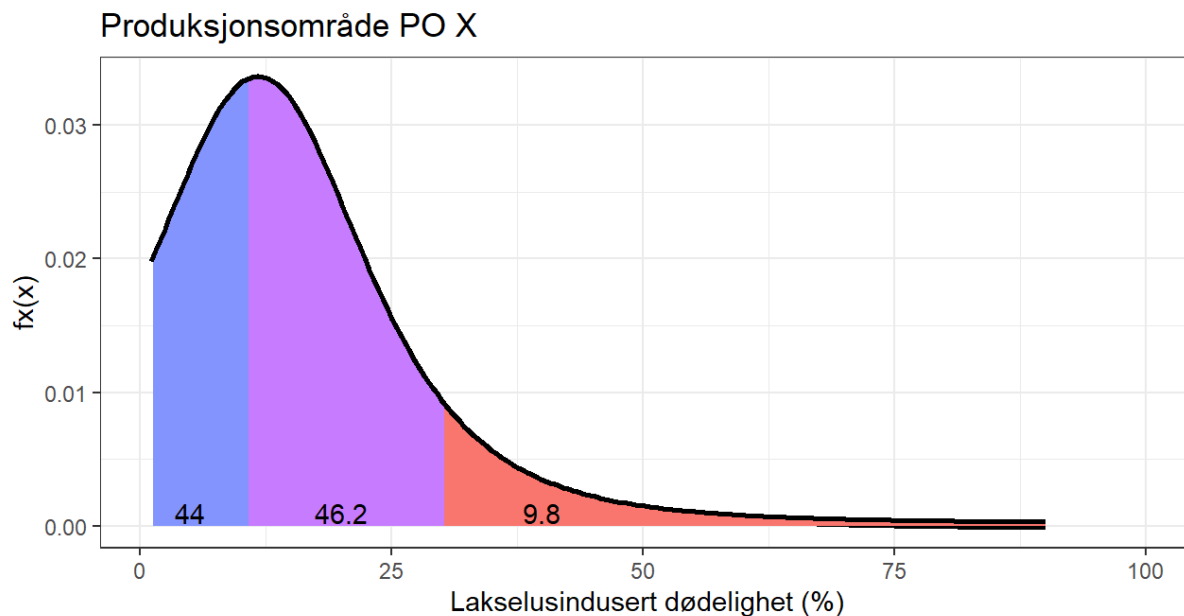


Figur 5 Eksempel på individuelle sannsynlighetsdistribusjoner fra anonyme vurderinger

**(5) Til slutt kommer man frem til en felles distribusjon basert på felles enighet om verdiene.** For hvert PO 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 PO går ekspertgruppen 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 man skal ta perspektivet til en som sitter utenfra og hører på diskusjonen, og foreslå hvilke verdier denne personen vil gitt. 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 uttryksform 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	1-10 % 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 lav, moderat eller høy dødelighetskategori. 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 som moderat. Kategorien settes dermed etter midtpunktet (medianen) i sannsynlighetsfordelingen.

**Boks 1. Valg av distribusjon.** Ekspertgruppen har kommet til enighet om at den mest intuitive distribusjonen å bruke ved vurdering av sannsynlighetsfordelingen er en t-distribusjon. Dette innebærer at man bruker en distribusjon som ikke er bundet til null og som vil ha en naturlig hale nedenfor null. Sannsynligheten og den skraverete delen av distribusjonen under 10 % vil derfor ikke korrespondere. Dette ser man eksemplifisert i figur 6 hvor kumulativ sannsynlighet er 44 % selv om det skraverete området er i størrelsesorden med området over 30 %. Tilsvarende vil fordelingen også ha en hale over 100 %, men denne halen er typisk så liten at den ikke utgjør et problem i praksis. Gruppen har sett på forskjellige potensielle distribusjoner (log-normal eller gamma), og har kommet frem til at det er kun små forskjeller i hvordan kurvetilpasningen påvirker sannsynlighetene for de forskjellige kategoriene, men at det er vanskeligere å kommunisere for eksempel en log-normal fordeling. Årsaken til dette er at toppen av distribusjonen ikke vil være ved medianen som gjerne intuitivt tolkes som plasseringen av sannsynlighetsovervekten. Merk at kurven primært er et hjelpemiddel for å visualisere sannsynlighetsvurderingen, der ekspertgruppen har lagt vekt på å diskutere seg fram til omforente sannsynligheter for hver av kategoriene lav, moderat og høy lakselusindusert dødelighet. Tallene i oppsummeringsfigurene (som Figur 6) representerer disse omforente sannsynlighetene.

### 5.3 Sammenligning med tidligere års beskrivelse av usikkerhet

Ved tidligere års rapporter har Ekspertgruppen først definert hvilken dødelighetskategori POet mest sannsynlig er i (Høy, Moderat eller Lav) og deretter rapportert konsensus-basert usikkerhet som "Stor", "Middels" eller "Liten" etter følgende skala:

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.

Om mest sannsynlig kategori er moderat, har man i tillegg påpekt hvilken retning usikkerheten peker (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 (men uten nedre grense på stor usikkerhet). 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. Foreløpig 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. Imidlertid utfyller de ulike usikkerhetsvurderingene hverandre ved at de fanger opp ulike deler av usikkerheten til den endelige vurderingen. Fra og med 2022-rapporten har de VPS-modellene kommet til en omforent definisjon av usikkerhet basert på om modellens estimat for dødelighet endrer kategori 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 kategoriene for usikkerhet 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 vedlegg) 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

	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
Sjørøret 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 postsmolt	Dersom alle 4 verdiene, $\pm 10$ dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i samme kategori som for normal utvandring.	Dersom 1 av verdiene, $\pm 10$ 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, $\pm 10$ dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i en annen kategori enn for normal utvandring.
HI smittepress	Små endringer i smittepresset og som ikke medfører endret kategori ilt. 14-dagers periode rundt median utvandring.	Variasjon i smittepresset hvor samlet smittepress endres fra en kategori til en annen i løpet av 14-dagers utvandningsperiode.	Stor variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden hvor smittepresset varierer mellom flere kategorier (fra lavt til høyt), eller at smittepresset ligger akkurat på grensen mellom to kategorier ved tidspunkt for 50% utvandring.
VI virtuell postsmolt	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 postsmolt	Samme definisjon som HI VPS	Samme definisjon som HI VPS	Samme definisjon som HI VPS

## 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 oppgitt *Hovedkonklusjon* og *Kategori i 2023* (inkludert en figur med en omforent sannsynlighetsfordeling). Dette etterfølges av en argumentasjon for denne sannsynlighetsfordelingen som er en oppsummering av SHELF prosessen. I etterkant av dette følger først 4 standardfigurer (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 (2012-2023).

Resultatene for alle POene er oppsummert i Tabell 3. Merk at i enkelte tilfeller er ingen kategori definert alene som mer sannsynlig enn «mindre sannsynlig 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. Merk at hovedkonklusjonen bestemmes av midtpunktet (medianen) i sannsynlighetsfordelingen.

**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. I høyre kolonne er lav < 10%, moderat 10-30% og høy > 30% estimert luseindusert dødelighet, usikkerhet er angitt som hevet liten skrift, og forklart i kapittel 5.3

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



Ekspertgruppens vurderinger av heterogenitet i dødelighet for 2023 er oppsummert i tabell 4. Data som ligger til grunn for denne vurdering er beskrevet i avsnittene om de individuelle POer.

**Tabell 4.** Oppsummering av heterogenitet i lakselusindusert villfiskdødelighet for de forskjellige produksjonsområdene. Mest sannsynlig lakselusindusert dødelighet for produksjonsområdet som helhet er dødelighetskategorien med midtpunktet i sannsynlighetsfordelingen (Tabell 3). Heterogenitet i dødelighet er vurdert for fire grupper av sårbare og viktige bestander (NLV = Nasjonale laksevassdrag, GBM = Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial, Små og sårbare bestander, Under reetablering).

PO	Mest sannsynlig lakselusindusert dødelighet	Tilsier resultatene at enkeltbestander har høyere dødelighet enn mest sannsynlig kategori?	Grupper av sårbare og viktige bestander med sannsynlighetsovervekt for at dødelighet i snitt er høyere enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet	Grupper av sårbare og viktige bestander der enkeltbestander har høyere dødelighet enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet i én eller flere virtuellpostmoltmodeller
1	0-10 %	Nei	-	-
2	10-30 %	Ja	Ingen	NLV, Små og sårbare
3	30-100 %	-	-	-
4	10-30 %	Ja	NLV, GBM, Under reetablering	NLV, GBM, Små og sårbare, Under reetablering
5	10-30 %	Ja	Ingen	NLV, GBM, Små og sårbare, Under Reetablering
6	10-30 %	Ja	Ingen	NLV, GBM, Små og sårbare, Under Reetablering
7	10-30 %	Ja	Ingen	GBM, Små og sårbare
8	0-10 %	Ja	Små og sårbare	NLV, GBM, Små og sårbare, Under Reetablering
9	0-10 %	Ja	Ingen	GBM, Små og sårbare
10	0-10 %	Ja	Ingen	GBM, Små og sårbare
11	0-10 %	Ja	Ingen	Ingen
12	0-10 %	Nei	-	-
13	0-10 %	Nei	-	-

Ekspertgruppens oppdaterte vurderinger av heterogenitet for hvert PO for 2022 (Vedlegg VIII) er oppsummert i tabell 5. Vurderingen som ligger til grunn for resultatene i heterogenitetsanalysen er beskrevet i avsnittene om hvert individuelle PO (Vedlegg VIII).

**Tabell 5.** Oppsummering av heterogenitet i lakselusindusert villfiskdødelighet for de forskjellige produksjonsområdene. Mest sannsynlig lakselusindusert dødelighet for POet som helhet er dødelighetskategorien med midtpunktet i sannsynlighetsfordelingen i Vollset mfl. (2022). Heterogenitet i dødelighet er vurdert for fire grupper av sårbare og viktige bestander (NLV = Nasjonale laksevassdrag, GBM = Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial, Små og sårbare bestander, Under reetablering). I PO1, PO2, PO5, PO8 og PO13 har ingen bestander høyere dødelighet enn mest sannsynlig kategori og vurderes ikke videre, mens i PO3 og PO4 er tilstanden allerede i høyeste kategori, og vurderes derfor ikke videre.

<b>PO</b>	<b>Mest sannsynlig lakselus-indusert dødelighet basert på Vollset mfl. (2022)</b>	<b>Tilsier resultatene at enkeltbestander har høyere dødelighet enn mest sannsynlig kategori?</b>	<b>Grupper av sårbare og viktige bestander med sannsynlighetsovervekt for at dødelighet i snitt er høyere enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet</b>	<b>Grupper av sårbare og viktige bestander der enkeltbestander har høyere dødelighet enn den mest sannsynlige dødelighetskategorien for POet i én eller flere virtuell-postsmoltmodeller</b>
1	0-10 %	Nei	-	-
2	10-30 %	Nei	-	-
3	30-100 %	-	-	-
4	30-100 %	-	-	-
5	10-30 %	Nei	-	-
6	10-30 %	Ja	Ingen	NLV, GBM, Små og sårbare bestander, Under reetablering
7	10-30 %	Ja	Ingen	Små og sårbare bestander
8	10-30 %	Nei	-	-
9	0-10 %	Ja	Ingen	GBM, Små og sårbare bestander
10	0-10 %	Ja	GBM	GBM, Små og sårbare bestander
11	0-10 %	Ja	Ingen	NLV, GBM
12	0-10 %	Ja	Ingen	NLV, Små og sårbare bestander
13	0-10 %	Nei	-	-

## 5.5.1 Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

### Hovedkonklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

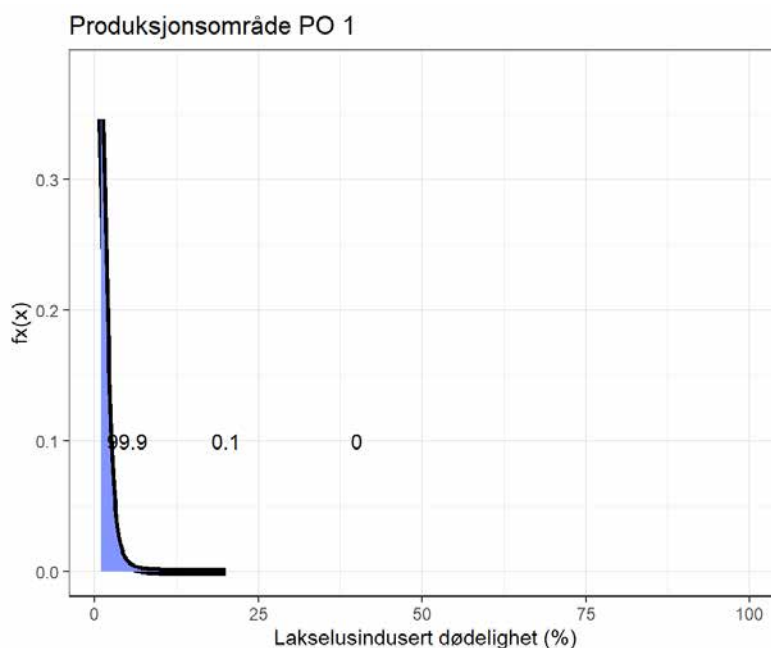
#### Kategorisering i 2023 (Figur 7):

Det er svært sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

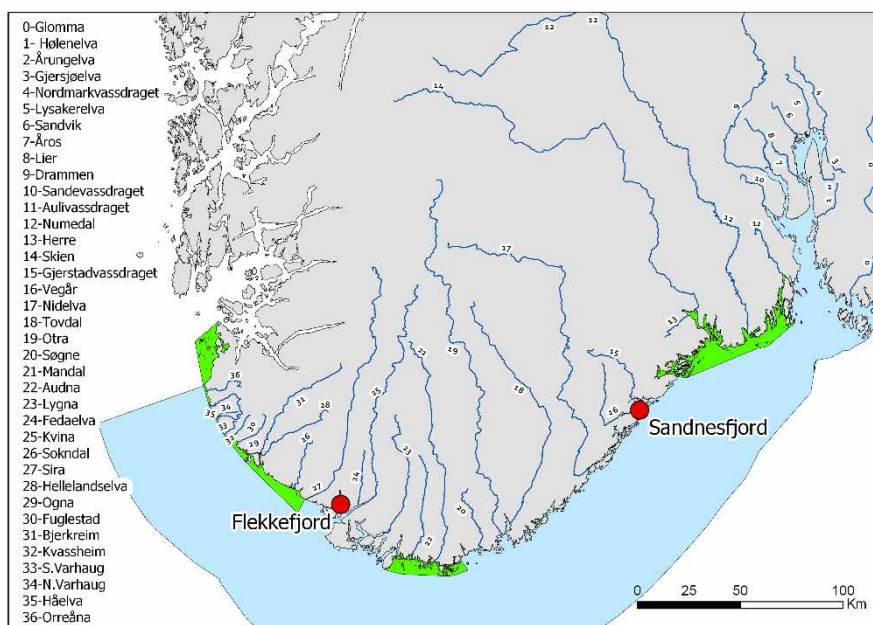
Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

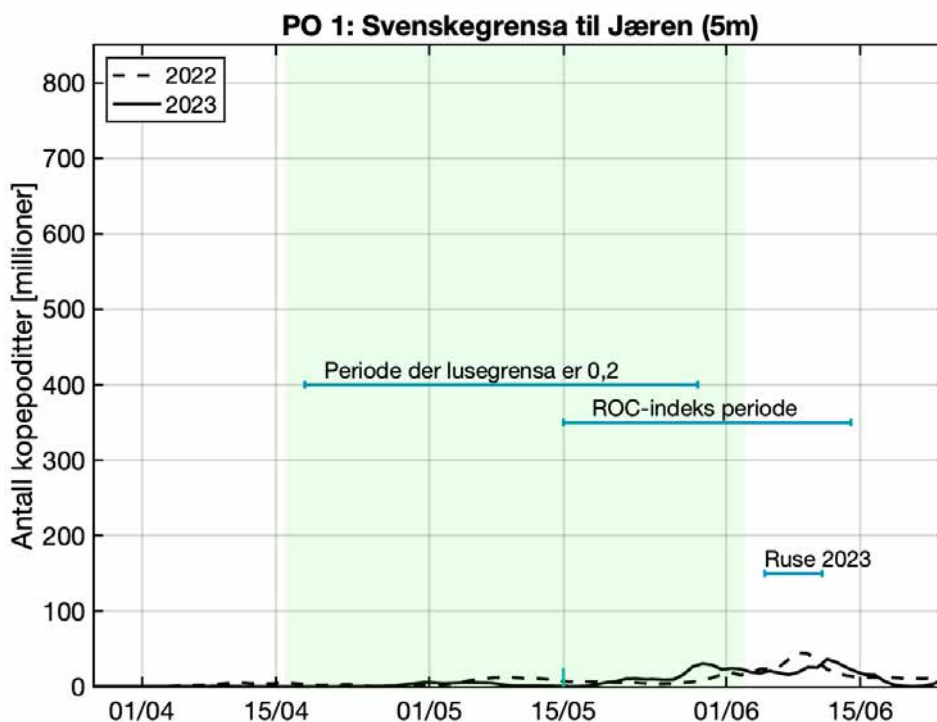


**Figur 7.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre fargelagte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, lilla er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %. (Kun blå i PO1)

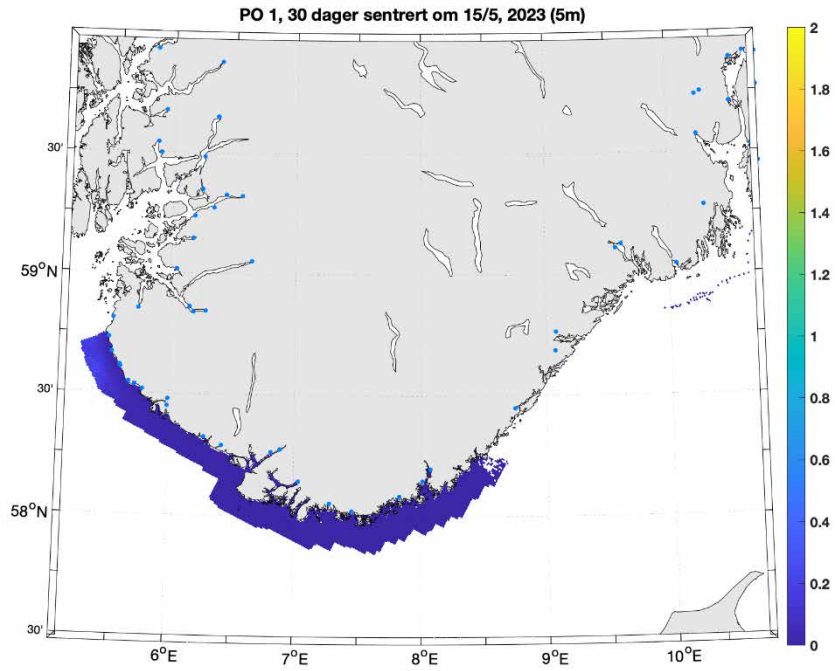
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HI og VIs VPS-modeller indikerer begge svært lav lakselusindusert villfiskdødelighet (0,3 % og 0,1 %). Det er ingen trål- eller burdata i området og det er derfor ingen områdejustert dødelighet. Smittepresset observert ved begge rusestasjonene i området er lave. Resultatene fra overvåkningsdata støtter altså modellresultatene, som indikerer generelt lavt smittepress. Overvåkningsdata fra området er imidlertid mangelfulle, men ansees likevel som relativt sikre ettersom det er store områder uten oppdrettsaktivitet i PO1. Gruppen påpeker at det er en risiko for at en andel postsmolt som vandrer oppover langs kysten kan smittes av lakselus som produseres i andre POer, noe som har blitt støttet av fangst av postsmolt fra elver i PO1 i Ryfylkebassenget i forbindelse med postsmolt-tråling i PO2. Det vurderes som lite sannsynlig at vandring nordover langs kysten påvirker en stor andel av postsmolten i PO1, men det er likevel viktig å undersøke dette videre.



**Figur 8.** Oversikt over elvene (tall) samt ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 1. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 9.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter i produksjonsområde 1 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) med HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandringstidsperiode fra elvene i produksjonsområdet (15/5), og grønt skravert område markerer utvandningsperioden for laksesmolt fra elvene i PO'et. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrensa (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



**Figur 10.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 1 i smoltutvandringsperioden 2023. Områder uten farge har ingen forekomst av kopepoditter, eller er utenfor PO1.

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 2023

*Sjørret ruser:* I dette POet er Sandnesfjord og Flekkefjord (Figur 8) undersøkt. Sandnesfjord anses som et kontrollområde uten oppdrett, mens Flekkefjord dekker det eneste området med oppdrettsaktivitet av betydning. I Sandnesfjord viste undersøkelsen i uke 23 lite lus på fisken, og det estimeres ingen dødelighet. Dette er tilsvarende som tidligere år i samme periode. I Flekkefjord i uke 23 hadde en større andel av fiskene lus, men det estimeres lav dødelighet også her. Undersøkelsen er tatt omtrent 4 uker etter midtpunkt for utvandring, og lusetallene representerer derfor akkumulert smitte. Smittekartene som dekker perioden, avdekker ingen større områder med betydelig økte tettheter i forhold til de undersøkte stasjonene noen av årene. Det antas derfor at det ikke er områder med høyere smittepress enn hva som er observert ved Flekkefjord. Utslippene av lus er lave i hele tidsperioden undersøkt. Området som helhet anses å ha lav lakselusindusert dødelighet i 2023. Postsmolten har kort vandringsvei gjennom fjordene i dette i området, og derfor kort oppholdstid i områder med forhøyet lusepress. Dette, sammen med de relativt lave utslippene som er konsentrert rundt Flekkefjord gjør at vi anser at kategoriseringen har liten usikkerhet.

Åtte laks fra Bjerkreimselva i dette området ble fanget med trål i Boknafjorden, på disse estimeres lav (6 [0-19] %) dødelighet.

*Smittepress HI:* Smittepresset var lavt i hele POet gjennom hele utvandringsperioden i 2023. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør < 1 % av det kystnære arealet (Figur 3 i Vedlegg IV). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

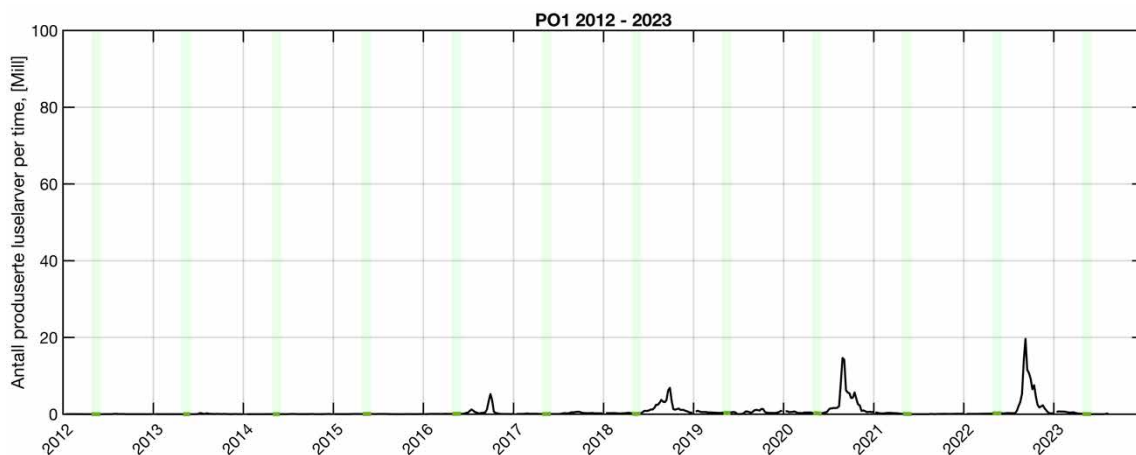
*HI VPS:* Produksjonsområde 1 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus i 2023 (Figur 4 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 100% av elvene har samme kategorisering som for POet som helhet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som lav alle år (Figur 4 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig og sen utvandrende fisk og for fisk med høyere og lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO1 er derfor vurdert som liten.

*VI VPS:* Den lakselusinduserte dødeligheten for alle vassdragene ble estimert til under 10 % (Figur 6 i Vedlegg V). Produksjonen av lakselus i oppdrett innen dette POet er lavt. 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 6 i Vedlegg V). Vi anslo det som mer enn 99 % sannsynlig at dødeligheten var under 10 % (Figur

6 i Vedlegg V). Beregningene tilsier derfor at det er svært sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Ingen bestander har dødelighetsanslag over lav kategori (Tabell 2 i Vedlegg V).

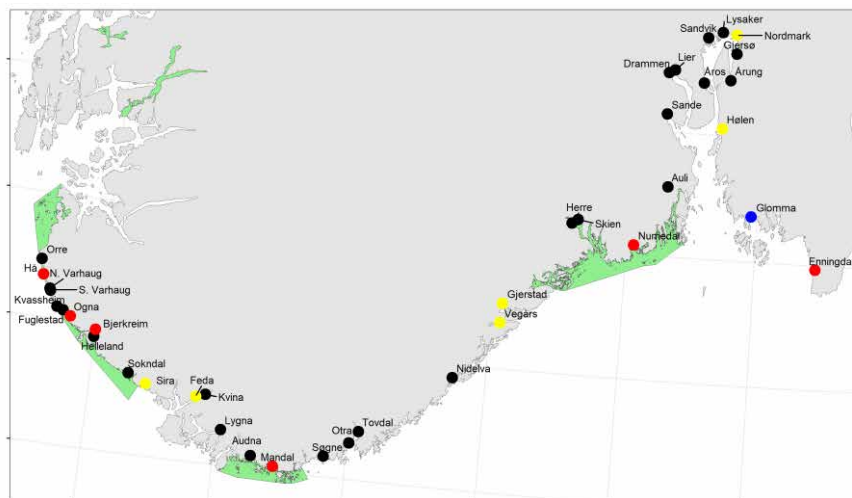
### Tidsutvikling i antall produserte luselarver

Antall produserte luselarver har vært generelt lav i perioden 2012 til 2023, men viser en økning i etterkant av smoltutvandringen i partallsår 2016-2022 (Figur 11).



**Figur 11.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 1) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren



**Figur 12.** Lakseførende elver i produksjonsområde 1 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevasdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensial (blå), og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

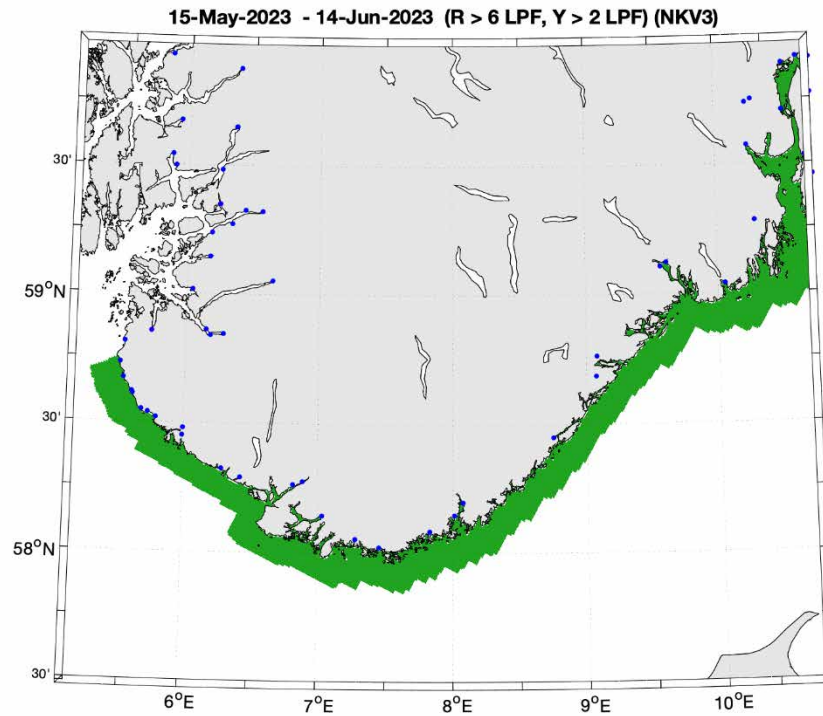
### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 12):

- *Nasjonale laksevasdrag:* Det er seks nasjonale laksevasdrag i POet. Tre av disse ligger på Jæren (Bjerkreim, Håelva og Oгна). De tre andre er Numedalsvasdraget, Mandalselva og Enningdalselva.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* En bestand, Glomma, er i dårlig tilstand.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Det er seks elver i denne kategorien, hvorav to i områder som kan påvirkes av lakselus (Sira og Feda).
- *Bestander under reetablering:* Ingen bestander er under reetablering.

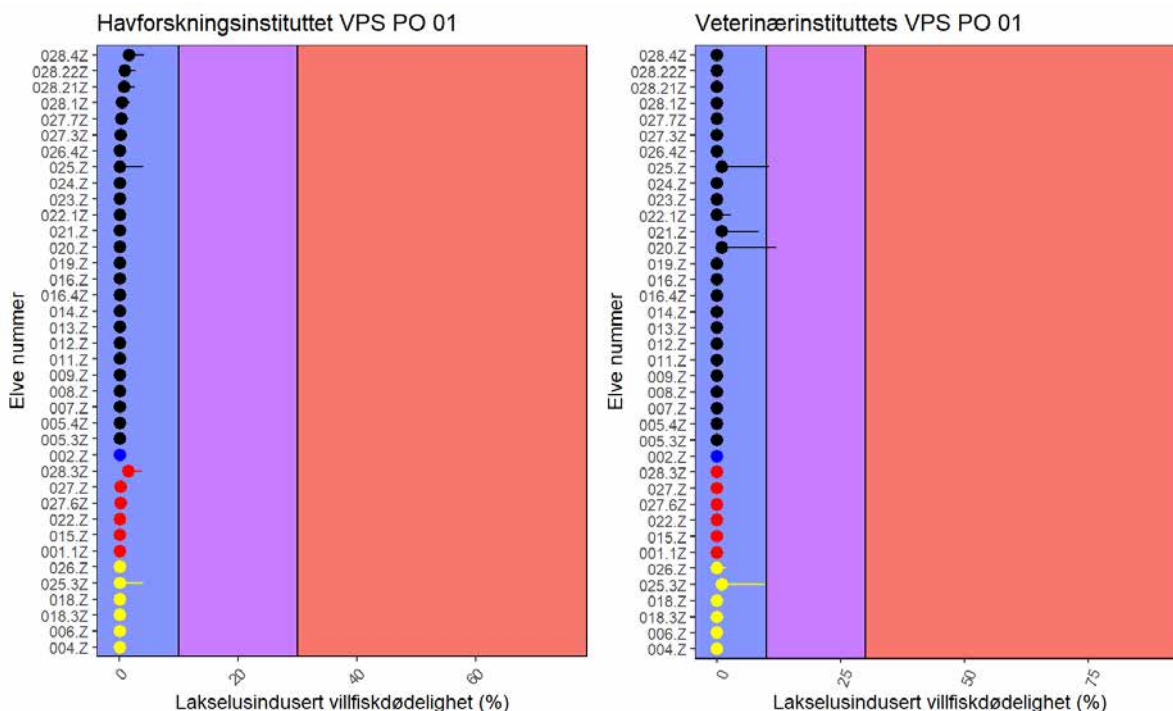


### Vurdering av heterogenitet for 2023

Det er generelt lavt smittepress i hele området, med lite tegn til heterogenitet (Figur 13). Ingen enkeltbestander har dødelighetsanslag over 10 % i VPS-modellene (Figur 14).



**Figur 13.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO1 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 14.** Lakselusindusert dødelighet hos vill laksesmolt med opphav i elver i PO1 estimert ved bruk av to virtuelle postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalyser for laksesmoltens utvandringstider og tålegrenser for lus. Nasjonale laksevassdrag (NLV, røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål (GBM) og høstingspotensial (blå), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (svart) er gruppert i figurene. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

**Konklusjon:** Resultatene viser ikke heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander som tilsier at enkeltbestander har høyere dødelighet enn 10 %.

## 5.5.2 Produksjonsområde 2: Ryfylke

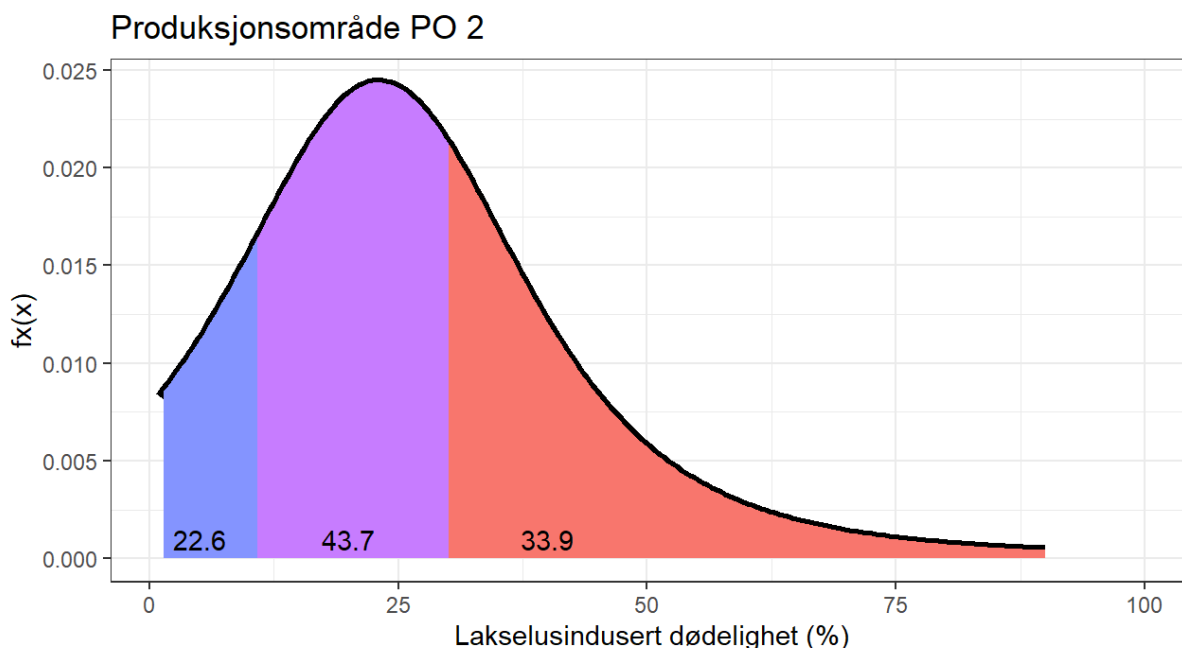
**Hovedkonklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

### Kategorisering i 2023 (Figur 15):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023. Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

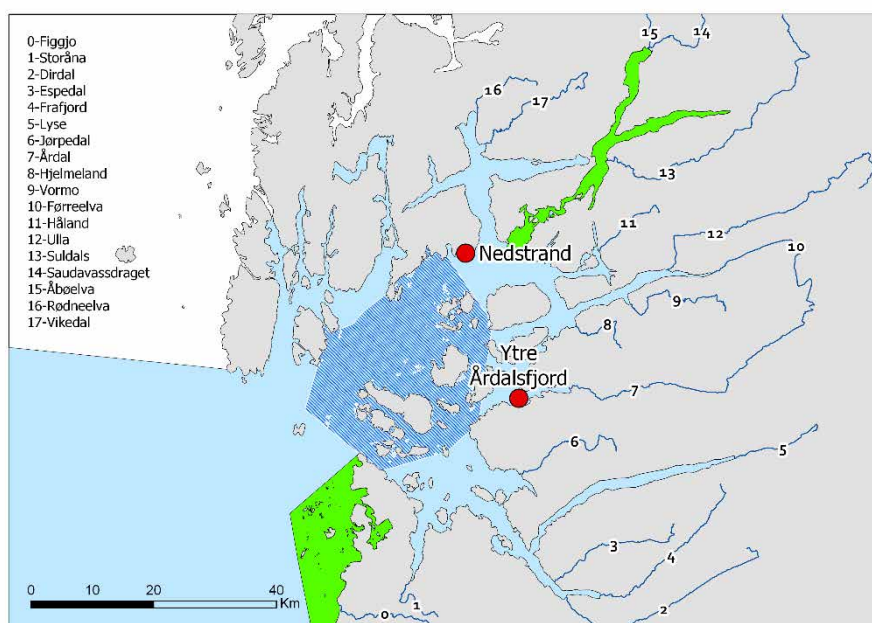


**Figur 15.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

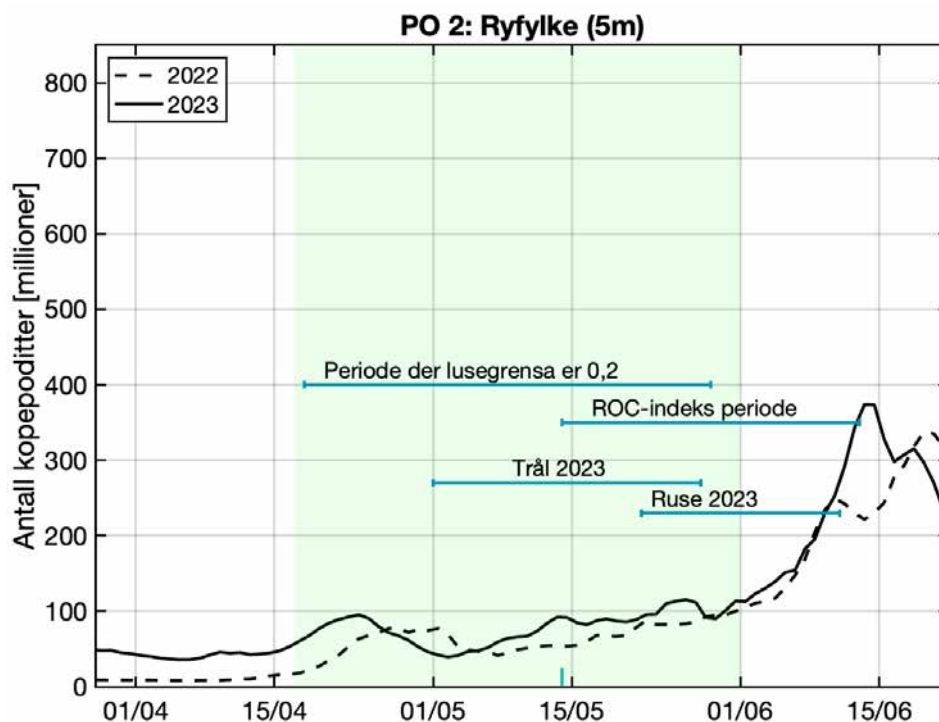
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra SINTEF, HI og VIs VPS-modeller indikerer lav til moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (8 %, 23 % og 12 %). Områdejustert dødelighet er derimot oppjustert til høy og moderat lakselusindusert villfiskdødelighet for henholdsvis HI og VIs VPS-modell (35 % og 24 %). Dette betyr at observasjonene av lus på postsmolt viste høyere lusenivåer enn forventet ut fra den beregnede lusekonsentrasjonen. Både observert (ruse) og modellert smittepress i området er spesielt høyt i nord og er økende i løpet av sesongen, noe som reflekteres i høyere påvirkning i VPS-modellkjøringer der smolten vandrer sent. Utvandringsforløpet anses som normalt og vi legger derfor vekt på normalt utvandringsforløp. Resultatene fra overvåkningsdata på sjørret støtter delvis modellresultatene, som indikerer høyt smittepress i nord. For eksempel er det høye påslag på Nedstrand som ligger midt i det høye smittepresset i nord og lavere i Ytre Årdalsfjord hvor smittepresset er lavere. Overvåkningsdata fra området er relativt godt dekkende, og anses derfor som sikre. Gruppen påpeker at områdekorrigeringen i modellene hovedsakelig er basert på trålfanget fisk fra sørlige

og østlige bestander hvor smittepresset er lavere, og at det er usikkert hvor representativ korrigeringen er for nordlige bestander.

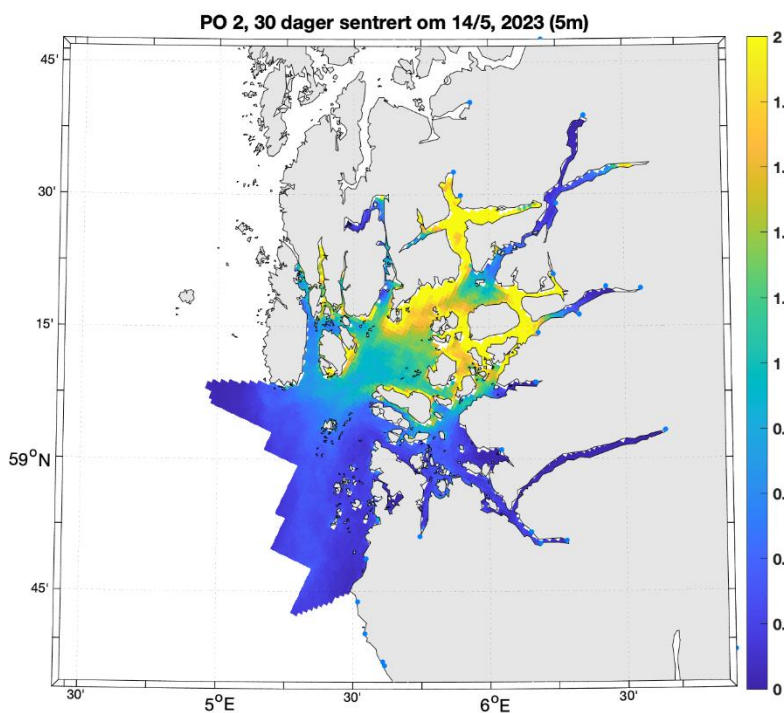
*Viktige elver:* Det er 18 lakseelver i POet (Figur 16). Figgjo har om lag 33 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. Dette vassdraget ligger på Jærkysten og er lite representativt for de øvrige laksebestandene i POet. Det er flere elver med relativt tallrike bestander sørøst i Ryfylke, inkludert Dirdal, Espedal og Frafjord. Videre nordøstover har Årdal, Vormo, Ulla og Suldalslågen betydelig smoltproduksjon og fangst av laks, sistnevnte har den lengste vandringsdistansen til kysten. Utvandningsperioden fra elvene i PO2 er fra siste halvdel av april til begynnelsen av juni, med beregnet gjennomsnittlig midtpunkt 14/5 for hele produksjonsområdet. Se Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.



**Figur 16.** Produksjonsområde 2. Oversikt over elvene (svarte tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (skravert blått) i produksjonsområde 2. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 17.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 2 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer midtpunkt for utvandingsperiode for laksesmolt fra elvene i produksjonsområdet (14/5), og grønt skravert område markerer hele utvandingsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst og sjørrer ruse).



**Figur 18.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 2 i smoltutvandingsperioden 2023.

## Resultater 2023

*Tråldata:* Det er i 2023 trålt i Boknafjorden ukene 18-21, 1. - 25. mai. Tråldata indikerer moderat lakselusindusert dødelighet i 2023. Estimert dødelighet øker fra lav til høy gjennom trålperioden, og for hele trålperioden sett under ett var estimert dødelighet moderat (14 [11-16] %). Det estimeres moderat dødelighet for elvene i på sør, øst og nordsiden, lav på Figgjo (n=9). Av de laksene som genetisk kan bestemmes til hjemelv, er fangstene dominert av fisk fra elvene på sørsiden. Fangstene har vært gode med en klar topp i uke 19 og 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 antall fra de nordlige elvene lavt, og lavere enn tidligere år, og estimert dødelighet basert på trålfangstene fra elvene på østsiden er nær lav. Usikkerheten i kategoriseringen vurderes derfor som middels.

*Sjørret ruser:* Data fra ruse og garnfangst i 2023 indikerer høy dødelighet i Ytre Årdalsfjord uke 21, moderat i uke 23, høy i Nedstrand ukene 21 og 23, men her var antallet svært lavt med påfølgende høy usikkerhet i estimatene. Ruseundersøkelsene er foretatt ca. 2 og 4 uker etter median utvandring, hvor uke 21 er relativt dekkende for smoltutvandringen. Dataene tyder derfor på relativt høyt smittepress rundt tid for smoltutvandringen (uke 19). Området med høyt smittepress omfatter de nordlige og østlige delene av Boknafjorden. Dette samsvarer med noe mindre lus på fisken i Ytre Årdalsfjord enn i Nedstrand. Tettheten av kopepoditter er relativt lik i smoltutvandringsperioden. Ruse og garnfangst indikerer en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten anses som moderat da rusene anses som dekkende i tid og rom, men det er lavt antall i Nedstrand.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i en relativt stor del av området i 2023 (Figur 6 i Vedlegg 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 39 %, noe som betyr at i en tredjedel av POet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en potensielt dødelig dose, avhengig av størrelsen på fisken. Indeksen øker rundt midtpunktet for utvandring fra 29 % til 44 % i løpet av to uker. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha høy lakselusindusert villfiskdødelighet, med liten usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 2 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2023, men med høy estimert dødelighet med områdekorrigert påslagsrate (Figur 7 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har høy variabilitet mellom elvene, da 17 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten har variert mellom lavt og moderat for estimat med gjennomsnittlig påslagsrate. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som høy for fisk med lav toleranse. Usikkerheten til kategoriseringen i PO2 er derfor vurdert som middels.

*VI VPS:* Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 24 % og dermed i moderat kategori, og nærmere høy enn lav (Figur 7 i Vedlegg V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i samme kategori, men nærmere lav enn høy. 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 %

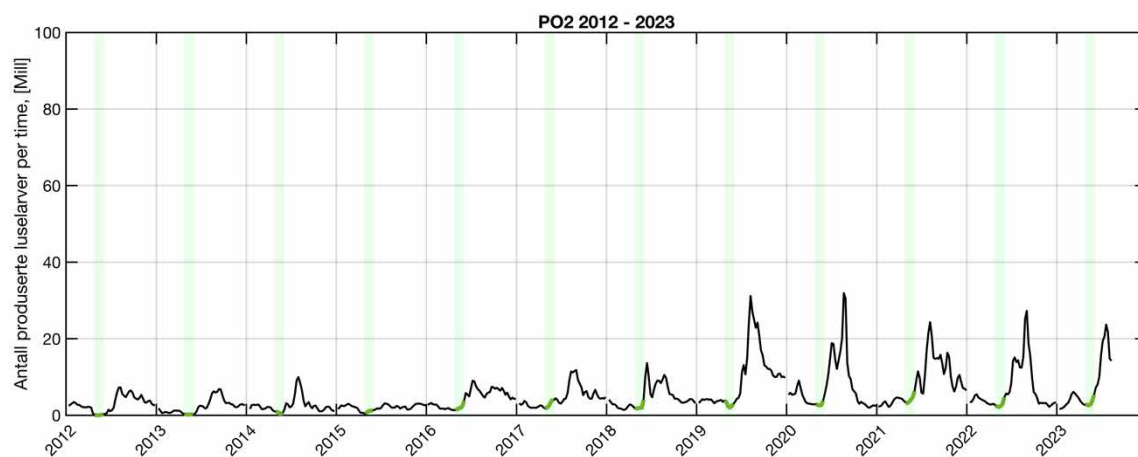
sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke».

Gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Konklusjonen om moderat dødelighet var sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, der en 10 dagers senere utvandring ga dødelighet like over grensen mellom moderat og høy kategori. Konklusjonen var også sensitiv til antatt tålegrense, der en halvering av tålegrensene ga dødelighet i høy kategori. For ingen av bestandene var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori, men dersom vi legger justert dødelighet til grunn, kommer 8 av bestandene opp i høy kategori (Tabell 3 og Figur 7 i Vedlegg V). Dette inkluderer ett nasjonalt laksevassdrag (Suldalslågen) og to små og sårbare bestander (Førreelva og Saudavassdraget).

*SINTEF VPS*: Resultatene gir et uvektet gjennomsnitt på 8,4 % som gir en lav lakseluseindusert dødelighet. Estimaterne for dødelighet for de ulike elvene varierer fra ikke påvirket (0 % for Figgjo) til over 20 % dødelighet for Jørpeland og Håland. Ved lav tålegrense og sen utvandring gir modellen middels påvirkning (uvektet gjennomsnitt for området). Usikkerheten er dermed satt til middels.

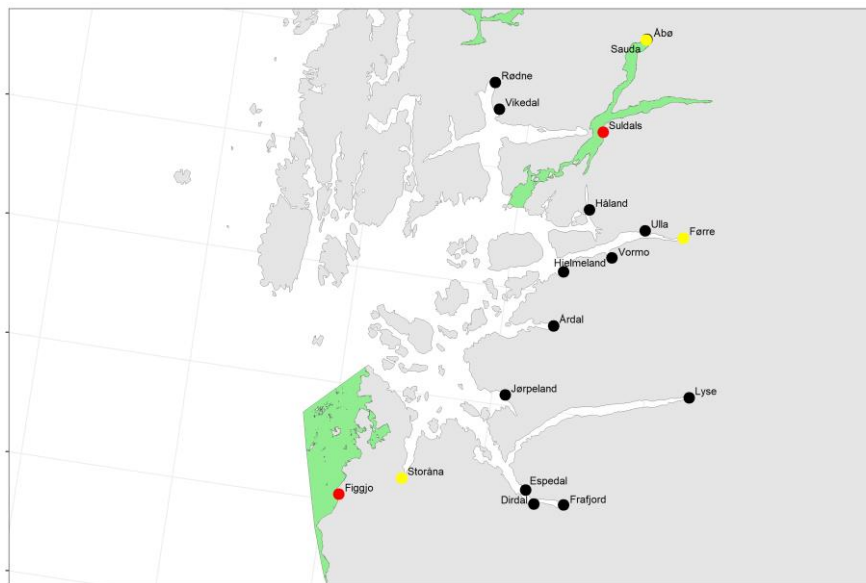
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser økende smittepress i etterkant av smoltutvandringen de fleste årene 2012-2023. Det er høyere smittepress i de siste fem årene enn i tidligere år (Figur 19).



**Figur 19.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO2) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandringsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 2: Ryfylke



**Figur 20.** Lakseførende elver i produksjonsområde 2, hvor nasjonale laksevassdrag (røde) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gule) er fremhevet. Øvrige elver er markert med svart. Nasjonale laksefjorder er fargelagt grønne.

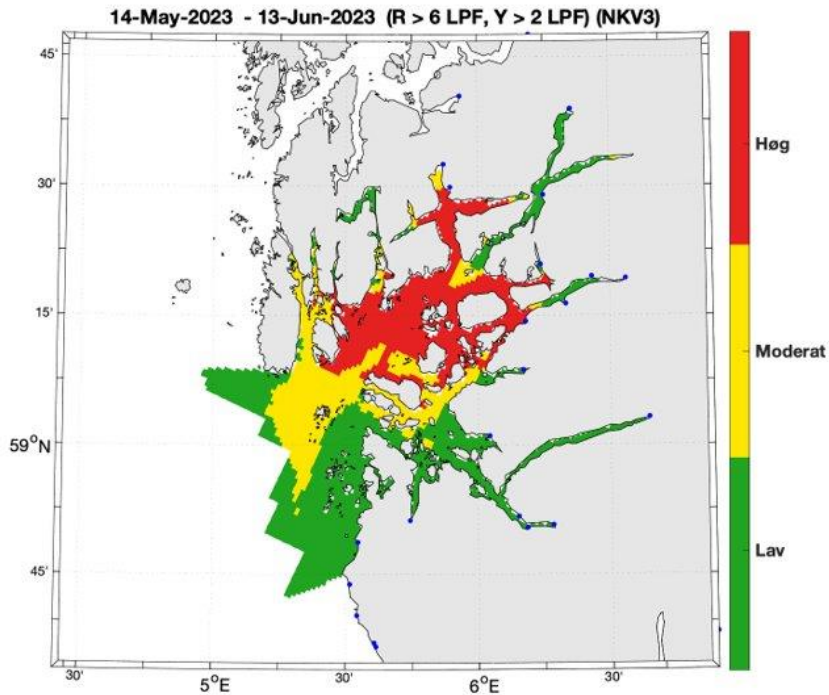
### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 21):

- *Nasjonale laksevassdrag:* Det er to nasjonale laksevassdrag i POet, Figgjo og Suldalslågen. Figgjo ligger på Jæren og Suldalslågen i Ryfylke.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Ingen bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Det er tre bestander (Storåna, Førreelva og Saudavassdraget), lokalisert i henholdsvis den søndre, midtre og nordlige delen av POet.
- *Bestander under reetablering:* Ingen bestander er under reetablering.

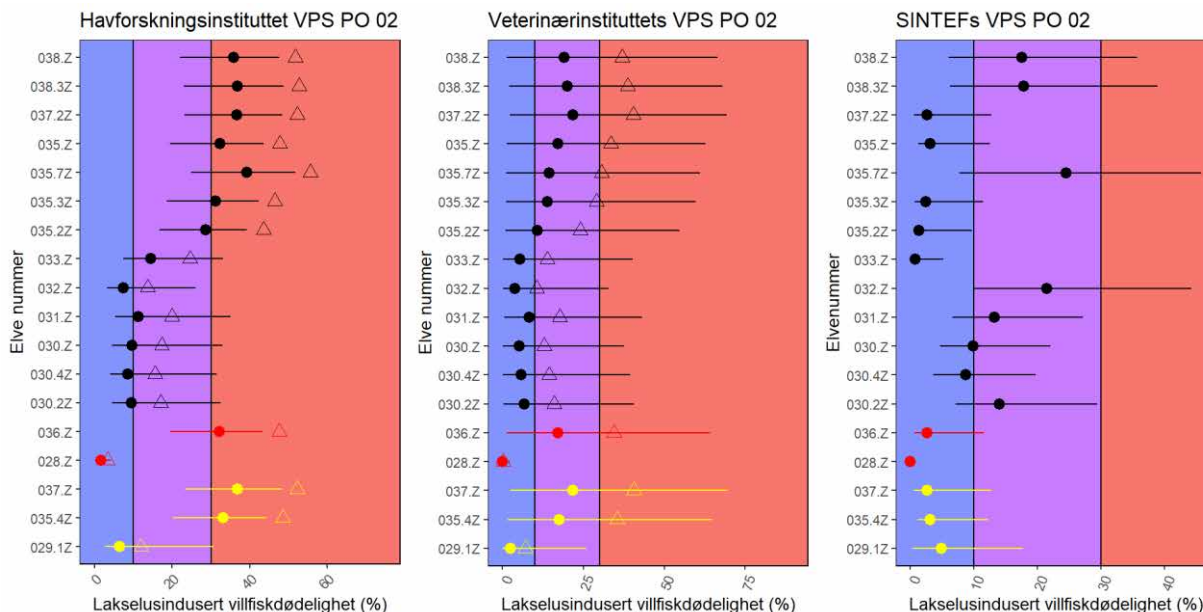


### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO2 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 21). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 22). PO2 er derfor vurdert for heterogenitet.



**Figur 21.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO2 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 22.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO2 estimert ved bruk av virtuelle-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet og SINTEF viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevasdrag (NLV, røde), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i figuren. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier. Havforskningsinstituttets og Veterinærinstituttets modeller viser dødelighet forventet fra smittepress (sirkler) og dødelighet som er områdekorrigert til årets observasjoner av lus på postsmolt (markert med trekant).

### Tråldata 2023

Tråldata indikerer at begge de nasjonale laksevasdragene har lav lakselusrelatert dødelighet (4 [1-7] %).

Det er ikke fanget fisk fra noen av de tre bestandene i kategorien små og/eller sårbare bestander, og det kan derfor ikke regnes gjennomsnittlig dødelighet for denne kategorien. Tråldata indikerer at det er lite trolig at noen disse bestandene har høyere enn moderat estimert dødelighet. Disse elvene er lokalisert i den søndre, midtre og nordlige delen av produksjonsområdet. For Storåna er det ingen sammenlignbare nærliggende elver, men elvene fra søndre region har i snitt moderat estimert dødelighet. Det er en elv med  $n > 1$  med høyere enn moderat dødelighet i dette området (Lyse, 32 [3-66] %), mens Frafjord ligger helt på grensen til høy (29 [0-57] %). Det vurderes allikevel som lite trolig at Storåna som har kortere vandringsvei har høy dødelighet. De to øvrige elvene ligger i midtre og nordre del. Av elver hvor  $n > 1$  er det ingen nærliggende elver hvor det estimeres høyere enn moderat dødelighet, og trolig vil det da også gjelde Førreelva og Saudavassdraget. De samme kildene til usikkerhet som omtalt under “Resultater 2023” for dette området vil også gjelde her.

### Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Havforskningsinstituttets og VIs, men ikke SINTEFs, VPS-modell indikerer i gjennomsnitt noe høyere dødelighet for små og sårbare bestander (Tabell 6). Samtidig viser HIs modell at 1 av 2 nasjonale lakseelver (Suldalslågen) og 2 av 3 små og sårbare bestander har høyere dødelighet enn 10-30%, som er den mest sannsynlige kategorien for POet (Figur 22). Det samme gjelder for VIs områdekorrigerede dødelighetsestimater, men ikke for estimatene uten områdekorrigering. Ingen vassdrag har høyere dødelighet enn 10-30% ifølge SINTEFs modell.

**Tabell 6.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 2 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

2023-PO2	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	18	23 (35)	12 (24)	8	14 [11-16]
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	2	17 (25)	9 (17)	1	4 [1-7]
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	0				
<b>Små og/eller sårbare</b>	3	25 (38)	14 (28)	4	Ikke data
<b>Under reetablering</b>	0				

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 30 %. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 30 % i gjennomsnitt. I en av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 30 % for et *nasjonalt laksevassdrag* og for to av de tre bestandene som er *små og sårbare*. Hvis man tar utgangspunkt i områdejusterte dødelighetsestimater, får det samme nasjonale laksevassdraget og de samme to små og sårbare bestandene estimert lakselusindusert dødelighet over 30% i både HI- og VI-modellen.

### 5.5.3 Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

**Hovedkonklusjon:** Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

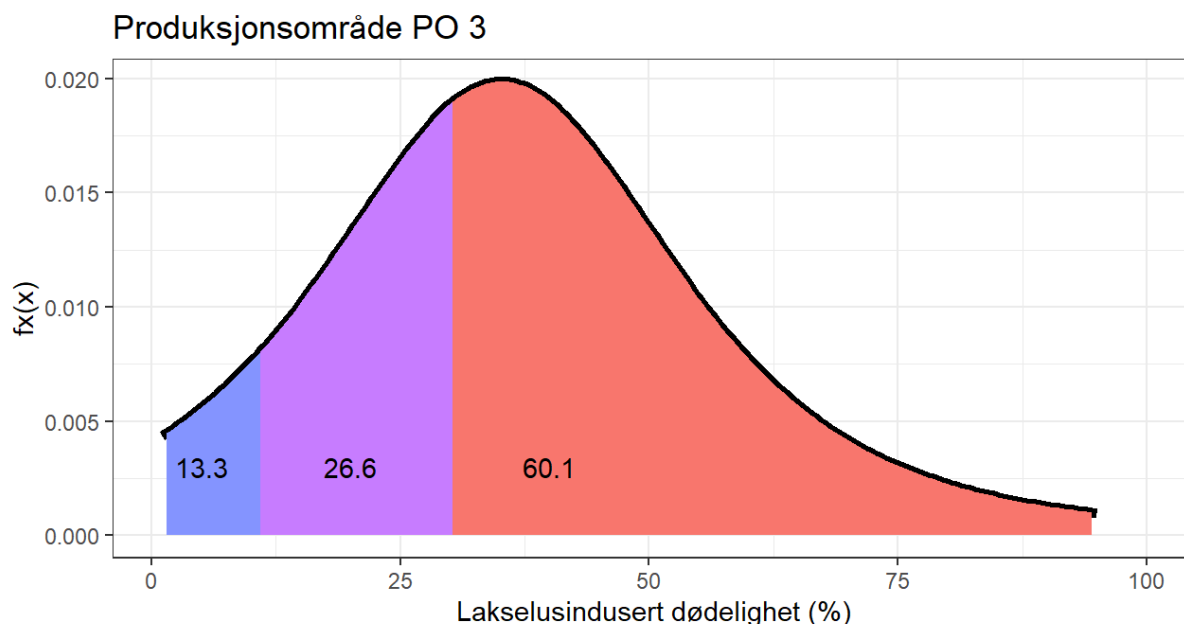
#### Kategorisering i 2023 (Figur 23):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

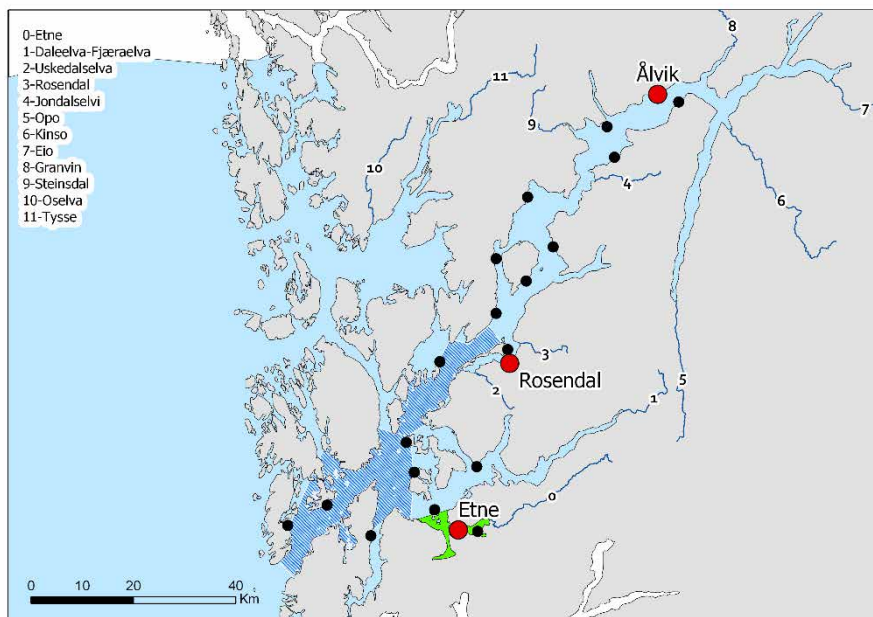
Konklusjonen om høy lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.



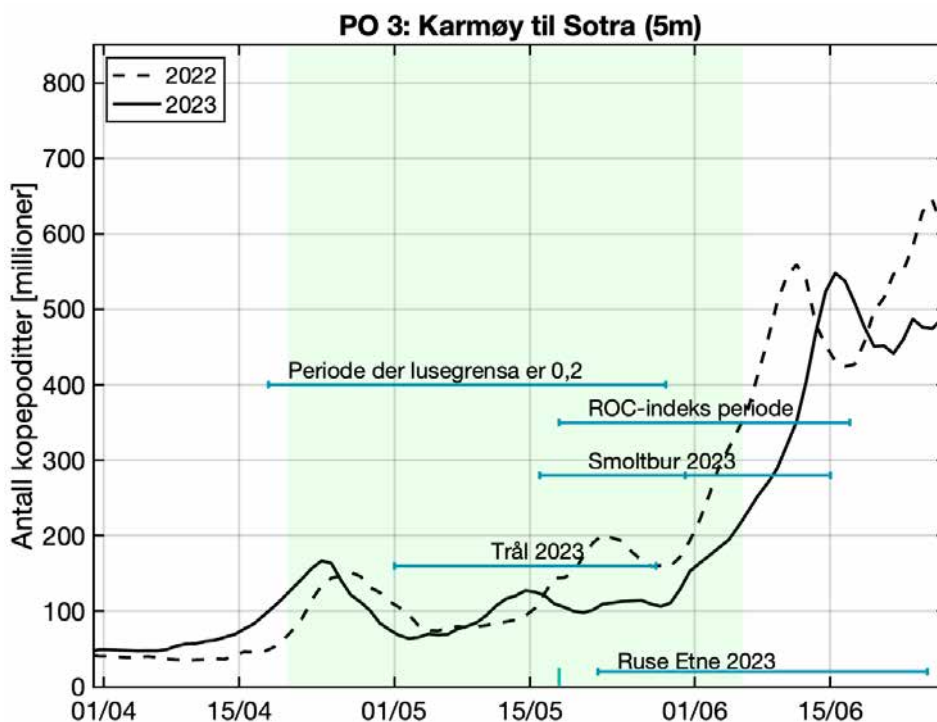
**Figur 23.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %

**Argumentasjon:** Modellresultatene fra SINTEFs og VIs VPS-modeller indikerer moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (**19** og **25** %) mens HIs VPS-modell indikerer høy lakselusindusert villfiskdødelighet (**33** %). Områdejustert dødelighet er derimot oppjustert for både HI og VI slik at begge modellene indikerer svært høy dødelighet (**63** og **49** %). Dette betyr at observasjonene av lus på postsmolt viste høyere lusenivåer enn forventet ut fra den beregnede lusekonsentrasjonen. Smittepresset i området er spesielt høyt i Bjørnafjorden, men også i området utenfor Hardangerfjorden og er kraftig økende i etterkant av normal utvandring, noe som reflekteres i noe høyere påvirkning i VPS-modellkjøringer der smolten vandrer sent. Etersom utvandningsforløpet er som normalt legger gruppen mest vekt på det normale utvandningsforløpet. Resultatene fra overvåkningsdata støtter modellresultatene, som indikerer høyt smittepress på sjørret i Etne, Rosendal og noe lavere i Ålvik. Mønsteret med høyest påslag på postsmolt i burene utenfor Hardangerfjorden passer også med smittepresset selv om påslagene på fisk i bur er relativt lave. Overvåkningsdata fra området ansees som godt dekkende, men det påpekes at det ikke er overvåkningsdata fra Bjørnafjorden hvor det er høyest smittepress. Gruppen påpeker at det er dokumentert innstrømmingsepisoder som transporterer lus langt inn i Hardangerfjorden ved to tilfeller som kan forklare påslag av lus på sjørret ved

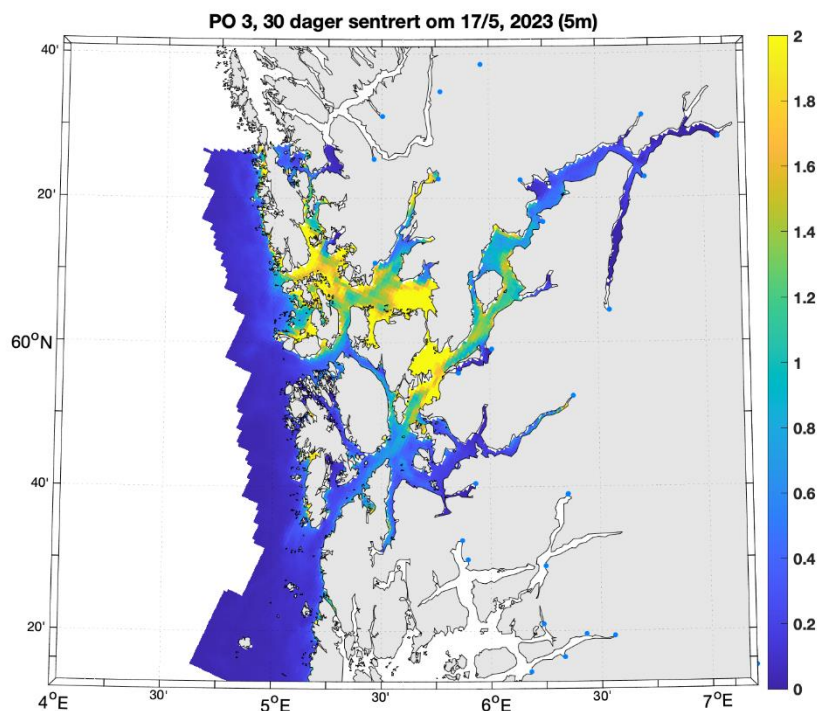
Ålvik, og også kan forklare det svært høye påslaget på trålte laksesmolt som har lange utvandningsruter.



**Figur 24.** Produksjonsområde 3. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (skravert blått). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 25.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 3 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandningsperiode for laksesmolt fra elvene i produksjonsområdet (17/5), og grønt skravert område markerer utvandningsperioden for laksesmolt fra elvene i PO3. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst, sjørretet ruse og smoltbur).



**Figur 26.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Trålfangst:* I 2023 ble det trålt i perioden 2.- 28. mai. Tråldata indikerer lav lakselusindusert dødelighet for de to første, høy for de to siste ukene, og høy (35 [27-43] %) for hele trålperioden sett under ett. Fangsten var generelt lav, men størst fangst var uke 19, fulgt av uke 20. Estimert dødelighet for fisk tilordnet opphavselv var moderat for de ytre, høy for de midtre og indre regionene. Samlet indikerer derfor tråldata en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten vurderes som middels da antall undersøkte fisk er lav i starten på perioden samt at trålingen sannsynligvis ikke har fanget opp sent utvandrende fisk eller fisk med lang utvandningsvei fra de indre bestandene. Trålingen dekker heller ikke de to bestandene som vandrer ut i Bjørnafjorden i den nordlige delen av POet.

*Sjørret ruser:* Data fra ruse og garnfangst i 2023 indikerer høy dødelighet i Ålvik uke 22, moderat uke 24, høy i Rosendal ukene 23 og 25, og høy i Etne ukene 21-25. Dataene indikerer en høy til moderat dødelighet på stasjoner i hele fjordsystemet gjennom hele den undersøkte perioden. Stasjonene anses dekkende i tid og rom for å fange opp smittepresset for utvandrende

postsmolt av laks. Smittekartene sentrert rundt midtpunkt for smoltutvandring indikerer høyest smittepress i midtre deler av Hardangerfjorden og i Bjørnafjorden med lavere smittepress i indre og ytre deler av Hardangerfjorden, og øker i etterkant av midtpunkt for utvandring. Data fra Bjørnafjorden mangler, men samtidig er det bare to lakseførende elver i dette systemet. Undersøkelsene startet 1-3 uker etter midtpunkt for utvandring, og er derfor dekkende for smittepresset noe før og etter dette. 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.

*Vaktbur:* Vaktburene indikerer et generelt lavt smittepress i de ytterste og innerste delene og moderat i de midterste i den første runden. Den andre runden var det generelt noe lavere smittepress i midtre og noe høyere i ytre deler av fjorden. Resultatene støtter en kategorisering i moderat lakselusrelatert dødelighet. Gitt en median utvandring av laks i uke 20 dekker første runden fra median dato for utvandring og de to neste ukene. Den andre perioden dekker sent utvandrende laks, og laks som bruker lang tid på vandringen gjennom fjorden. Usikkerheten vurderes som middels da burene ikke dekker første del av smoltutvandringen, og ikke dekker Bjørnafjorden.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i store deler av området, 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 (31 %). Indeksen varierer rundt midtpunktet for utvandringen (20 % – 39 % i løpet av to uker). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha høy lakselusindusert villfiskdødelighet, med stor usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 3 er vurdert til å ha høy dødelighet som følge av lakselus i 2023, både med og uten områdekorrigert påslagsrate (figur 10 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet mellom elvene, da 67 % elvene har samme kategorisering som for hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som høy i 9 av 12 år. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat for fisk med høy antatt toleranse for lakselus og som høy for tidlig og sent utvandrende fisk, og for fisk med lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO3 er derfor vurdert som middels.

*VI VPS:* Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 49 % og dermed i høy kategori (Figur 8 i Vedlegg V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, men nærmere høy enn lav. 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 også i høy kategori, som betyr at konklusjonen om høy dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Konklusjonen om høy dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

For 6 av de 12 bestandene i POet var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori. Dersom vi legger justert dødelighet til grunn, kommer 10 av bestandene opp i høy kategori (Tabell 4 og Figur 8 i Vedlegg V). Et flertall av disse er bestander med dårlig eller svært dårlig

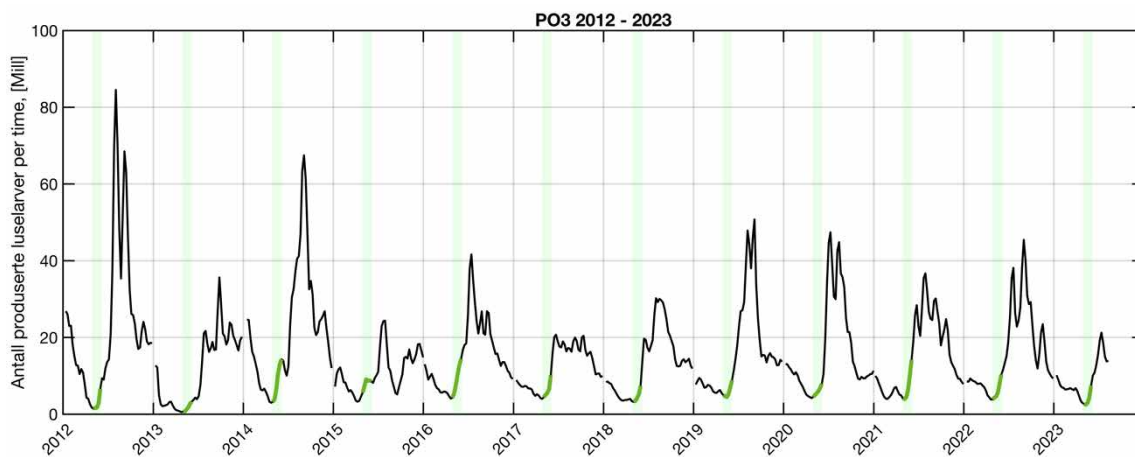
tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale og/eller små og sårbare bestander (Tabell 4 i Vedlegg V). Merk at en bestand kan være i flere grupper av sårbare og viktige bestander samtidig.

*SINTEF VPS*: Uvektet gjennomsnitt av dødelighet var 18,9 % som gir en moderat påvirkning. Estimerte verdier varierer mye fra 1,1% estimert dødelighet påvirkning for Etne til 72,9 % for Granvin. Påvirkningen er størst for elver hjemhørende i de innerste delene av fjordsystemene. Modellen viser videre sensitivitet med hensyn på tålegrense med luseindusert dødelighetsestimat innenfor høy kategori for lav tålegrense og lav kategori i tilfellet for høy tålegrense. Usikkerheten settes derfor til stor.



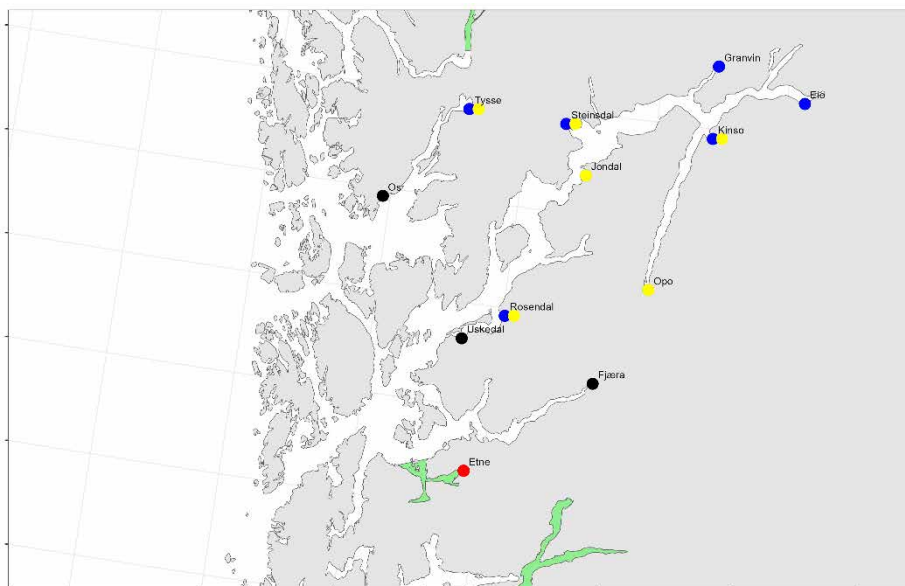
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2023, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 27).



**Figur 27.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområde PO3 2021-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandringsperiodene per år.

### Heterogenitet produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra



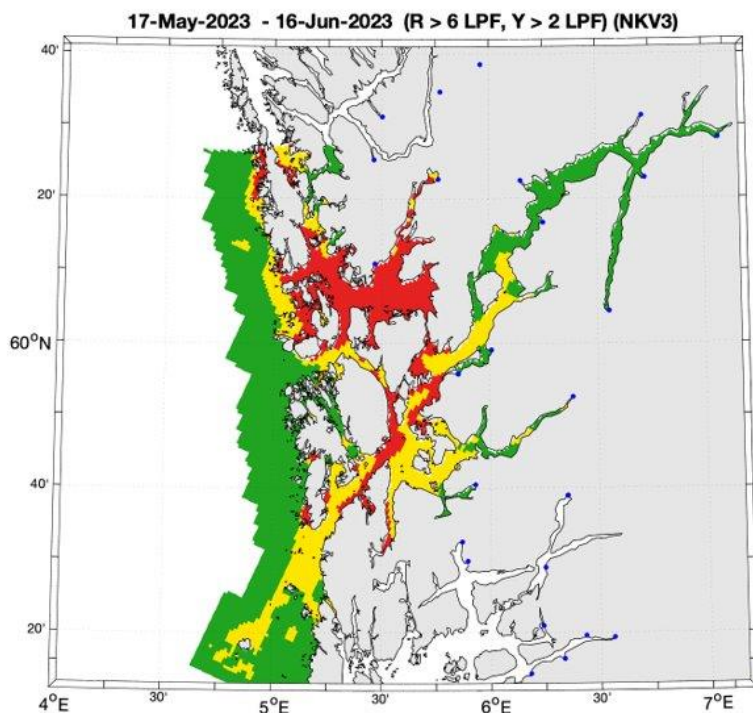
**Figur 28.** Lakseførende elver i produksjonsområde 3 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensial (blå) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

#### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 28):

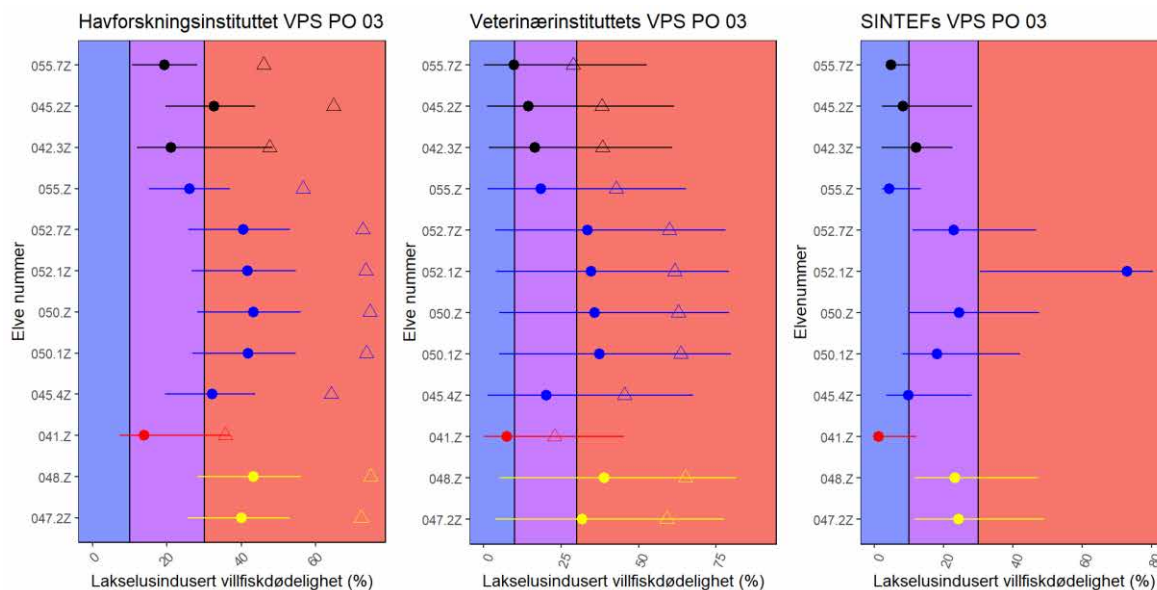
- *Nasjonale laksevassdrag:* Produksjonsområdet har ett nasjonalt laksevassdrag, Etne.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Seks bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand (Tysse, Steinsdal, Granvin, Eio, Kinso og Rosendal). Disse bestandene ligger i midtre eller indre deler av POet.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Seks bestander er i denne kategorien (Tysse, Steinsdal, Kinso, Jondal, Opo og Rosendal). Disse bestandene ligger i midtre eller indre deler av POet og er i stor grad sammenfallende med bestandene som er i dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial.
- *Bestander under reetablering:* Ingen bestander er under reetablering.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet (Figur 29) og resultatene fra VPS-modeller (Figur 30) indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkningen på bestander. Siden den mest sannsynlige dødeligheten for POet som helhet er i høyeste kategori (over 30 %), er det imidlertid ikke relevant å vurdere om enkelte bestander har høyere dødelighet. Det konkluderes derfor med at det ikke er grunn til å vurdere heterogeniteten videre.



**Figur 29.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittpress i PO3 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 30.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO3 ble estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet og SINTEF viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevasdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier. Havforskningsinstituttets og Veterinærinstituttets modell viser dødelighet forventet fra smittepress (sirkler) og dødelighet justert til årets observasjoner av lus på postsmolt (markert med trekant).

## 5.5.4 Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

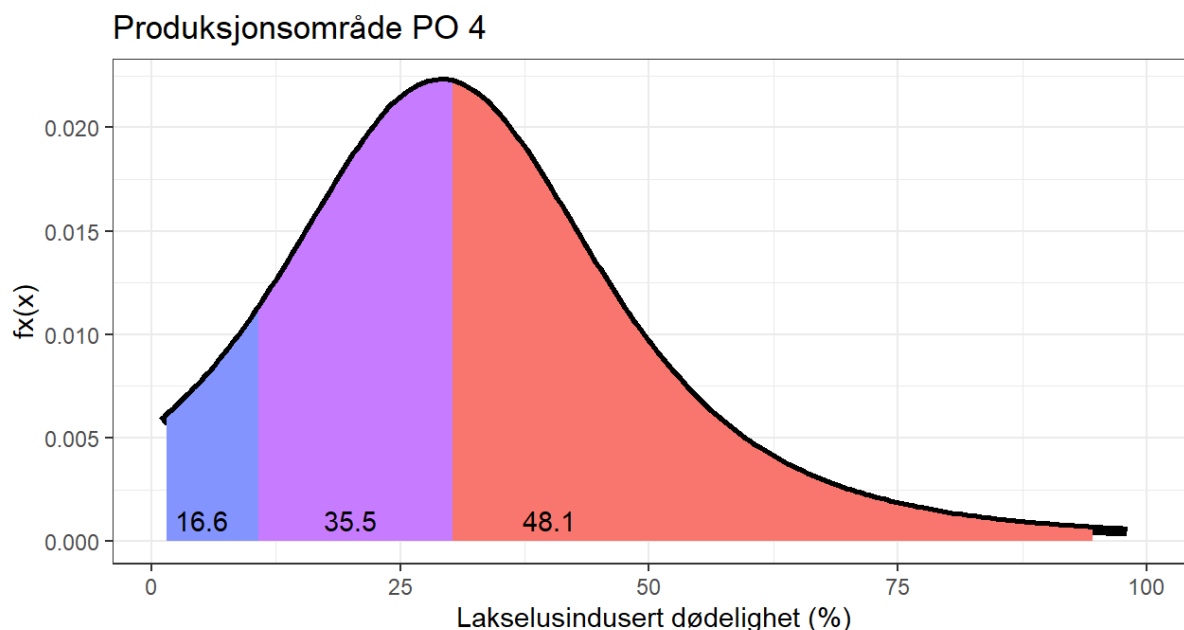
### Hovedkonklusjon: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

#### Kategorisering i 2023 (Figur 31):

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

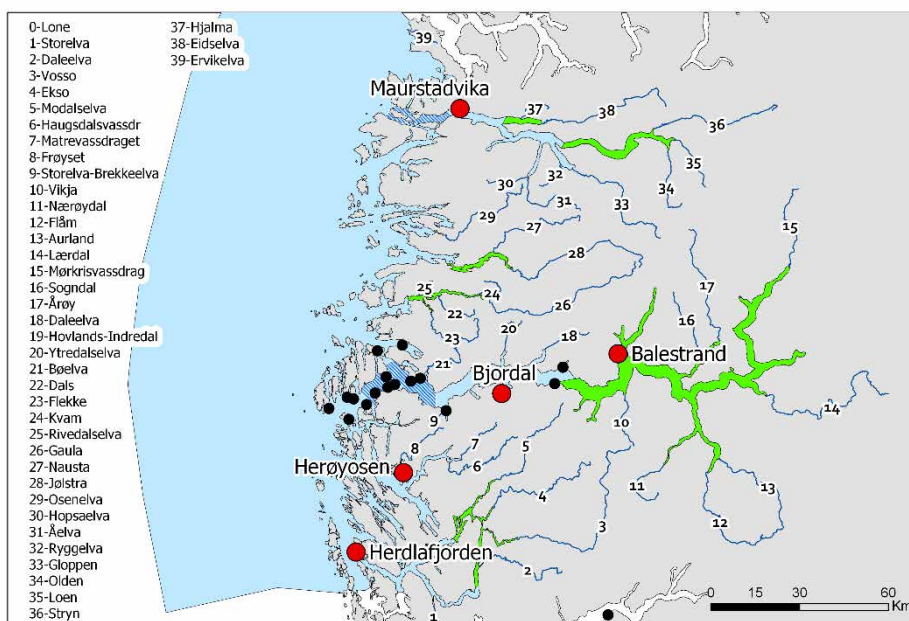
Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023. Konklusjonen om moderat lakselusindusert villfiskdødelighet vurderes å ha stor usikkerhet etter tidligere års beskrivelse av usikkerhet.

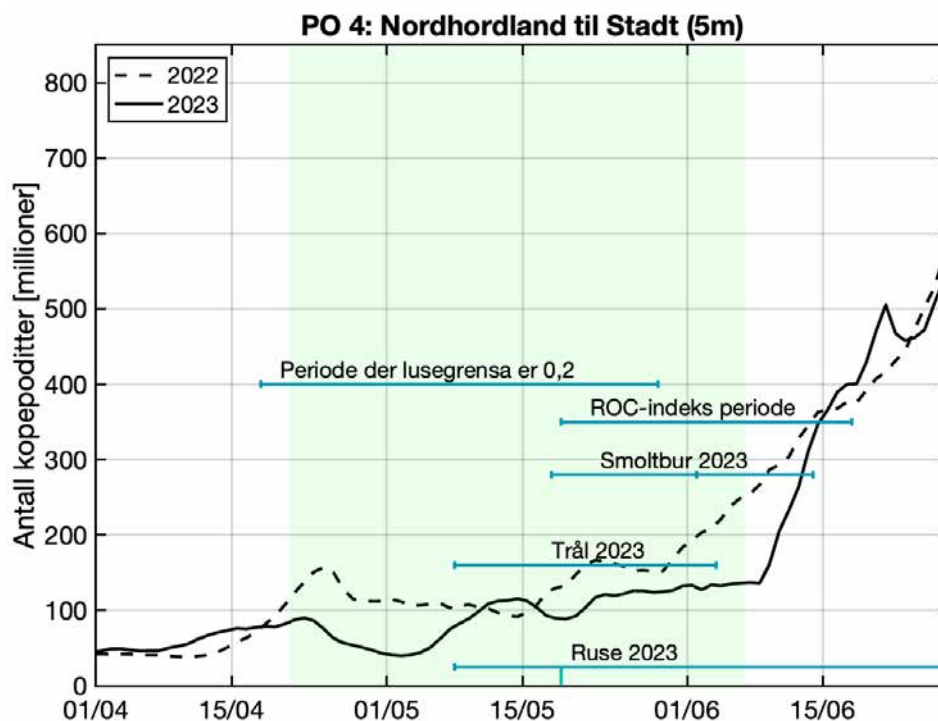


**Figur 31.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, lilla er sannsynligheten for at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

**Argumentasjon:** Modellresultatene fra SINTEF, HI og VIs VPS-modeller indikerer alle moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (11 %, 16 % og 17 %). Områdejustert dødelighet er derimot oppjustert noe, men er fremdeles i moderat kategori for HI (25 %) mens den er rett over 30% for VI (33 %). Dette betyr at observasjonene av lus på postsmolt viste noe høyere lusenivåer enn forventet ut fra den beregnede lusekonsentrasjonen. Dette var som tidligere år spesielt tilfelle i Sognefjorden. Utvandringsforløpet fra de dataene som er tilgjengelig for området indikerer normal utvandring og gruppen legger hovedvekt på normal kjøring for VPS-modellene. Resultatene fra overvåkningsdata indikerer høyere påslag på sjørreten enn det modellresultatene indikerer, med moderat til høye påslag av lus på nesten alle stasjoner og uker. Overvåkningsdata fra området er godt dekkende, og anses derfor som relativt sikre selv om det mangler data fra Sunnfjord. Gruppen påpeker at her vil innstrømmingsepisoder som transporterer lus langt innover i fjorden være en viktig bidragsyter til noen svært høye påslag på trålt laksesmolt som ikke er i overensstemmelse med VPS-resultatene. Dette mønsteret har vært gjentakende for Sognefjorden over flere år.

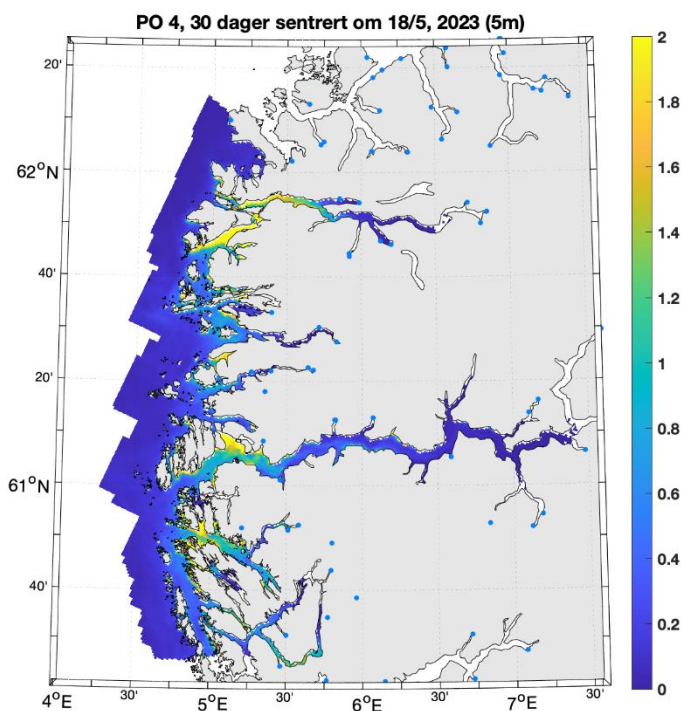


**Figur 32.** Produksjonsområde 4. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler) samt områdene det er trålt i (skravert blått). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 33.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter i produksjonsområde 4 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandningsperiode for laksesmolt (18/5) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden.

Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst, smoltbur og sjørretet ruse).



**Figur 34.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Trålfangst:* Det ble i 2023 trålt etter postsmolt av laks i Sognefjorden over 4 uker fra 10. mai til 4. juni, ukene 19-22., og i Nordfjord fra 8. mai til 3. juni, ukene 19-22. I Sognefjorden var fangsten dårlig de to første ukene, men økte kraftig de to siste, hvor fangsten var høyest uke 21. I de to første ukene estimeres lav dødelighet (lav  $N$ ), deretter øker estimatene til moderat og høy, og for hele trålperioden sett under ett estimeres høy (49 [42-55] %) dødelighet. Estimert dødelighet for fisk tilordnet opphavselv var høy på trålfanget postsmolt fra de indre og moderat for postsmolt fra de midtre elvene. Data fra trål indikerer derfor en kategorisering av Sognefjorden i høy lakselusindusert dødelighet. I Nordfjord var fangsten generelt god, best de

tre første ukene, og høyest uke 20. Estimert lakselusrelatert dødelighet regnet som snitt av fisk fanget de respektive ukene økte fra lav til høy de tre første ukene, og lav den siste, og moderat (22 [19-26] %) for hele trålperioden sett under ett. Estimert dødelighet for fisk tilordnet opphavselt var moderat på trålfanget postsmolt fra alle regionene. Data fra trål indikerer derfor en kategorisering av Nordfjord i moderat lakselusindusert dødelighet. I snitt for begge fjordene estimeres høy lakselusrelatert dødelighet i 2023. Usikkerheten vurderes som middels da trålingen ikke dekker elvene i Nordhordland eller Sunnfjord, og de store fangstene på slutten av trålperioden i Sognefjorden kan indikere at trålingen er avsluttet for tidlig til å fange opp sent utvandrende laks, mens trålperioden i Nordfjord vurderes som bedre dekkende for utvandringen, men også her indikerer de relativt gode fangstene første og siste tråluke at noe fisk har vandret ut både før og etter.

*Sjøørret ruser:* Data fra Nordhordland viser høy estimert lakselusrelatert dødelighet på sjøørret på både stasjonen Herdlafjorden ukene 21-26 og Herøyosen ukene 19-21, lav uke 25. De siste undersøkelsene er tatt så sent at trolig kan lusesituasjonen ha blitt påvirket av prematur tilbakevandring. I Sognefjorden var det betydelig mer lus på fisken i Balestrand enn i Bjordal, spesielt de første ukene undersøkt. På den innerste stasjonen i Sognefjorden (Balestrand) ble det estimert høy dødelighet ukene 22-23, moderat uke 24, mens på den ytterste stasjonen (Bjordal) ble det estimert moderat uke 22 og høy dødelighet uke 24. I Nordfjord (Maurstadvika) ble det estimert høy dødelighet uke 22, deretter moderat og høy dødelighet hhv. ukene 24 og 25. Ruseundersøkelsene startet uken før eller 1-2 uker etter estimert gjennomsnittlig smoltutvandring for området, og vurderes derfor som dekkende for smoltutvandringen. Smittepresset sentret rundt midtpunkt for utvandring viser høyest tetthet av kopepoditter i de ytre delen av hele området, og tettheten øker gjennom utvandningsperioden, sammenfallende med observasjonene. Det er mer lus på sjøørret i Sognefjorden enn smittekartene indikerer. Ruse og garnfangst indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten anses som middels da Sunnfjord ikke er undersøkt.

*Vaktbur:* Vaktburene var i 2023 satt ut i Sognefjorden i 2 perioder, 18. mai - 2. juni og 1. - 14 juni. Vaktburene indikerte moderat smittepress i midtre og lavt i ytre deler av fjorden begge rundene. Data fra vaktbur indikerer moderat lakselusindusert dødelighet i 2023. Første runden dekker fra gjennomsnittlig midtpunkt 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 og i alle fjordmunninger i 2023 (figur 12 i Vedlegg IV). Laksesmolt som vandret ut fra elvene ble derfor trolig påvirket av luse-larver med opphav i oppdrettsanleggene i de ytre delene av fjordene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat i 2023 (13 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandring (8 % – 19 %), men holder seg i kategorien moderat (under 30 %) i den antatte utvandningsperioden. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, med middels usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 4 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2023, også med områdekorrigert påslagsrate (Figur 13 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet mellom elvene, da 80 % av elvene er i samme kategori som hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte



dødeligheten er kategorisert som moderat siden 2014, men høy for områdekorrigert påslagsrate i årene 2019-2022 (Figur 13 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten for hele området blir i 2023 kategorisert som lav for fisk med antatt høy toleranse for lakselus. Tidlig og sent utvandrende fisk, samt fisk med antatt lav toleranse for lakselus blir kategorisert med moderat dødelighet. Usikkerheten til kategoriseringen i PO4 er derfor vurdert som middels.

*VI VPS:* Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 33 % og dermed i høy kategori (Figur 9 i Vedlegg V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, og nærmere lav enn høy. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 10 og 33 % sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mindre sannsynlig enn ikke». Tråldataene dekket i år både Sogn og Nordfjord og dermed en større del av POet enn de foregående årene (unntatt 2019, da også både Sogn og Nordfjord ble dekket). Dette styrker representativiteten til det justerte estimatet.

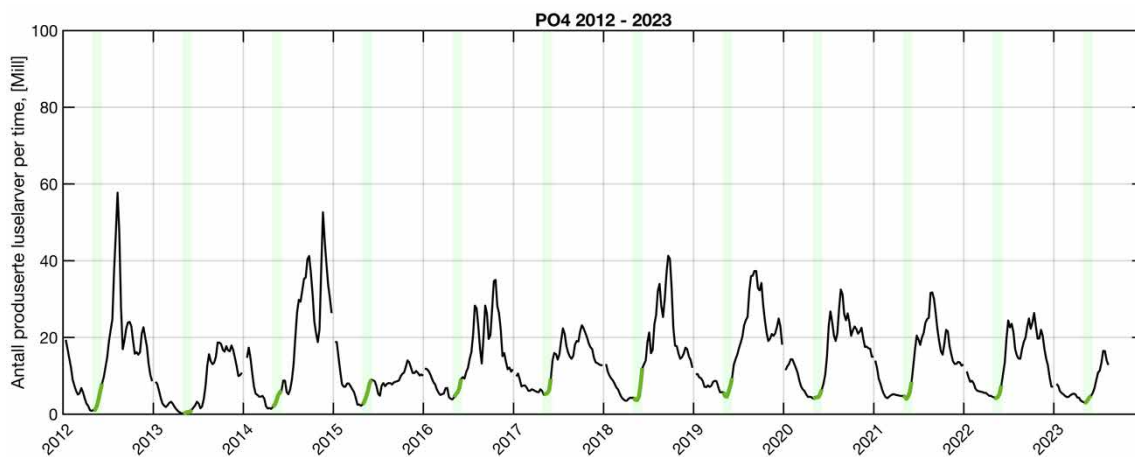
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i høy kategori, som betyr at konklusjonen om høy dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Konklusjonen om høy dødelighet var sensitiv til antakelsene om utvandringstid og tålegrense, der ti dagers tidligere utvandring eller dobling av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

For ingen av bestandene var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori, men dersom justert dødelighet legges til grunn, var dødeligheten i høy kategori for 25 av de 40 bestandene (Tabell 5 og Figur 9 i Vedlegg V). Dette inkluderer 9 nasjonale laksevassdrag, 5 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale, 5 små og sårbare bestander og én bestand under reetablering.

*SINTEF VPS:* Uvektet gjennomsnitt fra modellen var 10,6 % og innenfor moderat påvirkning av lakselusindusert dødelighet. Modellresultatene for PO4 gir dødelighetsestimater innenfor både høy, moderat og lav kategori. Postsmolt som er hjemhørende innerst i Sognefjorden er beregnet til å ha lavere påvirkning enn postsmolt hjemhørende lengre ut og med korteste utvandningsvei. De virtuelle postsmoltene svømmer med strømmen ut mot kysten i tillegg til å ha drift mot kysten, og det har i 2023 resultatene resultert i lite variasjon i utvandringstid fra ulike elver i Sognefjordssystemet. Det mangler data fra 3 elver. Modellresultatene viser videre høy påvirkning for postsmolt hjemhørende sør i POet. Resultatene er lite sensitive med hensyn til utvandringstidspunkt, men endring av tålegrense gir dødeligestimat som endres fra høy til lav kategori. Usikkerhet settes dermed til høy.

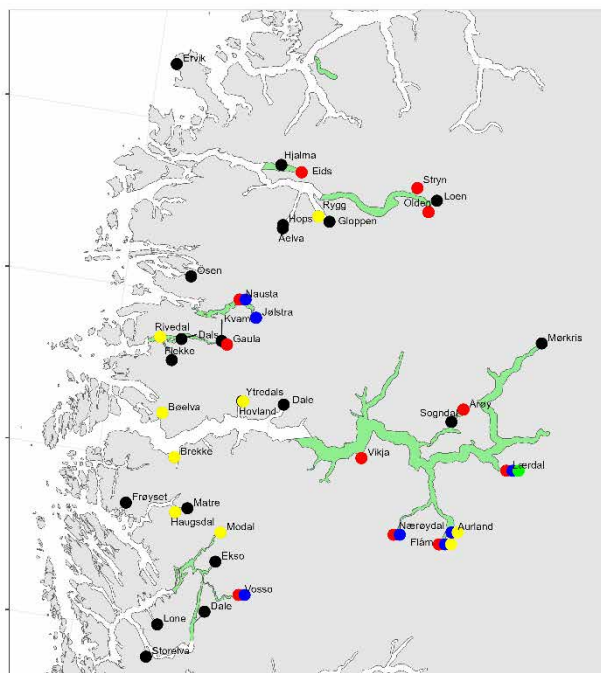
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2023, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 35).



**Figur 35.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 4) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandringsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt



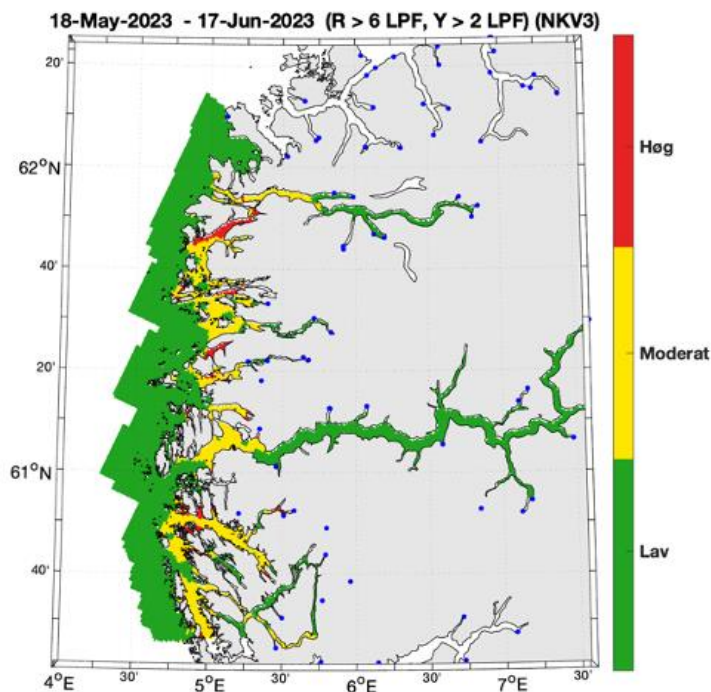
**Figur 36.** Lakseførende elver i produksjonsområde 4 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensial (blå), elver under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller *Gyrodactylus salaris* (grønne) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 36):

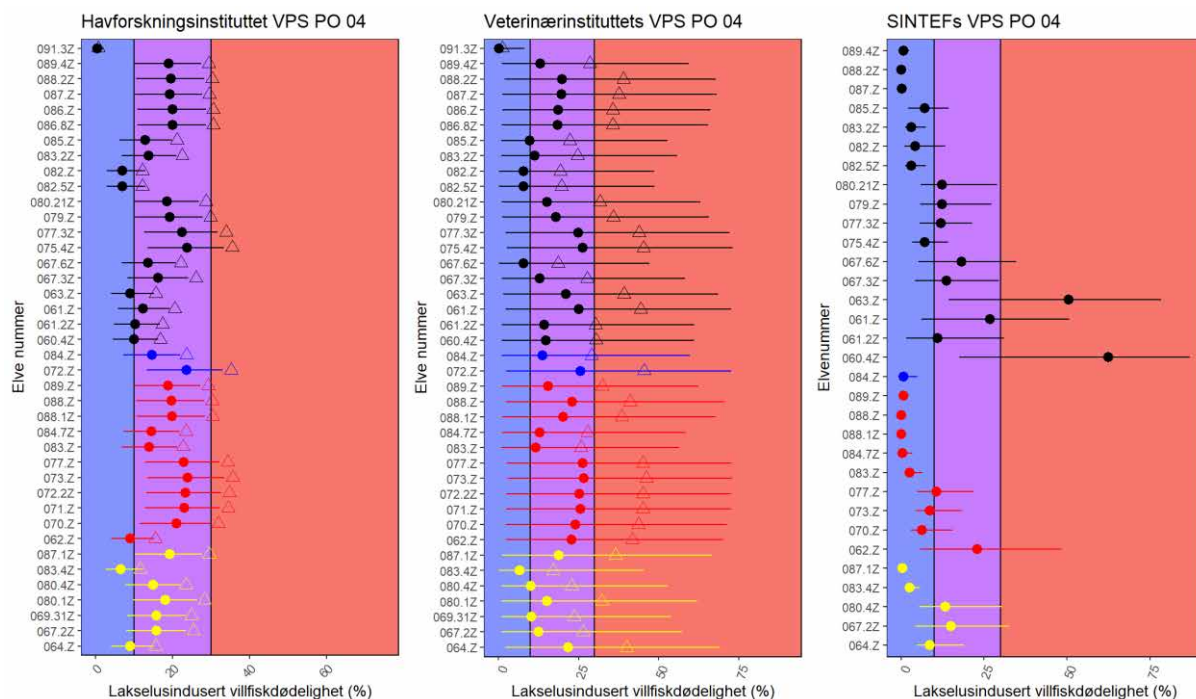
- **Nasjonale laksevassdrag:** Produksjonsområdet har 11 nasjonale laksevassdrag. Ett er i Nordhordland (Vosso), fem i Indre Sogn (Vikja, Nærøydal, Flåm, Lærdal og Årøy), to i Sunnfjord (Gaula og Nausta) og tre i Nordfjord (Eidselva, Stryn og Olden).
- **Gytebestandsmål og høstingspotensial:** Syv vassdrag er i dårlig eller svært dårlig tilstand. Ett av disse er i Nordhordland (Vosso), fire i Indre Sogn (Nærøydal, Flåm, Aurland og Lærdal) og to i Sunnfjord (Nausta og Jølstra).
- **Små og/eller sårbare bestander:** Ni vassdrag er kategorisert som små og/eller sårbare, to i Nordhordland (Modalselva og Haugdalselva), tre i Ytre Sogn (Storelva-Brekkeelva, Bøelva og Hovlandselva-Indredal), to i Indre Sogn (Flåm og Aurland), ett i Sunnfjord (Rivedalselva) og ett i Nordfjord (Ryggelva).
- **Bestander under reetablering:** En bestand, Lærdal, er under reetablering etter behandling mot *Gyrodactylus salaris*.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet (Figur 37) og resultatene fra virtuelle postsmoltmodeller (Figur 38) indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkningen på bestander. Produksjonsområde 4 er derfor vurdert for heterogenitet.



**Figur 37.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepess i PO4 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 38.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO4 ble estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet og SINTEF viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (NLV, røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (GBM, blå), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i figuren. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier. Havforskningsinstituttets og Veterinærinstituttets modeller viser dødelighet forventet fra smittepress (sirkler) og dødelighet som er områdekorrigert til årets observasjoner av lus på postsmolt (markert med trekant).

## Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Havforskningsinstituttets og VIs, men ikke SINTEFs, VPS-modell indikerer i gjennomsnitt høyere dødelighet for nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og bestander under reetablering (Tabell 7). Ingen av bestandene kategorisert som sårbare og viktige hadde dødelighetsestimater over 30 % dersom vi legger estimatene basert på det kalkulerte smittepresset til grunn. De områdekorrigerte estimatene i HIs og VIs VPS-modeller er imidlertid over 30 % for henholdsvis 7 og 9 av de 11 nasjonale laksevassdragene, 4 og 5 av de 7 bestandene med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, 2 og 5 av de 9 små og sårbare bestandene samt bestanden under reetablering (Figur 38).

**Tabell 7.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 4 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	40	16 (25)	17 (33)	11 N = 32	Sogn: 47 [43-50] Nordfj: 22 [19-26]
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	11	19 (29)	21 (39)	6 N = 9	Ikke data
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	7	19 (29)	22 (40)	8 N = 4	Ikke data
<b>Små og/eller sårbare</b>	9	16 (25)	16 (32)	8 N = 5	Ikke data
<b>Under reetablering</b>	1	24 (36)	27 (46)	9	54 [48-59]

## Tråldata 2023

Da det ikke er trålt i verken Nordhordland eller Sunnfjord er det ikke mulig å beregne gjennomsnittlig dødelighet for tre av de fire kategoriene av sårbare og viktige bestander.

Av de 11 nasjonale laksevassdragene i området er det tilgjengelig tråldata fra Vikja (n=68, 38 [28-49] %), Nærøydal (n=99, 39 [31-47] %), Lærdal (n=219, 54 [48-59] %), Årøy (n=20, 55 [33-74] %), Stryn (N=36, 27 [17-40] %) og Olden (n=28, 26 [14-43] %). Flere av elvene (alle i Sognefjorden) har derfor høyere estimert lakselusrelatert dødelighet enn snittet for området.

Av de syv vassdragene i kategorien gytebestandsmål og høstingspotensial, er det tilgjengelig data fra trålingene fra Nærøydal (n=99, 39 [31-47] %) og Lærdal (n=219, 54 [48-59] %). To av elvene (begge i Sognefjorden) har derfor høyere estimert lakselusrelatert dødelighet enn snittet for området.

Av de 9 elvene i kategorien små og/eller sårbare er det bare tilgjengelig tråldata fra Ryggelva i Nordfjord (n=15, 22 [10-39] %). For Flåm og Aurland er det trolig høy lakselusrelatert dødelighet da alle elvene i indre sogn har høy lakselusrelatert dødelighet. To av elvene (begge

i Sognefjorden) har derfor trolig høyere estimert lakselusrelatert dødelighet enn snittet for området.

Lærdal er eneste elven i kategorier bestander under reetablering. For Lærdal estimeres høy lakselusrelatert dødelighet ( $n=219$ , 54 [48-59] %). Elven i denne kategorien har derfor høyere estimert dødelighet enn for området som helhet.

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 30 %. Det er sannsynlighetsovervekt for at nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, og bestander under reetablering har dødelighet over 30 % i gjennomsnitt. Ingen av bestandene kategorisert som sårbare og viktige hadde dødelighetsestimater over 30 % dersom vi legger estimatene basert på det kalkulerte smittepresset til grunn. Dette var derimot tilfelle for alle kategorier hvis man tar utgangspunkt i de områdejusterte estimatene.

### 5.5.5 Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

**Hovedkonklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

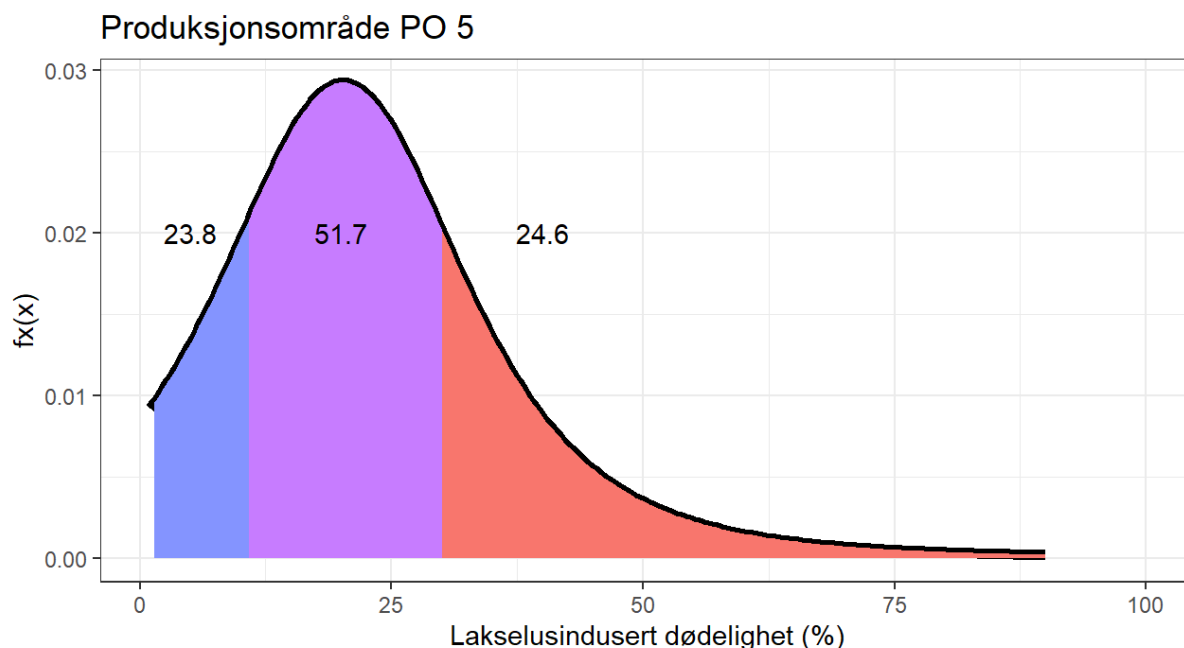
**Kategorisering i 2023 (Figur 39):**

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

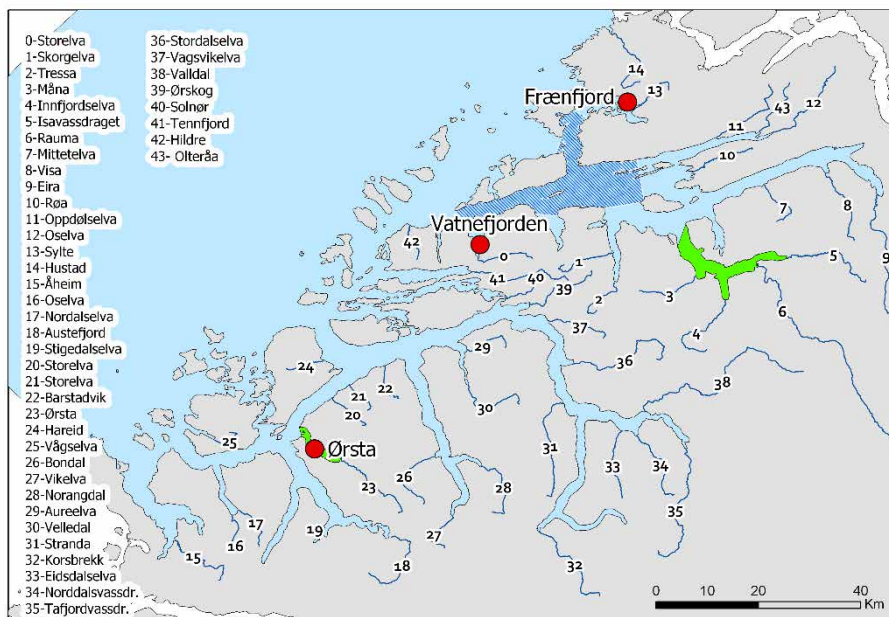


**Figur 39.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

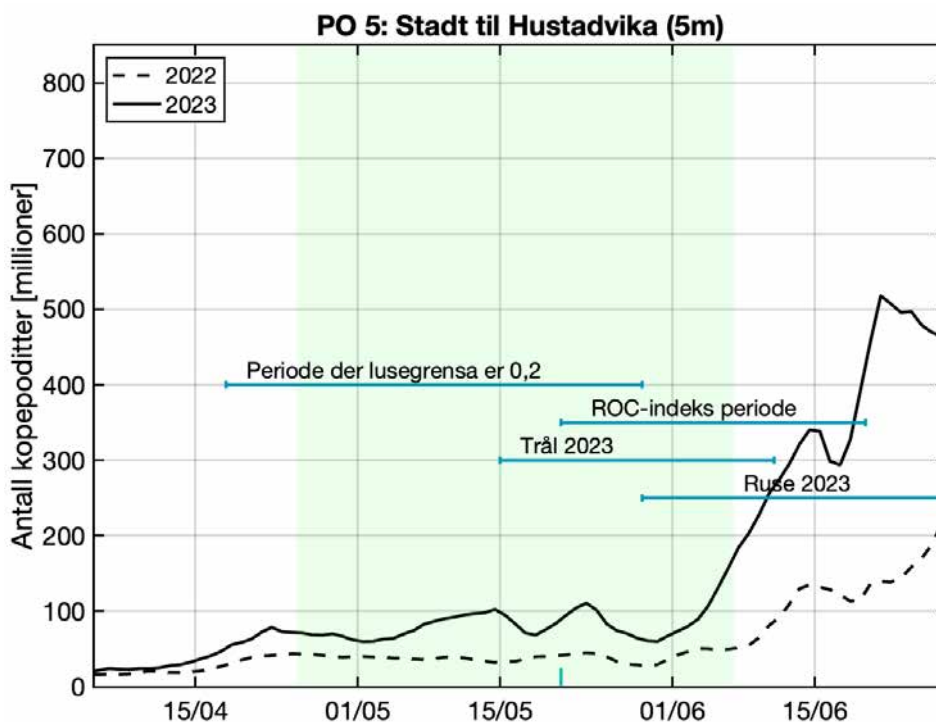
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra SINTEFs, HIs, og VIs VPS-modeller indikerer alle moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (10%, 22% og 10%). Områdejustert dødelighet for både HI og VI er oppjustert noe, men er fremdeles innen moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (29 % og 15 %). Dette betyr at observasjonene av lus på postsmolt viste noe høyere lusenivåer enn forventet ut fra den beregnede lusekonsentrasjonen. Observert smittepress (ruse) er høyt over store områder av POet, og smittepresskartene viser økning i løpet av sesongen, noe som reflekteres i høyere påvirkning i modellkjøringer der smolten vandrer sent i HI og VIs modeller, men ikke i SINTEFs modell. Gruppen har lagt noe vekt på at utvandningsforløpet kan være noe senere enn det forventede utvandningsforløpet. Resultatene fra overvåkningsdata støtter modellresultatene, som indikerer høyt smittepress i store deler av POet. Overvåkningsdata er godt dekkende i noen områder (Romsdalsfjorden). Samtidig påpekes det at det er lite data fra Storfjorden og lenger sør hvor smittepresset er svært høyt. Gruppen påpeker at dette er et område med smale og lange fjorder hvor det kan være krevende



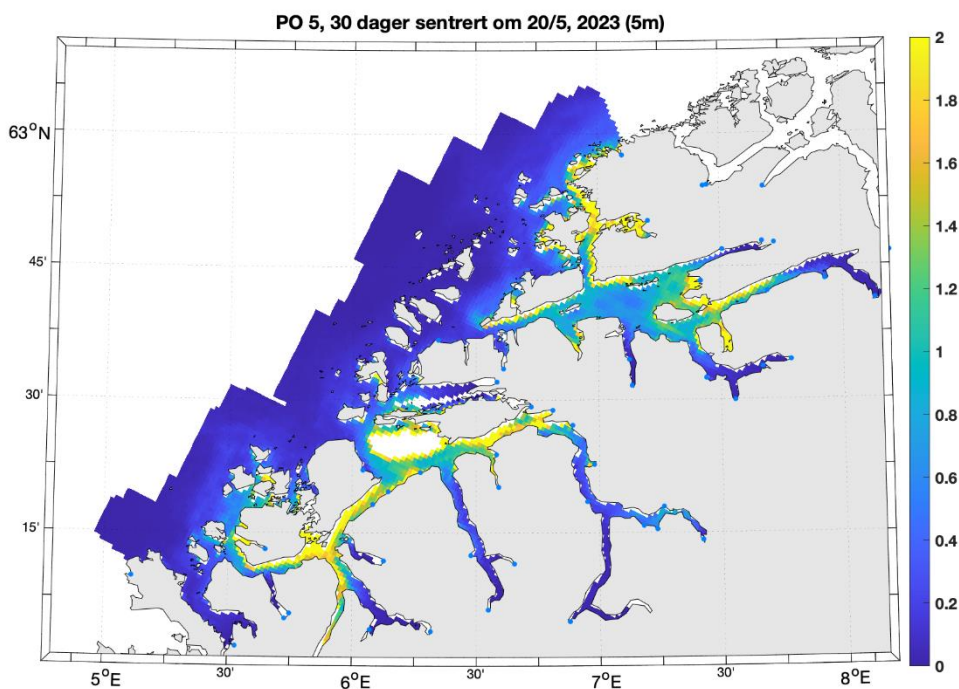
å modellere smittedynamikken. Ettersom man har lite overvåkingsdata i disse områdene, hvor det også er estimert høy dødelighet, vil dette gjøre vurderingene usikre.



**Figur 40.** Produksjonsområde 5. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (skravert blått). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 41.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 5 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett rød linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandringstidspunkt for laksesmolt (20/5) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringstidspunktet. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst og sjørret ruse).



**Figur 42.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 5 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Trålfangst:* Tråldata fra Romsdalsfjorden indikerer høy lakselusrelatert dødelighet første uken (lav  $N$ ), og økende fra lav til høy de tre siste ukene (lav  $N$  siste uken). For tråleperioden som helhet estimeres moderat dødelighet (23 [17-30] %). Når elvene ble inndelt i regioner, er estimert dødelighet for elvene fra nordsiden høy, mens for elvene i de sørlige og østre deler estimeres moderat dødelighet. Tråldata støtter derfor en kategorisering i moderat lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten vurderes som stor selv om fangstdata kan indikere at trålperioden har vært relativt dekkende for smoltutvandringen er antall fanget fisk relativt lav gjennom hele perioden, og i tillegg tråles det ikke i Storfjorden hvor smittekartene indikerer høyere smittepress enn i Romsdalsfjorden.

*Sjørret ruser:* Ruse og garnfangst av sjørret i 2023 indikerte høyt smittepress i ytre deler av Romsdalsfjorden, både på den sørlige delen (Vatnefjorden ukene 22-27) og i den nordlige delen (Frænfjorden uke 23 og 25). Det estimeres også høy lakselusrelatert dødelighet ytterst i Storfjorden (Ørsta) ukene 23 og 25. Data fra ruse og garnfangst støtter derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Siden midtpunkt for utvandring i dette området er estimert til uke 20, er tidsrommet for undersøkelsene i Vatnefjorden dekkende for utvandringen, mens Ørsta og Frænfjorden dekker fra omtrent midtpunkt for utvandring. Smittekartene indikerer høyt smittepress i store deler av området, og øker på slutten av utvandringsperioden. Usikkerheten vurderes som middels, basert på begrenset antall stasjoner i Romsdalsfjorden og det bare undersøkt en stasjon i Storfjordsystemet.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er moderat i store deler av området i 2023 (Figur 15 i Vedlegg IV), og laksesmolten som vandret ut fra elvene ble trolig påvirket i moderat grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (23 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandring (17 % – 35 % i løpet av to uker) og krysser grensen til kategorien høy noen dager etter antatt midtpunkt for utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, med middels usikkerhet.

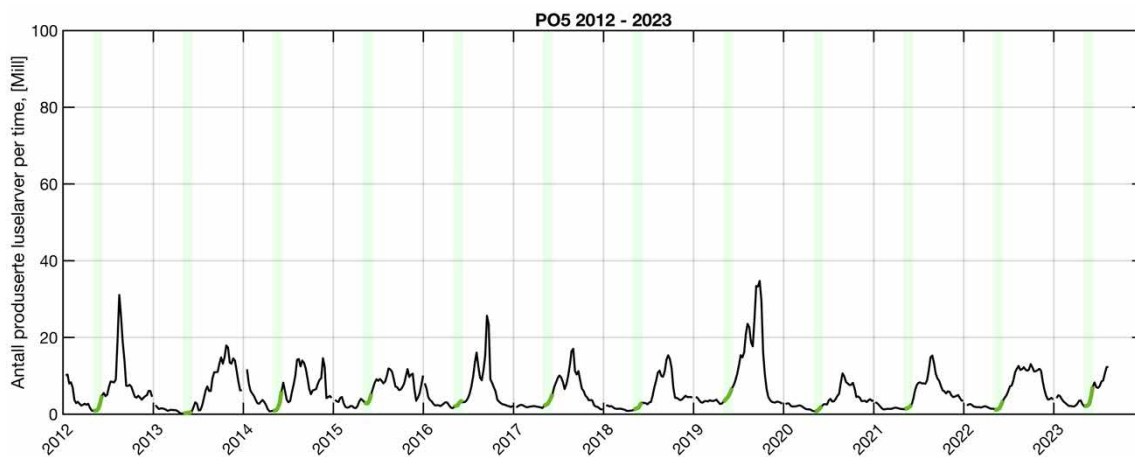
*HI VPS:* Produksjonsområde 5 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2023 (Figur 16 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten er kategorisert som moderat både med gjennomsnittlig og områdekorrigert påslagsrate. Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 59 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som moderat i 9 av 12 år. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som høy for fisk med antatt lav toleranse for lakselus. Estimert dødelighet blir kategorisert som moderat for tidlig og sent utvandrende fisk. Usikkerheten til kategoriseringen i PO5 er derfor vurdert som middels.

*VI VPS:* Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 15 % og dermed i moderat kategori (Figur 10 i Vedlegg V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var på grensen mellom moderat og lav kategori. 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». 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 POet. Konklusjonen om moderat dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, mens en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori. For ingen av bestandene var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori, men dersom vi legger justert dødelighet til grunn, var 3 bestander i høy kategori (Tabell 6 og Figur 10 i Vedlegg V). Blant disse var det ett vassdrag som både hadde dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale og var klassifisert blant små og sårbare bestander (Eira) og ett vassdrag under reetablering (Isavassdraget).

SINTEF VPS: Uvektet gjennomsnitt ga 10,1 % lakselusindusert dødelighet som gir moderat påvirkning av luseindusert dødelighet på alle postsmoltbestander hjemhørende i PO5. Det er stor variasjon fra ingen påvirkning (0 % dødelighet) til høy påvirkning (4 elver innenfor høy påvirkning). Estimatenes er noe sensitiv til både utvandringstid og tålegrense (varierer mellom lav og middelspåvirkning) og usikkerheten vurderes til å være middels.

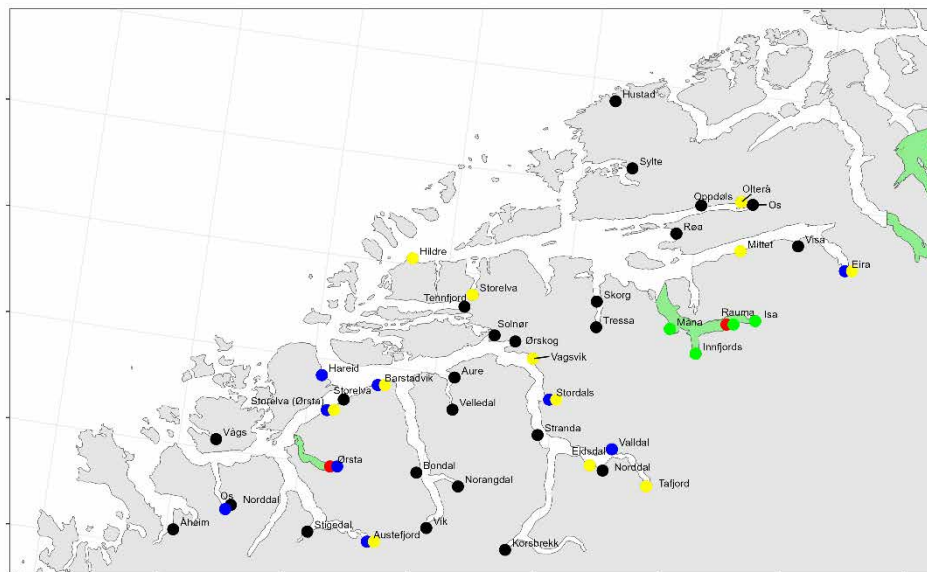
### Tidstrend i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2023, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 43), med lavere utslipp i 2020-2021 enn 2019.



**Figur 43.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 5) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika



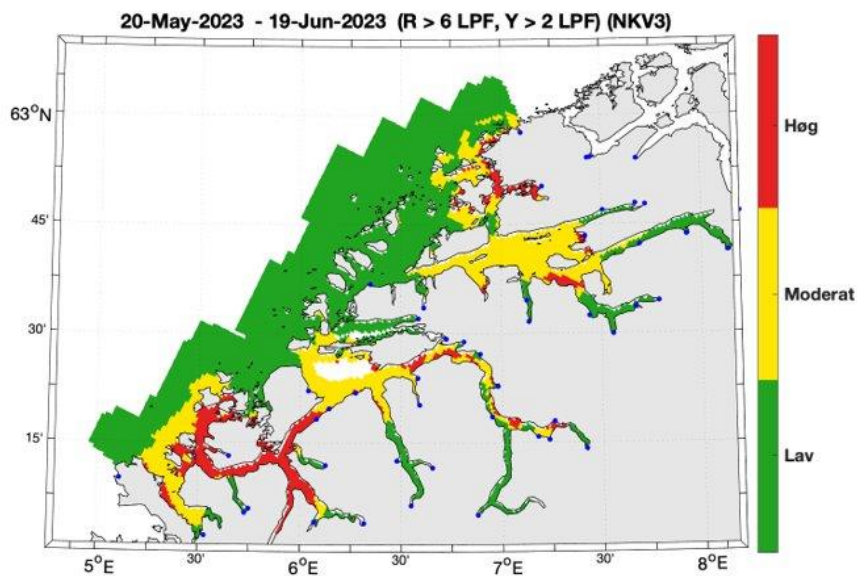
**Figur 44.** Lakseførende elver i produksjonsområde 5 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensial (blå), elver under reetablering fra forurening eller *Gyrodactylus salaris* (grønn) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 44):

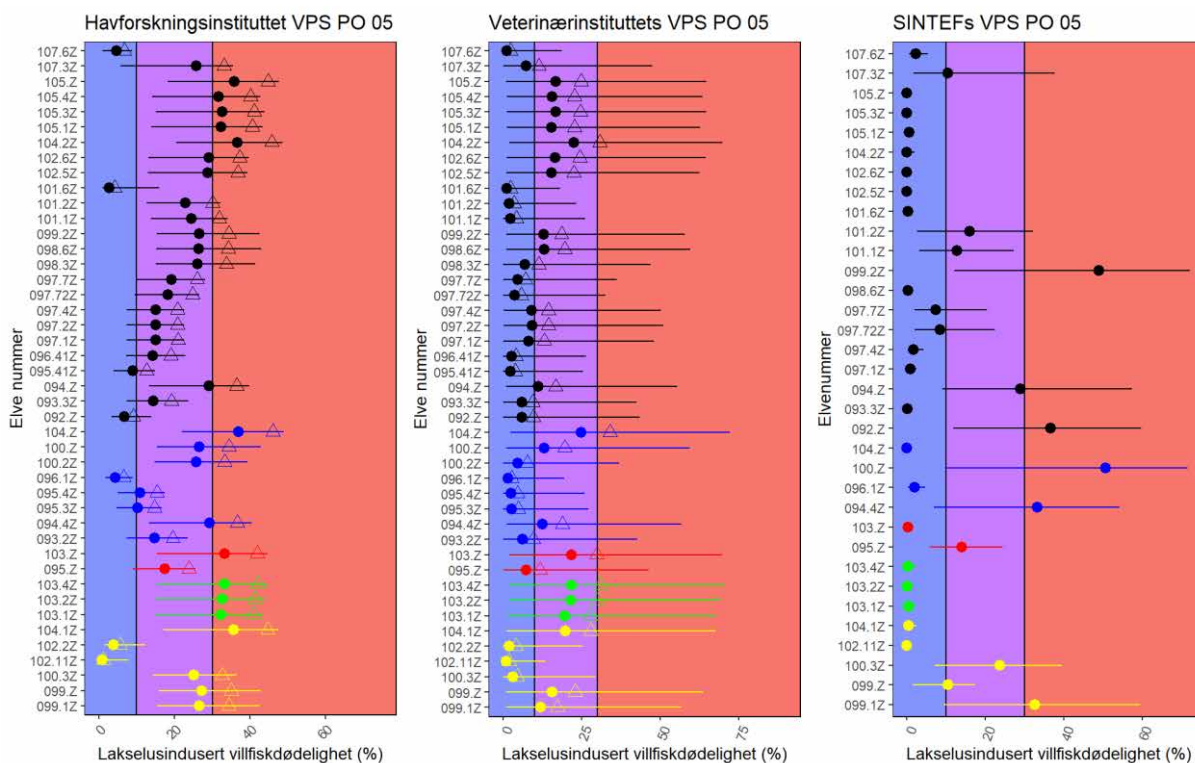
- *Nasjonale laksevassdrag:* Produksjonsområdet har to nasjonale laksevassdrag, Ørsta på Sunnmøre og Rauma i Romsdalen.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Ni bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand. Åtte av disse ligger i eller rundt Storfjorden på Sunnmøre (Oselva, Austefjord, Hareid, Ørsta, Storelva, Barstad, Stordalselva og Valldalselva) og en i Romsdalsfjorden (Eira).
- *Små og/eller sårbare bestander:* Tolv vassdrag er kategorisert som små og/eller sårbare. Syv av disse ligger i eller rundt Storfjorden (Austefjord, Storelva, Barstad, Vagsvikelva, Stordalselva, Nordalselva og Tafjord) og fem ligger i nærheten av eller utenfor Romsdalsfjorden (Hildre, Storelva, Os, Mittetelva og Eira).
- *Bestander under reetablering:* Fire vassdrag (Måna, Isa, Innfjord, Rauma) har bestander under reetablering etter behandling mot *Gyrodactylus salaris*. Alle vassdragene er innerst i Isfjorden, Romsdal.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO5 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 45). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er stor variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 46). PO5 blir derfor vurdert videre for heterogenitet.



**Figur 45.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO5 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 46.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO5 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet og SINTEF viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller *Gyrodactylus salaris* (grønne), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier. Havforskningsinstituttets og Veterinærinstituttets modell viser dødelighet forventet fra smittepress (sirkler) og dødelighet justert til årets observasjoner av lus på postsmolt (markert med trekant).

### Resultater heterogenitetsanalyse 2023

Havforskningsinstituttets og VIs, men ikke SINTEFs, VPS-modell indikerer i gjennomsnitt høyere dødelighet for nasjonale laksevassdrag og bestander under reetablering. SINTEFs modell viser derimot høyere dødelighet for bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, og små og sårbare bestander (Tabell 8). Havforskningsinstituttets modell viser dødelighet over 30 % for 1 av 2 nasjonale laksevassdrag, 1 av 9 bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, 3 av 12 små og sårbare bestander og alle 4 bestander under reetablering (Figur 46). Dersom områdekorrigerte dødelighetsestimater legges til grunn, er antallet bestander med dødelighet over 30 % høyere. SINTEFs modell viser dødelighet over 30 % for 2 bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og 2 små og sårbare bestander. Veterinærinstituttets dødelighetsestimater uten områdejustering er under 30 % for alle bestander, men med områdejustering er dødeligheten over 30 % for 1 bestand i hver av kategoriene nasjonale laksevassdrag, gytebestandsmål/høstingspotensiale og små og sårbare bestander.

**Tabell 8.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 5 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	44	22 (29)	10 (15)	10 N = 34	23 [17-30]
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	2	25 (33)	15 (21)	7	Ikke data
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	9	20 (26)	8 (13)	20 N = 5	Ikke data
<b>Små og/eller sårbare</b>	12	22 (28)	10 (14)	13 N = 8	Ikke data
<b>Under reetablering</b>	4	33 (42)	21 (30)	<1	Ikke data

### Tråldata

Da det ikke er trålt i Storfjordssystemet er det ikke mulig å beregne gjennomsnittlig dødelighet for noen av de fire kategoriene av sårbare og viktige bestander.

Av de to nasjonale laksevassdragene er det ikke fanget postsmolt fra Ørsta og kun 1 fra Rauma. Det er ikke trålt i Storfjord, og det er heller ikke data tilgjengelig fra de nærliggende elvene til Rauma, og det er derfor ikke mulig å vurdere om enkeltelver er i høyere kategori enn området. Av de 9 bestandene i kategorien gytebestandsmål og høstingspotensial er det bare data fra Eira i Romsdalsfjordssystemet (n=5, 48 [8-84] %). Grunnet lavt antall er estimatet heftet med stor usikkerhet, men indikere at en av elvene kan ha høyere dødelighet enn for området som helhet. Av de 12 vassdragene i kategorien små og/eller sårbare, er 7 av disse i Storfjorden hvor det ikke er trålt. Av de øvrige elvene er det bare data fra Eira (n=5, 48 [8-84] %). Grunnet lavt antall er



estimatet heftet med stor usikkerhet, men indikere at en av elvene kan ha høyere dødelighet enn for området som helhet.

Det er ikke fanget postsmolt fra noen av de fire bestandene under reetablering.

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 30 %. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 30 % i gjennomsnitt. I en eller flere av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 30 % for et *nasjonalt laksevassdrag*, for enkelte bestander med *dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale*, for enkelte *små og sårbare bestander* og for *bestander under reetablering*. Dette er også tilfelle for områdejusterte estimater.

## 5.5.6 Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

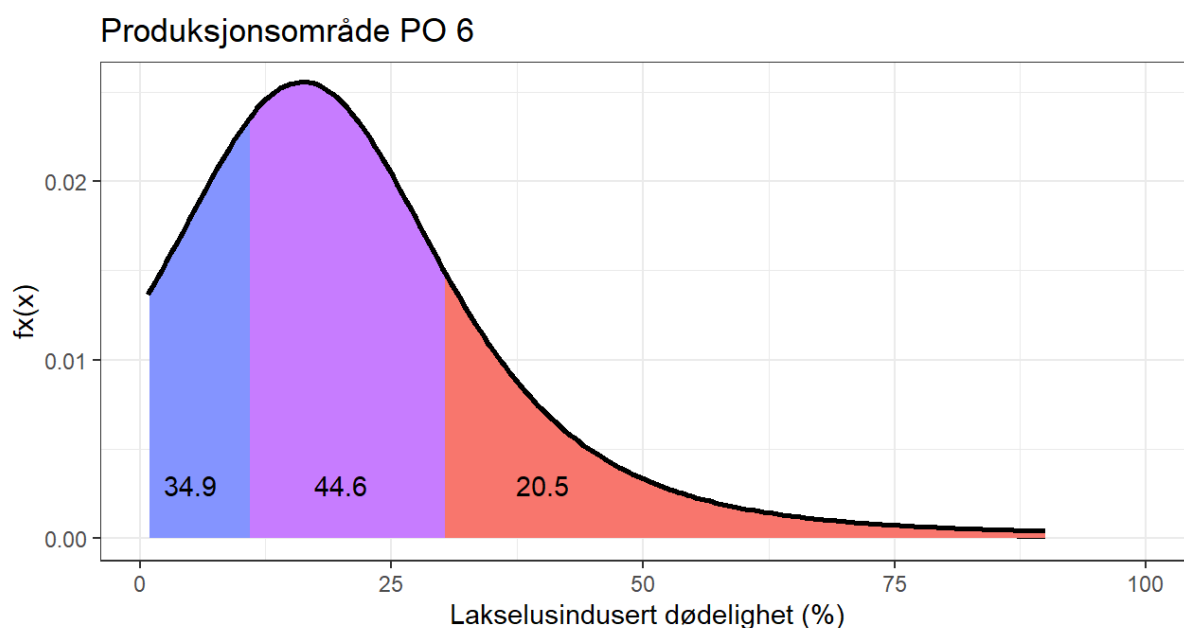
### Hovedkonklusjon: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

#### Kategorisering i 2023 (Figur 47):

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023. Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

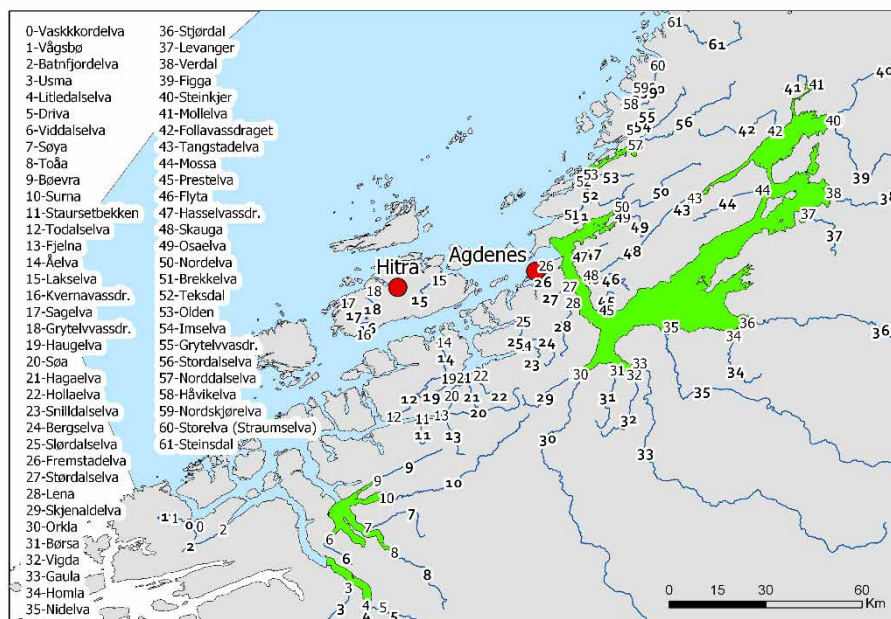
Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

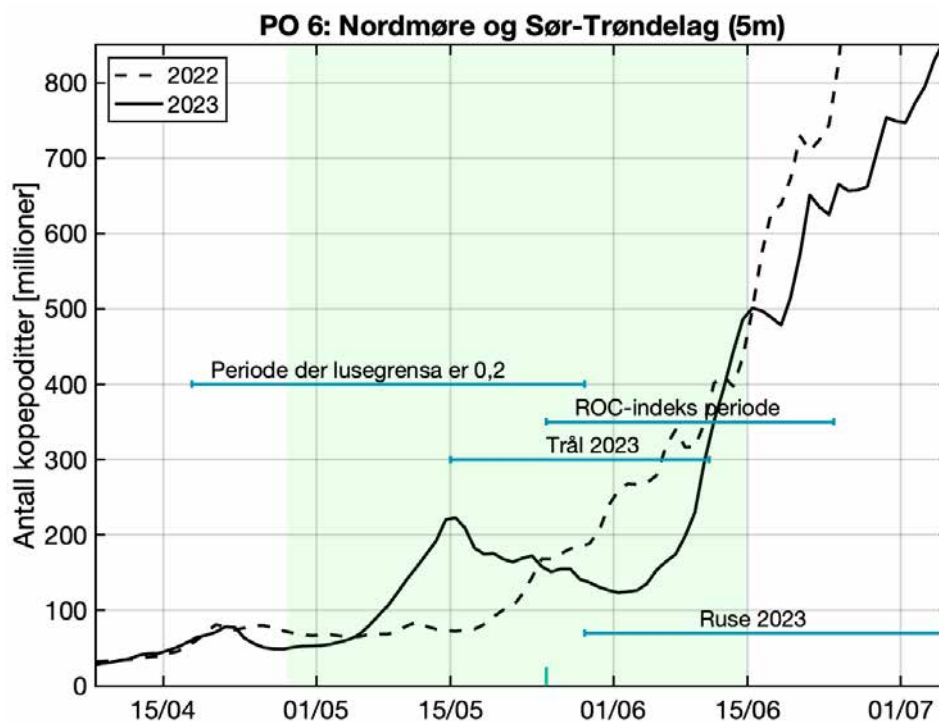


**Figur 47.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at 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.

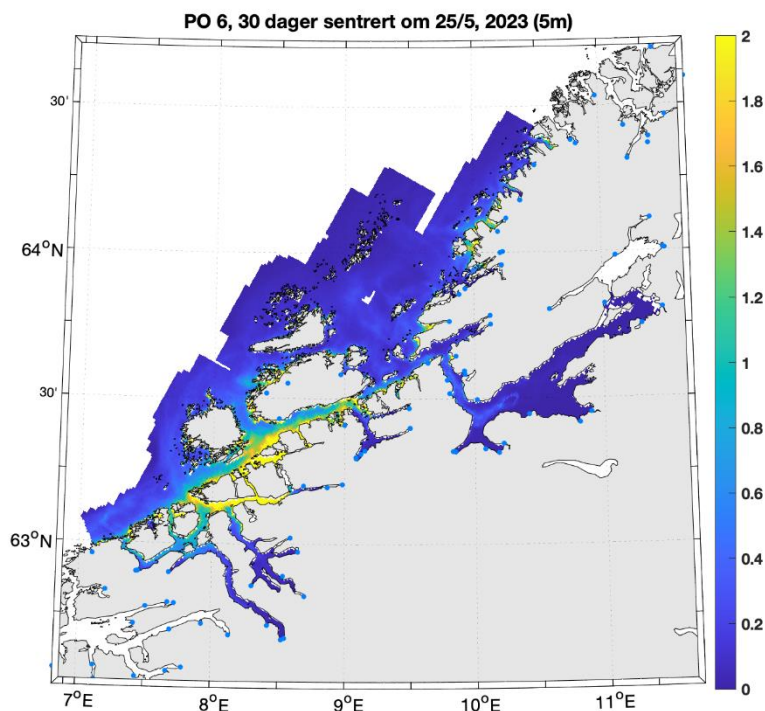
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra SINTEFs VPS-modell indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet (**8 %**), mens HI og VIs VPS-modeller indikerer moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (**18 og 12 %**). Det er ingen områdejustert dødelighet i dette området ettersom det verken er tråldata eller bur. Smittepresset i området er spesielt høyt i sør i dette POet og er økende i løpet av utvandningsperioden, noe som reflekteres i høyere påvirkning i de modellkjøringene hvor smolten vandrer ut sent. Gruppen har imidlertid lagt vekt på at utvandningsforløpet i den ene elven man har data fra er i henhold til det forventede utvandningsforløpet. Resultatene fra overvåkningsdata avviker noe fra modellresultatene, og indikerer høyt smittepress på sjørret ved Agdenes. Lavere påslag på sjørret ved Hitra stemmer bedre overens med smittepresset. Overvåkningsdata fra området ansees som **usikre** ettersom det kun er to sjørretruser. Gruppen påpeker at det ofte er lite lus på laksesmolt som tråles i utløpet fra Trondheimsfjorden, og at dette i år med tråldata ofte fører til nedjustering av påslag. Gruppen har lagt vekt på dette i vurderingen av usikkerhet.



**Figur 48.** Produksjonsområde 6. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 49.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 6 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukket) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandingsperiode for laksesmolt (25/5) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandingsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (trålfangst og sjørretet ruse).



**Figur 50.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden i 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjørret ruser:* Data fra ruse og garnfangst fra like etter smoltutvandringen av laks indikerer høy lakselusrelatert dødelighet for sjørret fanget ved Agdenes alle ukene 22-27, moderat ved Hitra både uke 23 og 26. Undersøkelsene ved Agdenes startet uken etter midtpunkt for utvandring, og anses relativt dekkende for utvandringsperioden for laksen fra Trondheimsfjorden, mens stasjonen på Hitra er undersøkt 2 uker etter estimert median utvandring og vil derfor dekke fra omtrent en uke før midtpunkt for utvandring. Smittekartene sentrert rundt midtpunkt for utvandring viser høyest tetthet av kopepoditter i de sørlige delene av området, og at tettheten øker i utvandringsperioden for laks. Rusedata fra Agdenes avviker noe fra smittekartene, mens smittepresset på nordsiden av Hitra er lavere og mer i samsvar med smittepresset. 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 området med høyest tetthet av lakselus på Nordmøre.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i områdene rundt utløpet av Trondheimsfjorden i 2023 (Figur 18 i Vedlegg IV), og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i moderat til stor grad. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (18 %). Indeksen varierer mye rundt midtpunktet for utvandring (11 % – 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 VPS:* Produksjonsområde 6 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus (Figur 19 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 65 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som moderat hvert år siden 2014. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sen utvandrende fisk og for fisk med høyere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO6 er derfor vurdert som liten.

*VI VPS:* Gjennomsnittlig forventet lakselusindusert dødelighet basert på smittepresset var 12 % og dermed i moderat kategori (Figur 11 i Vedlegg V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, er 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. Usikkerhetsnivået vurderes dermed til «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 utfra smittepresset alene.

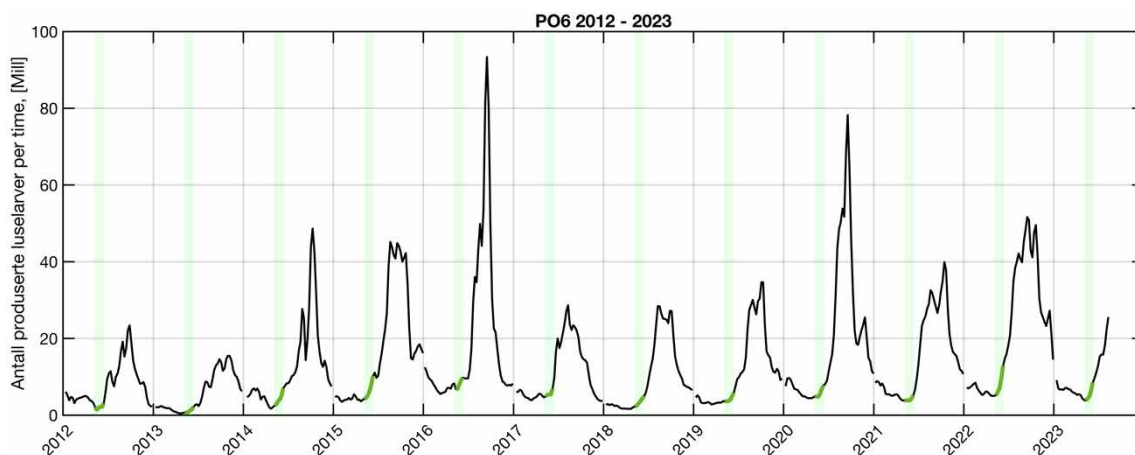
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Konklusjonen om moderat dødelighet var sensitiv til antakelsene om utvandringstid og tålegrense, der 10 dagers forskyvning av utvandringen eller en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.

Ingen bestander hadde dødelighetsestimater i høy kategori, mens omtrent halvparten av bestandene hadde estimater i lav og halvparten i moderat kategori (Tabell 7 og Figur 11 i Vedlegg V). Blant bestandene i moderat dødelighetskategori, var det 7 nasjonale laksevassdrag, 6 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale, 14 små og sårbare bestander og 2 bestander under reetablering.

*SINTEF VPS:* Uvektet gjennomsnitt var 8,3 % som gir lav påvirkning. Modellen viser lav påvirkning for postsmolt fra elver hjemhørende nord i POet inkludert Trondheimsfjorden. I den sørligste delen er det stor variasjon i estimatene (fra lav til høy påvirkning). Sensitivitet gir variasjon mellom lav og moderat kategori for både tålegrense og utvandringstid. Usikkerhet vurderes dermed til middels.

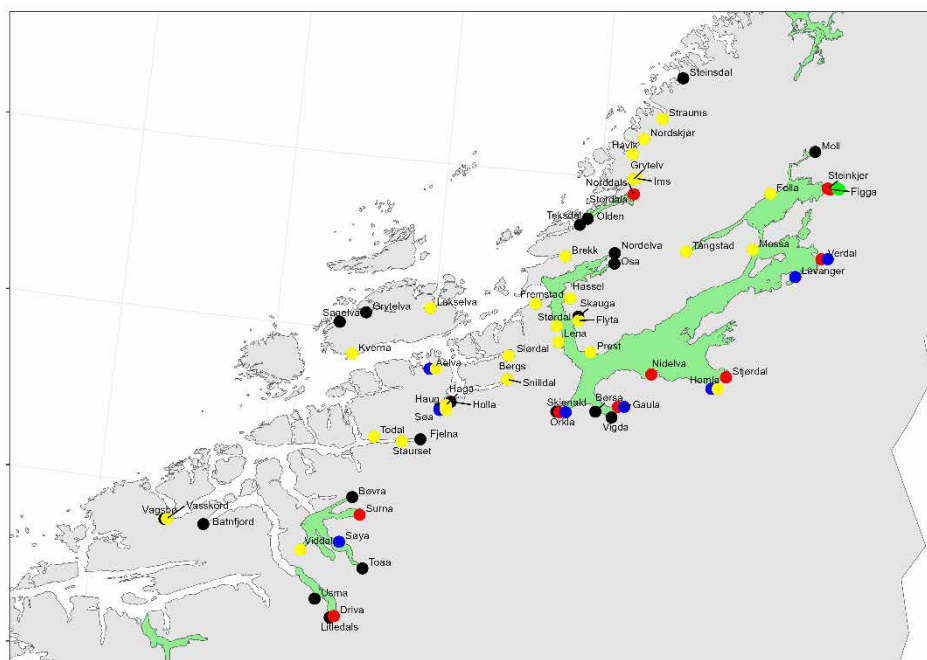
## Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser relativt lik årlig utvikling fra 2012 til 2023, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen (Figur 51). Det er også viktig å merke seg at 2016 og 2020 hadde en spesielt kraftig økning i luselarver i juli.



**Figur 51.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 6) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag



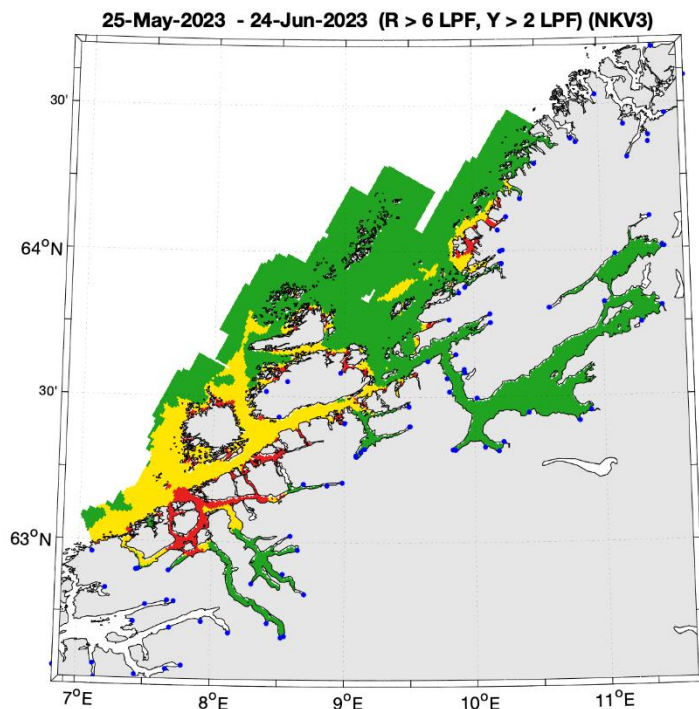
**Figur 52.** Lakseførende elver i produksjonsområde 6 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver under reetablering fra forurening eller *Gyrodactylus salaris* (grønn) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 52):

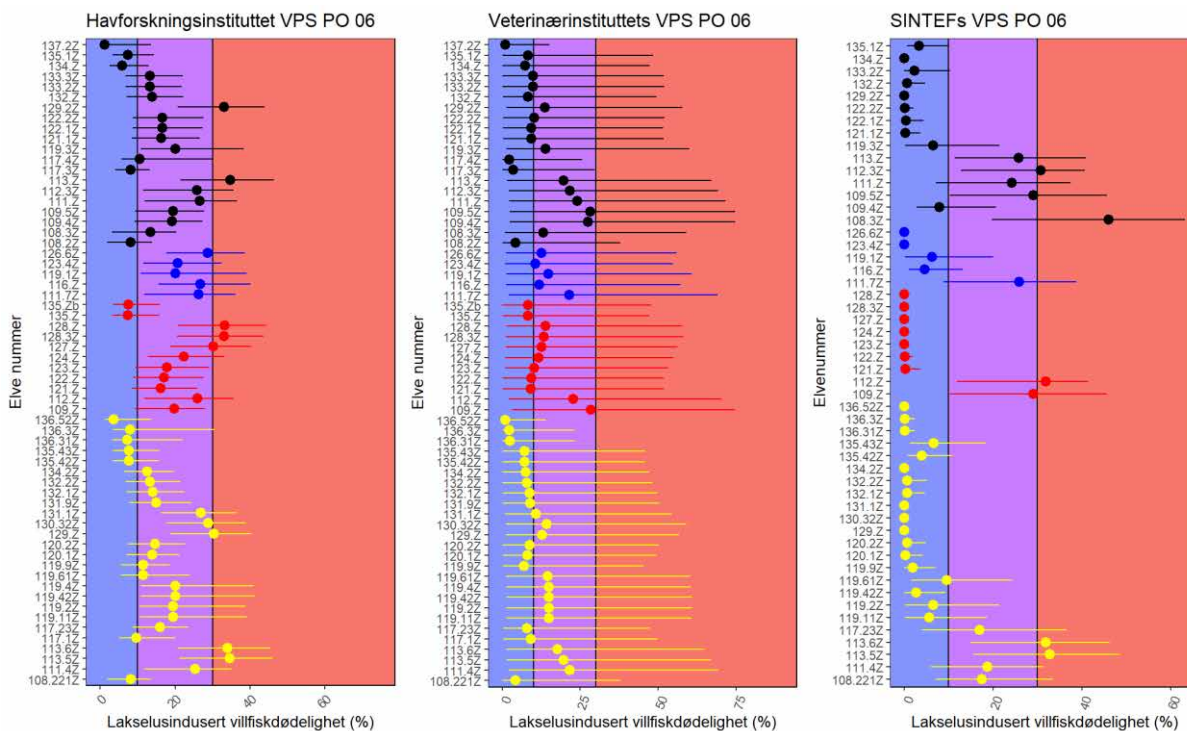
- *Nasjonale laksevassdrag:* Produksjonsområdet har 11 nasjonale laksevassdrag. To er i Møre og Romsdal (Driva og Surna), de andre i Trøndelag (Orkla, Gaula, Nidelva, Stjørdalselva, Verdalselva, Figga, Steinkjervassdraget, Stordalselva) og Nordalselva i Åfjord.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Åtte bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand. Fem av disse er i Trondheimsfjorden.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Denne kategorien inkluderer 29 bestander, spredt over store deler av POet.
- *Bestander under reetablering:* To bestander er under reetablering, Figga og Steinkjervassdraget. Begge bestandene er fra vassdrag innerst i Trondheimsfjorden.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO6 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 53). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er stor variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 54). Produksjonsområde 6 er derfor vurdert videre for heterogenitet.



**Figur 53.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittpress i PO6 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 54.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO6 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet og SINTEF viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller *Gyrodactylus salaris* (grønne), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier. Havforskningsinstituttets og Veterinærinstituttets modell viser dødelighet forventet fra smittepress (sirkler) og dødelighet justert til årets observasjoner av lus på postsmolt (markert med trekant).



### Resultater heterogenitetsanalyse 2023

Havforskningsinstituttets og VIs, men ikke SINTEFs, VPS-modell indikerer i gjennomsnitt høyere dødelighet for nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og bestander under reetablering (Tabell 9). Havforskningsinstituttets modell viser dødelighet over 30 % for 3 av 10 nasjonale laksevassdrag, 1 av 8 bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, 3 av 29 små og sårbare bestander og 2 av 2 bestander under reetablering (Figur 54). SINTEFs modell viser dødelighet over 30 % for 1 nasjonalt laksevassdrag og 2 små og sårbare bestander. Veterinærinstituttets dødelighetsestimater er under 30 % for alle bestander.

**Tabell 9.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 6 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	62	18	12	8 N = 52	Ikke data
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	10	22	14	7 N = 9	
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	8	23	13	5	
<b>Små og/eller sårbare</b>	29	17	11	6 N = 26	
<b>Under reetablering</b>	2	33	14	<1	

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 30%. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 30% i gjennomsnitt. I en eller flere av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 30 % for ett eller flere nasjonale laksevassdrag, for enkelte bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, for enkelte små og sårbare bestander og for bestander under reetablering.

## 5.5.7 Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

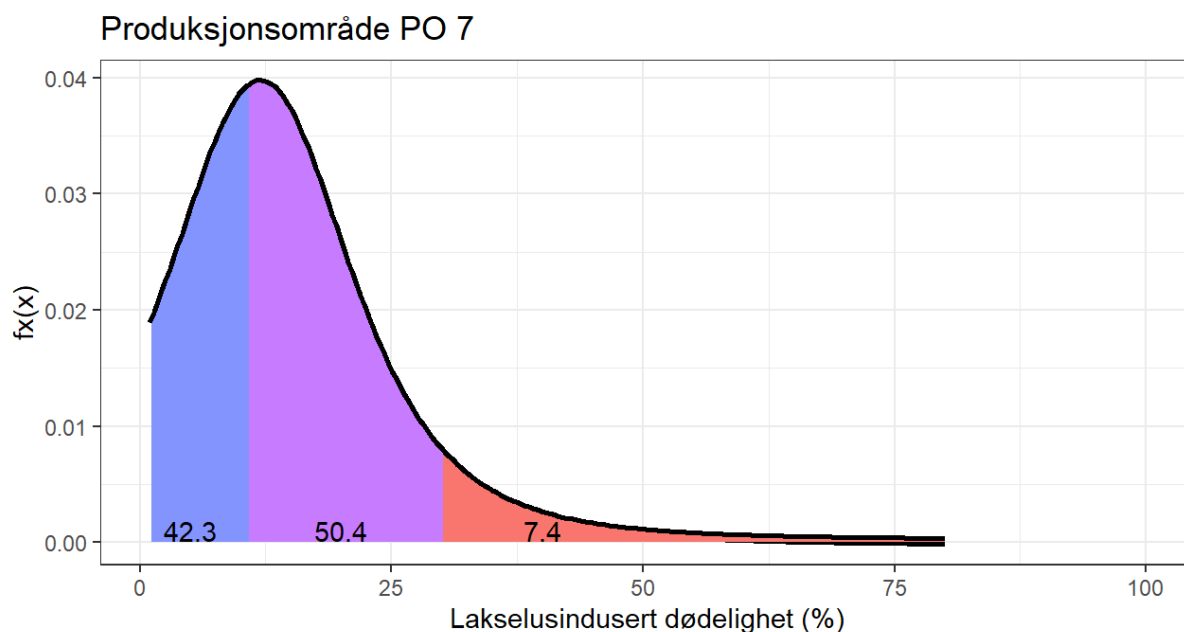
**Hovedkonklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

### Kategorisering i 2023 (Figur 55):

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023. Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

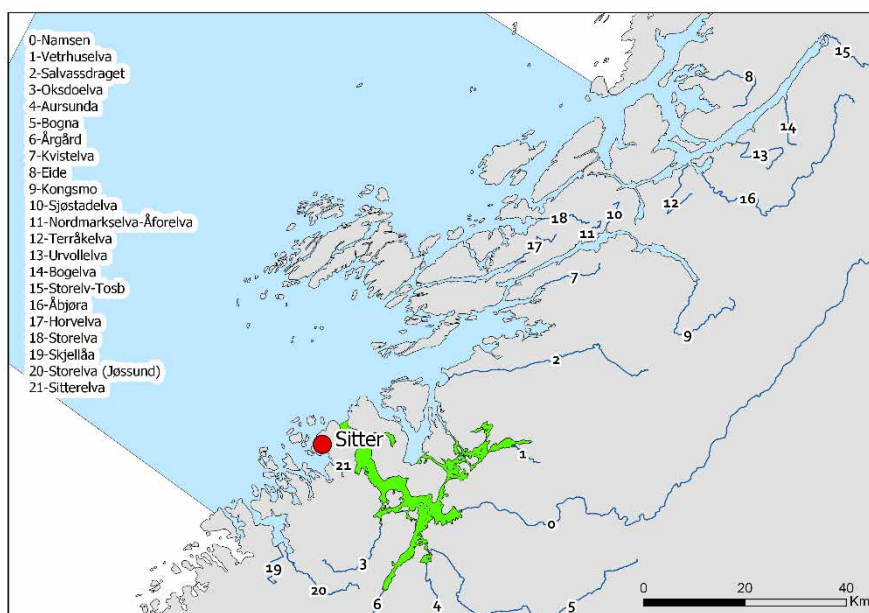
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

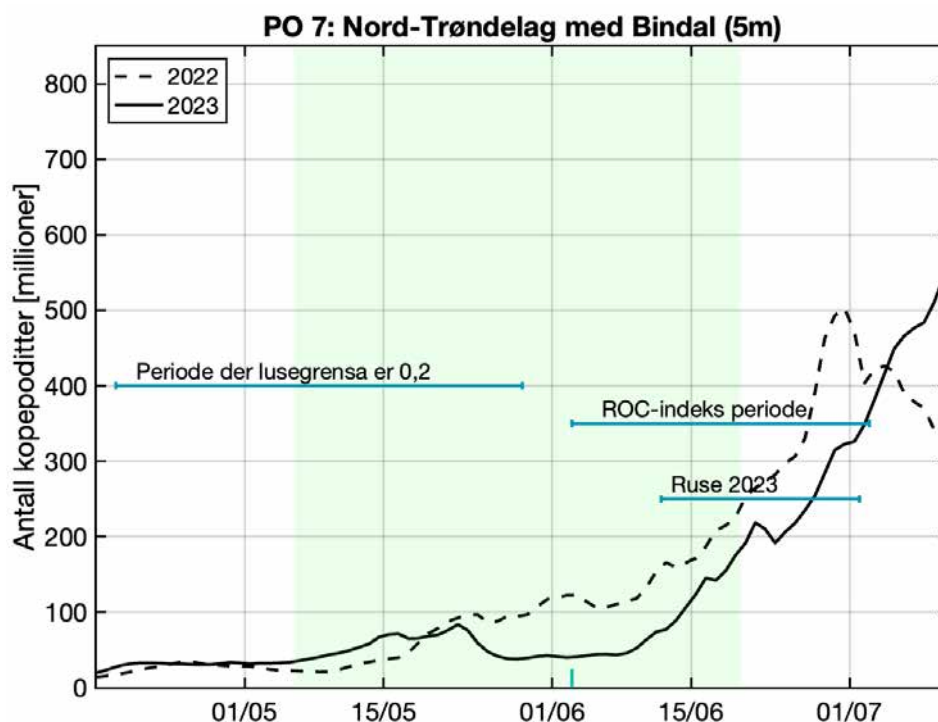


**Figur 55.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at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

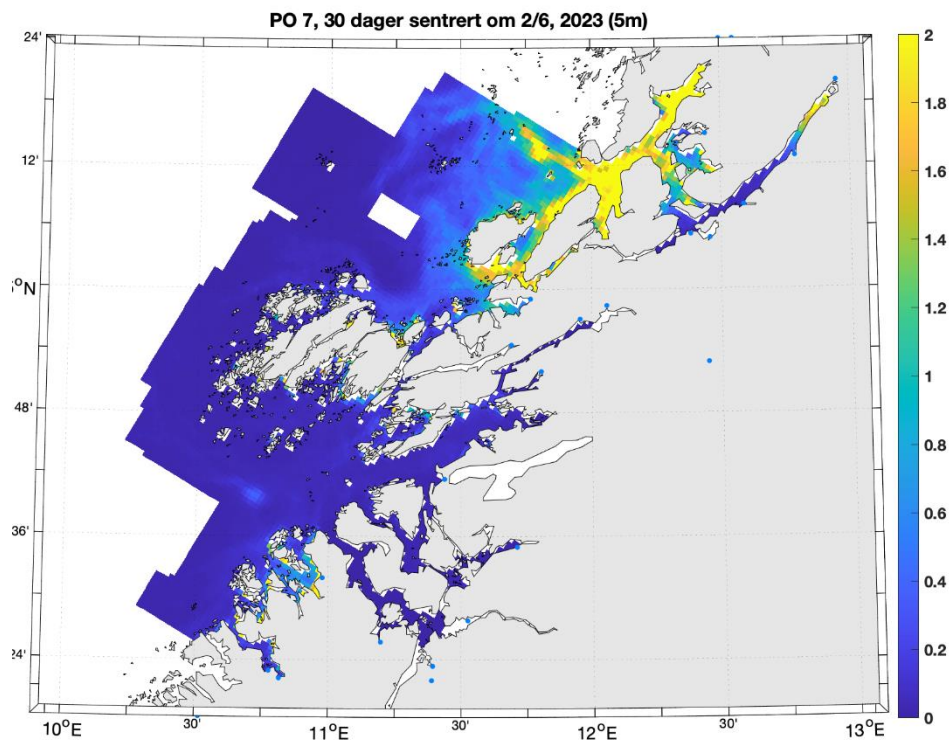
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra SINTEFs og VIs VPS indikerer begge lav lakselusindusert villfiskdødelighet (9 og 9 %) mens HIs VPS-modell indikerer moderat lakselusindusert villfiskdødelighet (13 %). Det er ingen områdejustert dødelighet i dette området ettersom det verken er tråldata eller bur. Smittepresset i området er spesielt høyt nord for Vikna og er økende i løpet av sesongen, noe som reflekteres i høyere påvirkning i modellkjøringer der smolten vandrer sent. Det er imidlertid ingen data for å vurdere om laksen i området vandret senere enn forventet. Overvåkningsdata er kun tilgjengelig fra en stasjon ved Sitter. Her virker påslagene til å stemme overens med smittepresset med relativt lavt påslag. Overvåkningsdata fra området ansees som svært mangelfulle, og derfor svært usikre. Gruppen påpeker at dette er et område hvor det er knyttet stor usikkerhet på grunn av at påvirkningen vil avhenge av hvor postsmolten faktisk vandrer relativt til området med høyest smittepress.



**Figur 56.** Produksjonsområde 7. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjoner (røde sirkler). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 57.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 7 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukket) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelværdi av midtpunkt for utvandingsperiode for laksesmolt (2/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandingsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørrret ruse).



**Figur 58.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 7 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjørøret ruser:* Sitter ble undersøkt med garn/ruse uke 24 og 26. Data indikerer moderat lakselusindusert dødelighet uke 24, høy uke 26. Stasjonen ble overvåket fra ca. 2 uker etter estimert dato for utvandring og anses dekkende fra 1-2 uker før dette. Påslagene uke 24 er dominert av fastsittende lus. De fastsittende stadiene uke 26 er dekkende for sent utvandrende smolt. Smittepresskartene indikerer at høyest tetthet av lakselus er nord for Vikna. Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i moderat lakselusindusert dødelighet. Da det bare er en stasjon i området som ikke dekker området med høyest tetthet av lakselus, anser vi at kategoriseringen har stor usikkerhet.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt nord for Vikna og lavt sør for Vikna i 2023 (Figur 21 i Vedlegg IV). Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (24 %). Samlet ROC-indeks for hele PO7 er økende gjennom utvandringsperioden, fra kategorien moderat til høy (16 % – 34 %) i løpet av de to ukene rundt antatt midtpunkt for utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, med middels usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 7 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2023 (Figur 22 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 5% av elvene har samme kategorisering som for hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som moderat i 7 av 12 år. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat også for tidlig og sen utvandrende fisk samt for fisk med lav toleranse for lakselus. Den estimerte dødeligheten for fisk med høy toleranse for lakselus er kategorisert som lav i 2023. Usikkerheten til kategoriseringen i PO7 er derfor vurdert som middels.

*VI VPS:* Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 9 % og dermed i lav kategori (Figur 12 i Vedlegg V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette POet fra 2023, er det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerheten settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke».

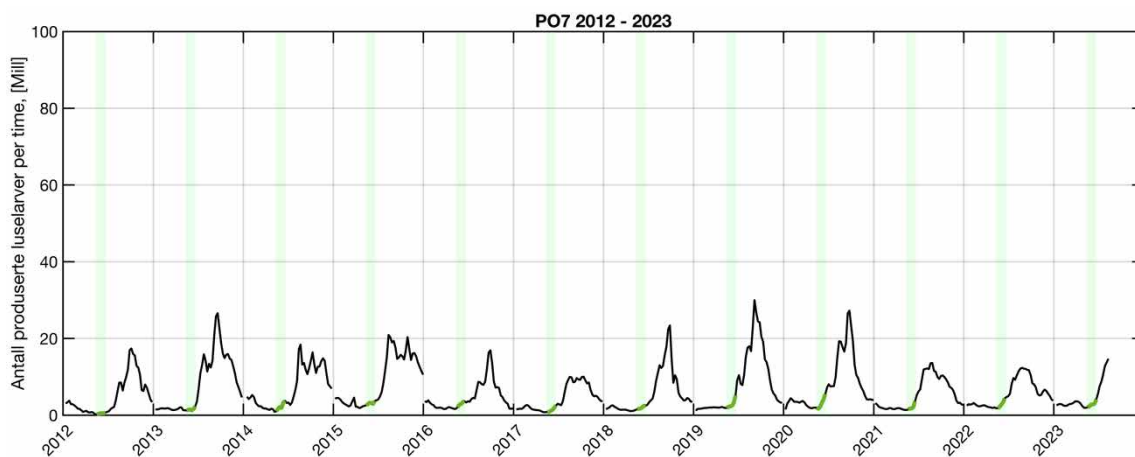
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Sensitivitetsanalysene viste at 10 dagers forskyvning av utvandringstiden eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 22 vassdragene, hadde 8 dødelighetsanslag i moderat kategori (Tabell 8 og Figur 12 i Vedlegg V). Dette inkluderte 2 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale (Storelva-Tosbotnet og Eide) og 3 små og sårbare bestander (Storelva, Terråkelva og Urvollelva). I gjennomsnitt var dødeligheten for bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale i moderat kategori.

*SINTEF VPS:* Uvektet gjennomsnitt av dødelighet var 8,7 % som gir en lav påvirkning. Modellresultatene viser generelt lav påvirkning av luseindusert dødelighet for bestander fra elver sør for Vikna. Modellresultatene viser høyest resultat for bestandene som er hjemhørende nord i POet med 3 elver med estimat innenfor høy påvirkning. Sensitivitet gir variasjon mellom lav og moderat kategori for både tålegrense og utvandringstid. Usikkerhet vurderes dermed til middels.

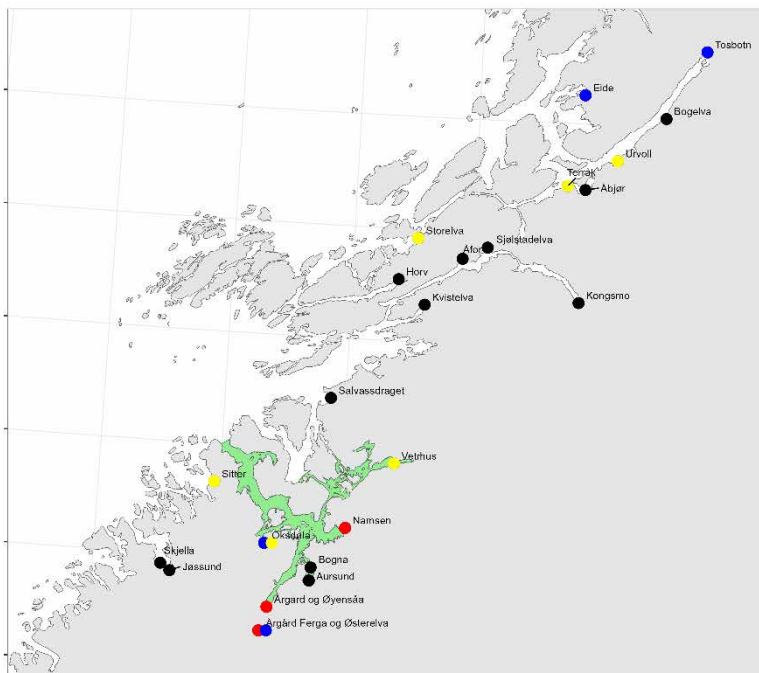
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 59). I 2021 og 2022 var beregnet antall lus noe lavere enn de tre foregående årene.



**Figur 59.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 7) 2021-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal



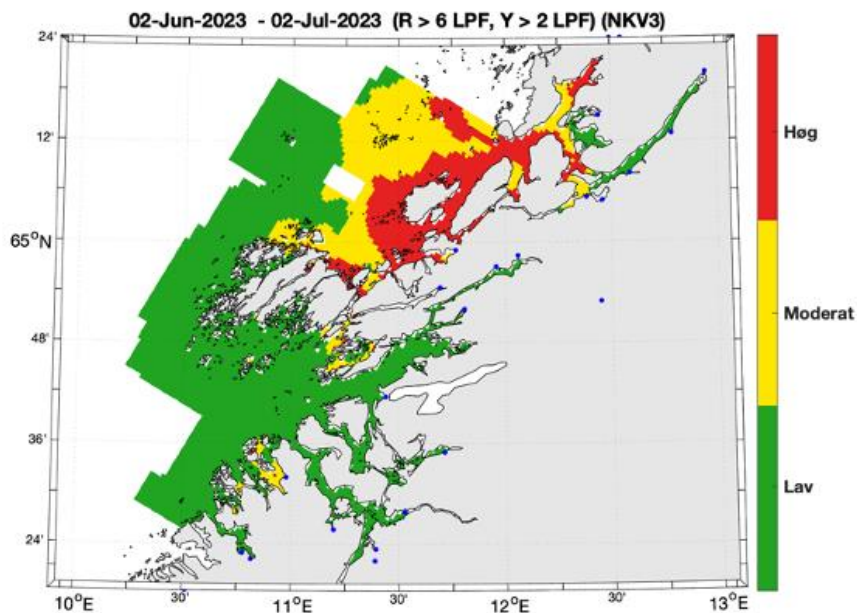
**Figur 60.** Lakseførende elver i produksjonsområde 7 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Den nasjonale laksefjorden er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 60):

- *Nasjonale laksevassdrag:* Produksjonsområdet har to nasjonale laksevassdrag, Årgårdsvassdraget og Namsen, begge i den sørlige delen av produksjonsområdet.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Fire bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand. Dette gjelder Oksdøla og deler av Årgårdsvassdraget i sør (Årgård Ferga og Østerelva) og Tosbotnelva og Eidevassdraget i nord.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Seks bestander er kategorisert som små og/eller sårbare. Dette gjelder tre bestander i sør (Sitterelva, Oksdøla og Vethuselva) og tre lenger nord (Storelva, Terråkelva, Urvollvassdraget).
- *Bestander under reetablering:* Ingen bestander er under reetablering.

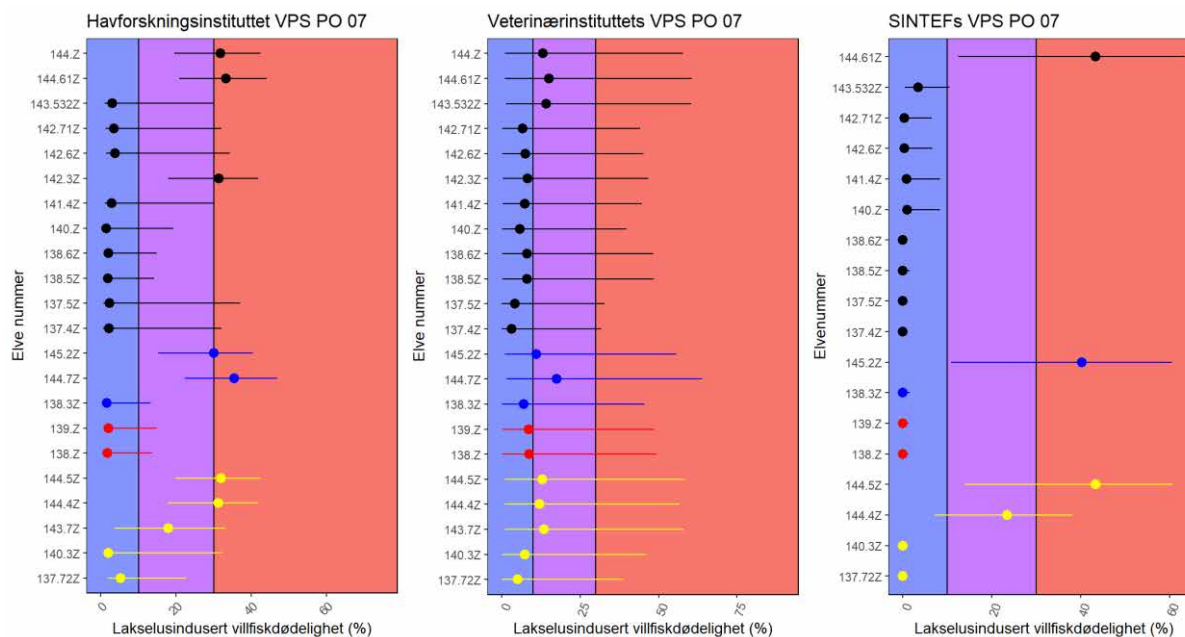
### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO7 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 61). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 62). Produksjonsområde 7 er derfor vurdert for heterogenitet.



**Figur 61.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepess i PO7 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).





**Figur 62.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO7 estimert ved bruk av virtuelle-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet og SINTEF viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (NLV, røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i figuren. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

### Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Alle tre VPS-modeller indikerer i gjennomsnitt høyere dødelighet for bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og for små og sårbare bestander (Tabell 10). Havforskningsinstituttets og SINTEFs modeller viser dødelighet over 30 % for henholdsvis 2 og 1 bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og for henholdsvis 2 og 1 små og sårbare bestander (Figur 62). Veterinærinstituttets dødelighetsestimater er under 30 % for alle bestander.

**Tabell 10.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 7 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	22	13	9	9 N = 18	Ikke data
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	2	2	9	<1	
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	3	22	12	20 N = 2	
<b>Små og/eller sårbare</b>	6	15	10	13 N = 5	
<b>Under reetablering</b>	0				

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 30 %. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 30 % i gjennomsnitt. I en eller flere av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 30 % for enkelte bestander med *dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale* og for enkelte *små og sårbare bestander*.

## 5.5.8 Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

**Hovedkonklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

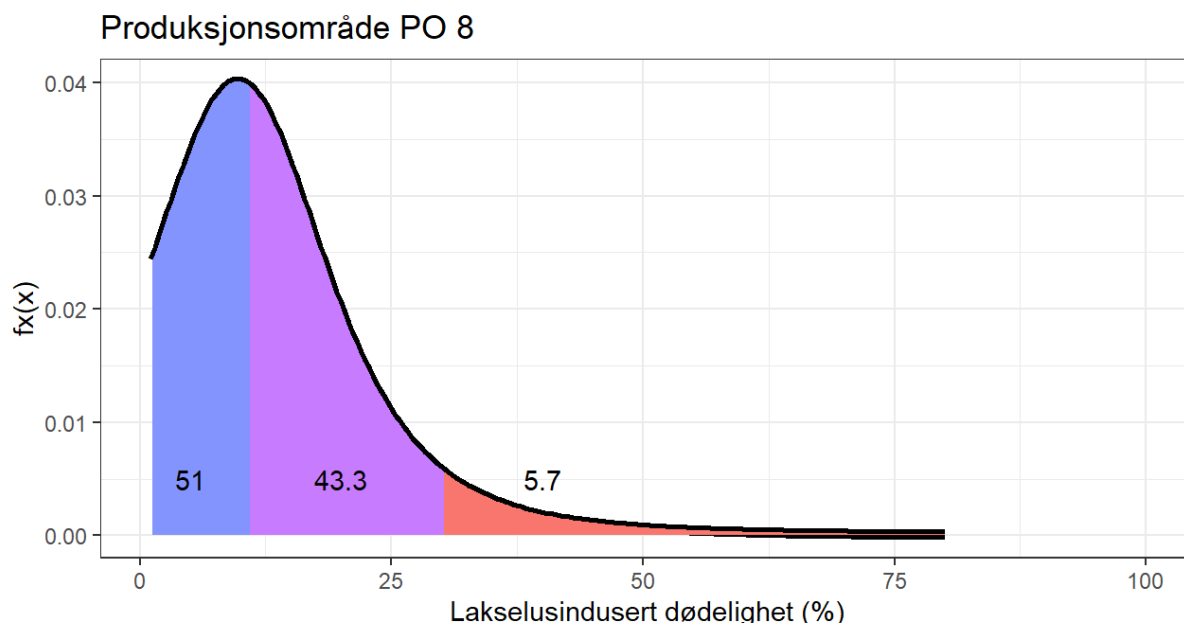
### Kategorisering i 2023 (Figur 63):

Det er mer sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er mindre sannsynlig enn ikke at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

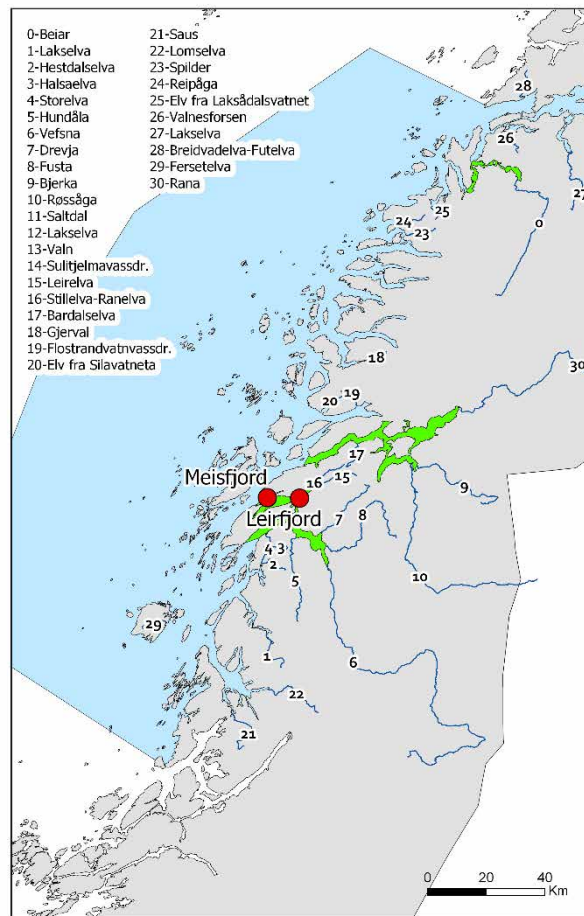
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

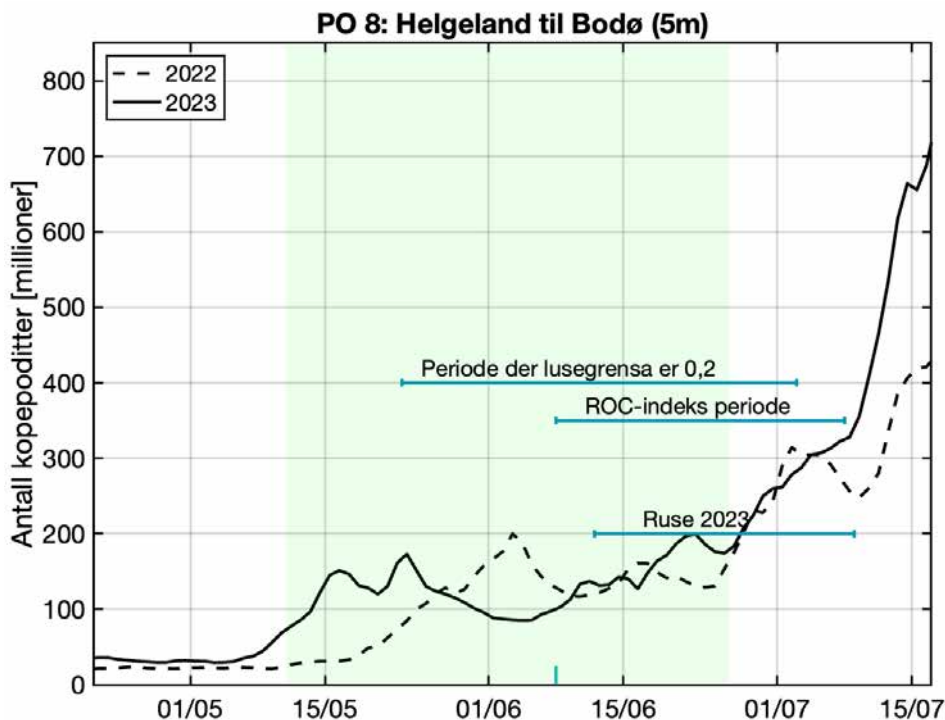


**Figur 63.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

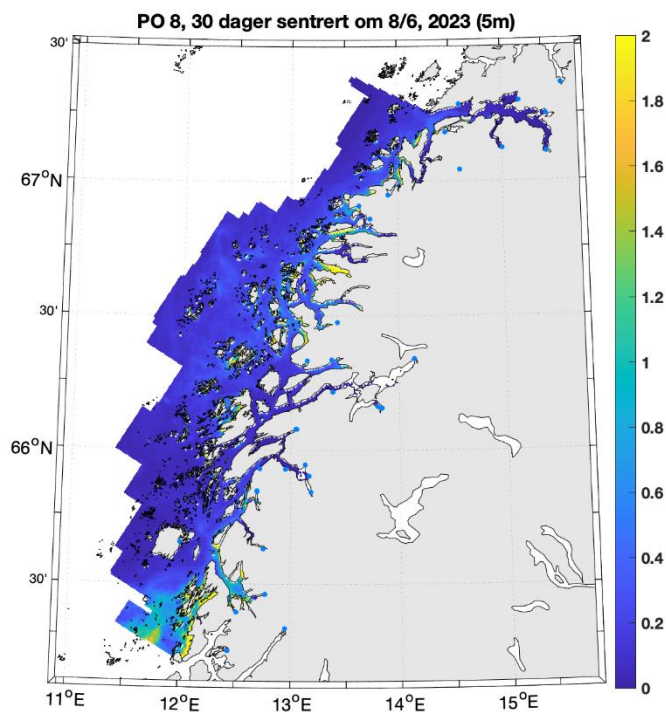
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HI og VIs VPS indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet (8 og 9,8%). Det er ingen områdejustert dødelighet i dette området ettersom det verken er tråldata eller bur. Smittepresset i området er spesielt høyt i et område i midtre del og et område i nordre del av POet og er økende i løpet av sesongen, noe som reflekteres i noe høyere påvirkning i modellkjøringer hvor smolten vandrer sent. Det er imidlertid ingen data for å vurdere om laksen i området vandret senere enn forventet. Resultatene fra overvåkningsdata stemmer overens med smittepresset med lave påslag på sjøørret i Leirfjord og noe høyere i Meisfjord (lav  $N$ ). Overvåkningsdata fra området er imidlertid svært mangelfulle, og anses derfor som usikre. Gruppen påpeker at dette området er et stort PO med svært høy oppdrettsaktivitet hvor det kan være påvirkning som ikke er godt dokumentert. Samtidig er vandringsrutene i relativt korte fjorder, og korrekt beskrivelse av påvirkningen avhenger dermed sterkt av om VPS-modellene beskriver utvandringen forbi øyene ved kysten korrekt.



**Figur 64.** Produksjonsområde 8. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn-stasjonene (røde sirkler). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 65.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 8 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandningsperiode for laksesmolt (8/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



**Figur 66.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 8 i smoltutvandningsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjørret ruser:* Stasjonene Leirfjord og Meisfjorden er undersøkt med garn/ruse. Data fra garn/ruse indikerer lav lakselusindusert dødelighet for sjørreten ved Leirfjord, og høy dødelighet for sjørret ved Meisfjorden i uke 27. Smittekartene sentrert rundt gjennomsnittlig dato for utvandring viser høy tetthet av lakselus begrensede områder i andre deler av produksjonsområdet, mens ROC kartene som dekker tiden fra gjennomsnittlig dato for utvandring indikerer høyere smitte nord og sør for de undersøkte områdene. Tettheten av lakselus er relativt stabil i første del av smoltutvandringen, men øker kraftig mot slutten av juli (uke 29-30). Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i lav lakselusindusert dødelighet. På grunn av få observasjoner og lavt antall på den ene stasjonen som også er undersøkt sent i et område hvor smitte modellen indikerer stor variasjon i smittepresset anser vi at kategoriseringen har stor usikkerhet.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er generelt lavt i 2023, bortsett fra noen lokale områder med moderat til høyt smittepress (Figur 24 i Vedlegg IV). Laksesmolten som vandret ut, vil trolig ha blitt påvirket kun i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (13 %). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, med moderat usikkerhet.

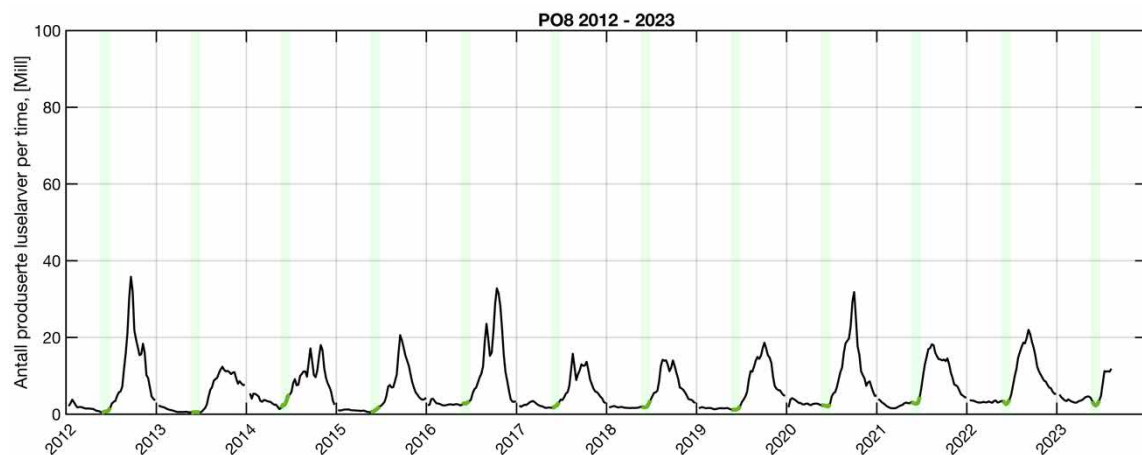
*HI VPS:* Produksjonsområde 8 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus både i 2023. Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet mellom elvene, da 73 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet (Figur 25 i Vedlegg IV). Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som lav i alle år, men er økende. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat for sent utvandrende fisk, samt for fisk med lavere toleranse for lakselus. For fisk med høy toleranse for lakselus og tidlig utvandring er den estimerte dødeligheten kategorisert som lav. Usikkerheten til kategoriseringen i PO8 er derfor vurdert som stor.

*VI VPS:* Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 10 % og i lav kategori, men helt på grensen til moderat (Figur 13 i Vedlegg V). Siden det ikke er postmoltdata fra dette POet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerheten settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen blir moderat dødelighet dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Sensitivitetsanalysene viste at scenarioer med 10 dagers forskjøvet utvandring eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori. Blant de 30 bestandene, hadde 13 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 9 og Figur 13 i Vedlegg V). Dette inkluderte 2

nasjonale laksevasdrag (Vefsna og Rana), 1 bestand med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale (Røssåga), 4 små og sårbare bestander og 7 bestander under reetablering. For hver av disse kategoriene var gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i moderat kategori.

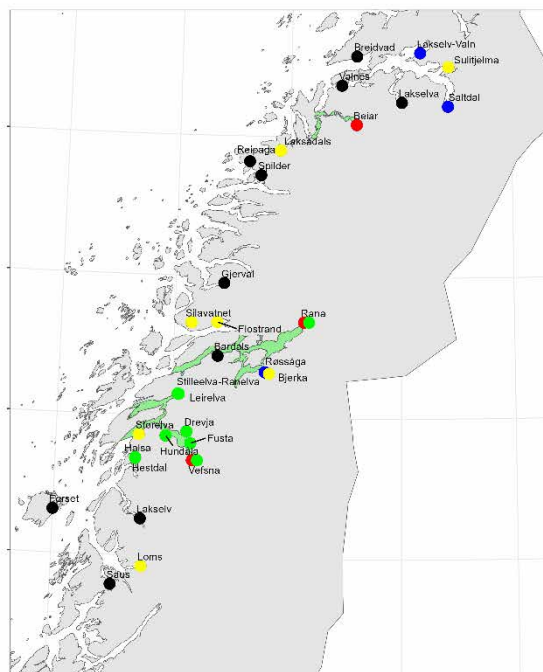
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 67).



**Figur 67.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 8) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene pr år.

## Heterogenitet produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø



**Figur 68.** Lakseførende elver i produksjonsområde 8 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver under reetablering fra forsuring eller *Gyrodactylus salaris* (grønn) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

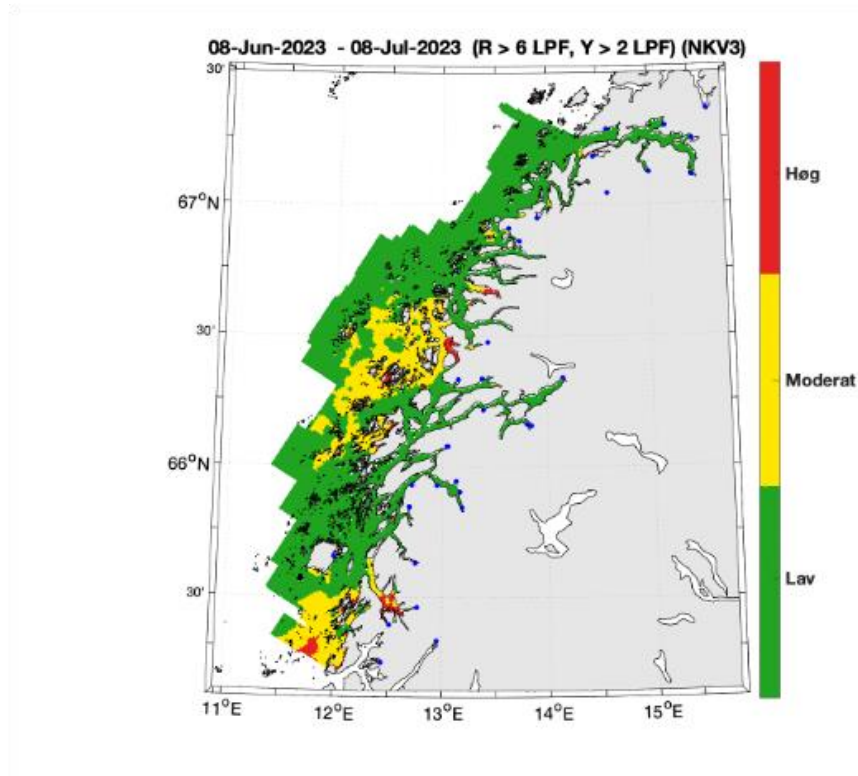
### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 68):

- *Nasjonale laksevassdrag:* Det er tre nasjonale laksevassdrag i POet, Vefsna og Rana i midtre deler av området og Beiar i nord.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Tre bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand. Dette gjelder Røssåga i midtre deler og Saltdal og Valnesfjordvassdraget i nord.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Syv bestander er kategorisert som små og/eller sårbare. Disse er spredt over store deler av POet.
- *Bestander under reetablering:* Ni bestander er under reetablering. Dette gjelder Vefsna og syv nærliggende bestander samt Rana noe lenger nord.

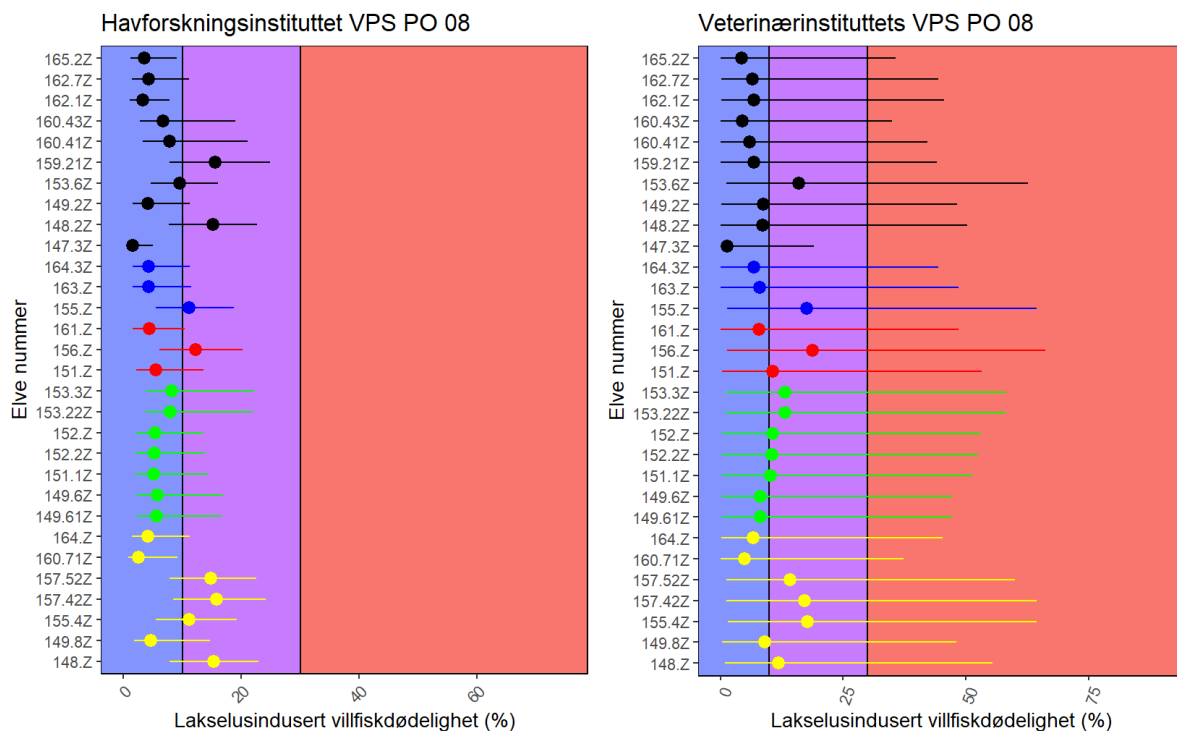


### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO8 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 69). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 70). Produksjonsområde 8 er derfor vurdert for heterogenitet.



**Figur 69.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittpress i PO8 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 70.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO8 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller *Gyrodactylus salaris* (grønne) og elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

### Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Begge VPS-modellene med data for området indikerer i gjennomsnitt høyere dødelighet for små og sårbare bestander. Veterinærinstituttets, men ikke HIs, modell viser også høyere gjennomsnittlig dødelighet for nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og bestander under reetablering (Tabell 11). I begge modellene har enkeltbestander innen alle kategoriene av sårbare og viktige vassdrag dødelighetsestimater over 10 % (Figur 70).

**Tabell 11.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 8 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For smoltmodellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI smoltmodell	VI smoltmodell	SINTEF smoltmodell	Trål
<b>Totalt for PO</b>	30	8	10	Ikke data	Ikke data
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	3	7	12		
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	3	7	11		
<b>Små og/eller sårbare</b>	7	10	12		
<b>Under reetablering</b>	9	7	11		

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 10 %. Det er sannsynlighetsovervekt for at små og sårbare bestander har dødelighet over 10 % i gjennomsnitt. I en eller flere av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 10 % for ett eller flere *nasjonale laksevassdrag*, for enkelte bestander med *dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale*, for enkelte *små og sårbare bestander* og for enkelte *bestander under reetablering*.

## 5.5.9 Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

**Hovedkonklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

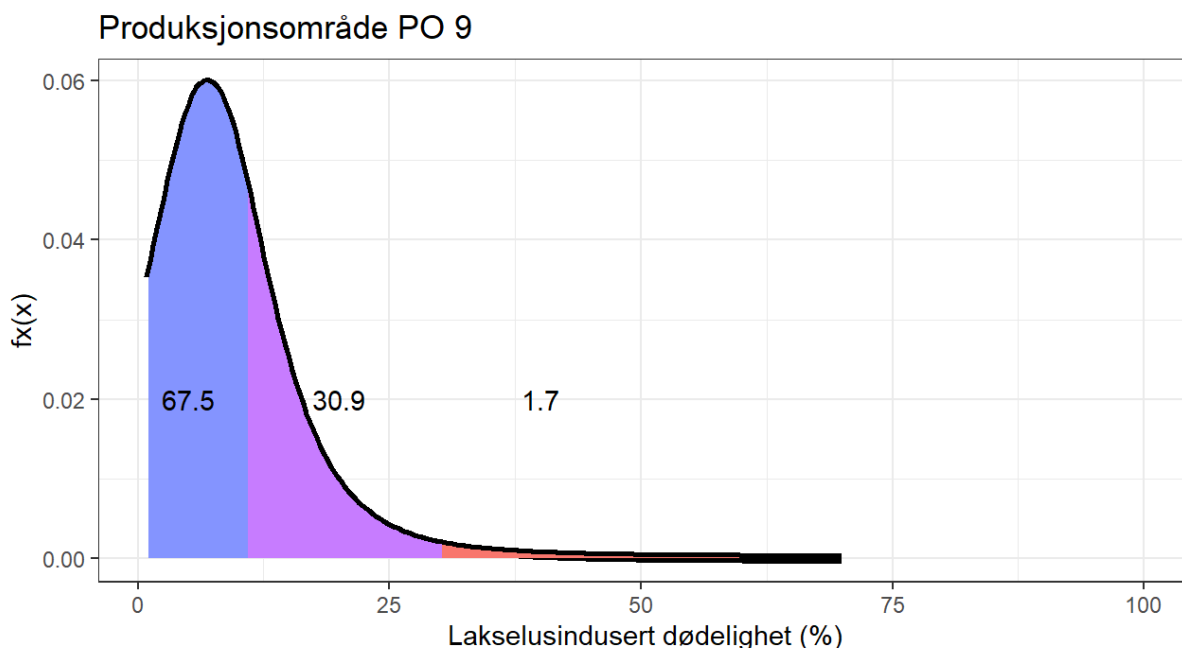
### Kategorisering i 2023 (Figur 71):

Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

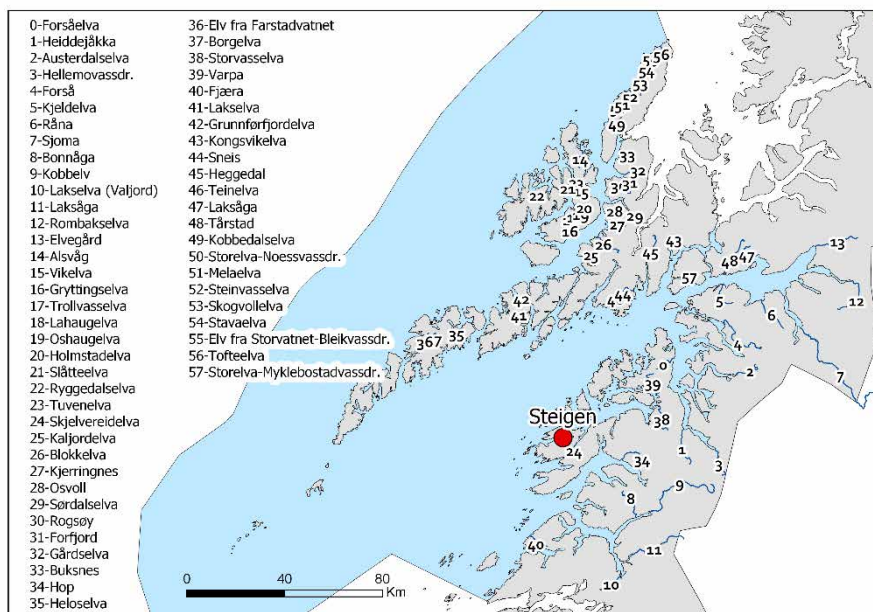
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

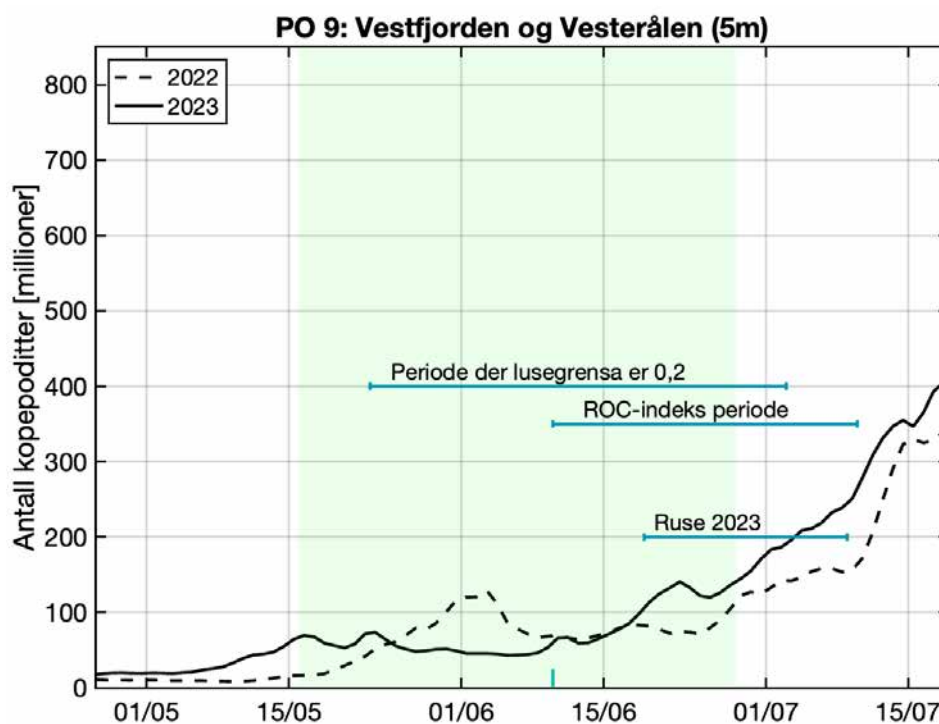


**Figur 71.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

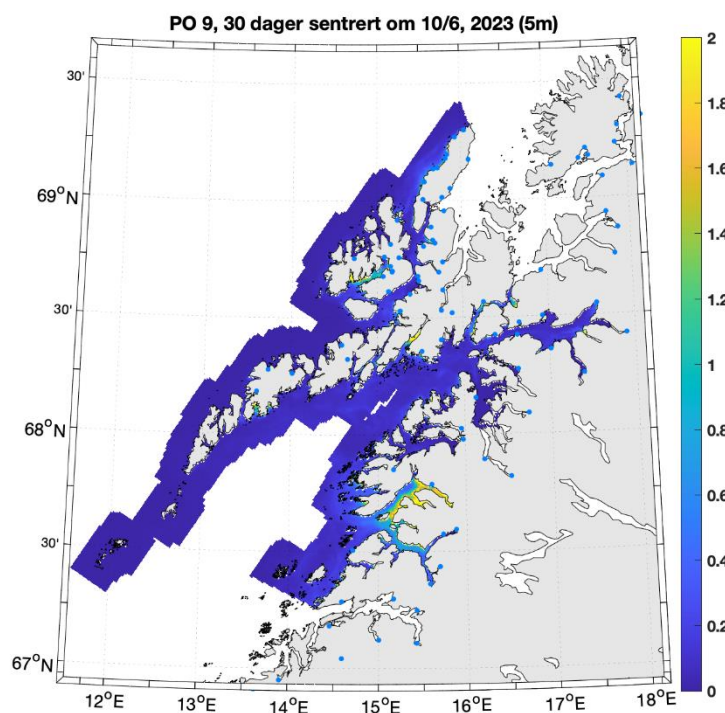
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HIs og VIs VPS indikerer begge lav lakselusindusert villfiskdødelighet (7 og 6 %). Det er ingen områdejustert dødelighet i dette området ettersom det verken er tråldata eller bur. Smittepresset i området er generelt lavt, men med forhøyet smittepress i et område i sør, og er noe økende i løpet av sesongen, noe som reflekteres i noe høyere påvirkning i modellkjøringer hvor smolten vandrer sent. Det er imidlertid ingen data for å vurdere om laksen i området vandret senere enn forventet. Resultatene fra overvåkningsdata støtter modellresultatene, som indikerer lavt men stigende smittepress på sjørørret i Steigen. Overvåkningsdata fra området er imidlertid svært mangelfulle, og anses derfor som svært usikre. Gruppen påpeker at det er uklart hvordan smittedynamikken og utvandningsruten til laksesmolt er rundt Lofoten. I teorien kan det være retensjon av luselarver her, men slik produksjonen av lus er nå ansees det som usannsynlig at dette vil ha en stor effekt.



Figur 72. Produksjonsområde 9. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonen (rød sirkel).



Figur 73. Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 9 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandingsperiode for laksesmolt (10/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandingsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjøørret ruse).



**Figur 74.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjøørret ruser:* Stasjonen Steigen er undersøkt med garn/ruse. Data fra garn/ruse indikerer lav lakselusindusert dødelighet i første periode (uke 25) og høy lakselusindusert dødelighet i andre periode (uke 27). Resultatene støtter en kategorisering i lav lakselusrelatert dødelighet. Smittekartene sentrert rundt median utvandring indikerer enkelte områder med forhøyet smittepress, spesielt Nordfolda. Tettheten av kopepoditter er relativt stabilt frem til midten av juni, men øker deretter. ROC kartene som dekker fra gjennomsnittlig midtpunkt for utvandring indikerer tilsvarende, men noe mer lus i ved stasjonen i Steigen. Stasjonen ble overvåket fra ca. 2 uker etter midtpunkt for utvandring, og anses dekkende fra ca. 1-2 uker før dette. Det er bare undersøkt en stasjon i dette området, og den dekker ikke området med høyest tetthet av lakselus, og vi anser derfor at kategoriseringen har stor usikkerhet.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av området i 2023, og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene (Figur 27 i Vedlegg IV). Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (4 %). Indeksen varierer fra 3 % til 8 % rundt midtpunktet for utvandring, og holder seg i «lav»

kategori i hele utvandningsperioden. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, med liten usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 9 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus. Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet mellom elvene, da 67 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet (Figur 28 i Vedlegg IV). Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som lav i 11 av 12 år. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig utvandrende fisk samt for fisk med høyere toleranse for lakselus. Fisk med sen utvandring blir kategorisert som moderat dødelighet. Den estimerte dødeligheten for fisk med antatt lavere toleranse for lakselus er kategorisert som moderat. Usikkerheten til kategoriseringen i PO9 er derfor vurdert som stor.

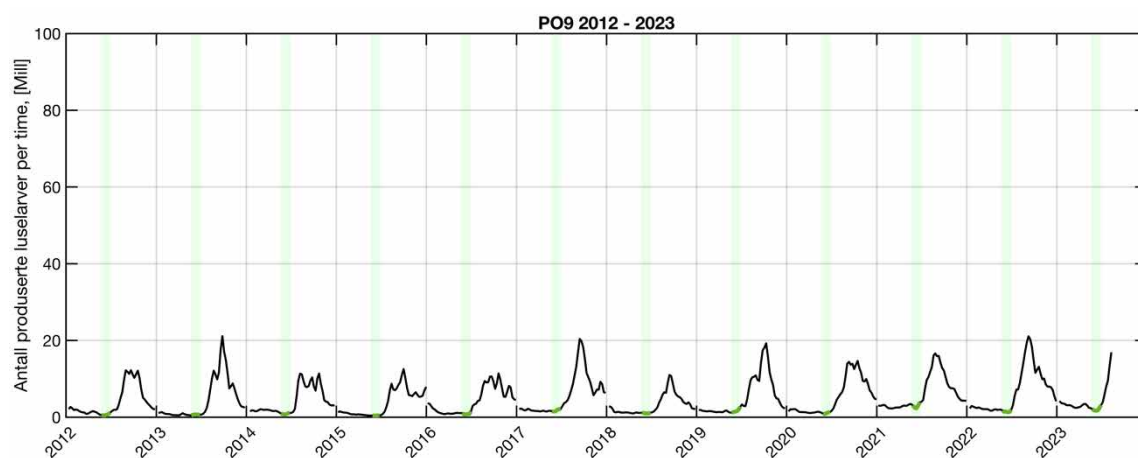
*VI VPS:* Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 6 % og dermed i lav kategori (Figur 14 i Vedlegg V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette POet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier 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 POet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 58 bestandene, har 10 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 10 og Figur 14 i Vedlegg V). Blant disse er 2 bestander med dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial (Bonnåga og Heggedal) og 6 små og sårbare bestander.

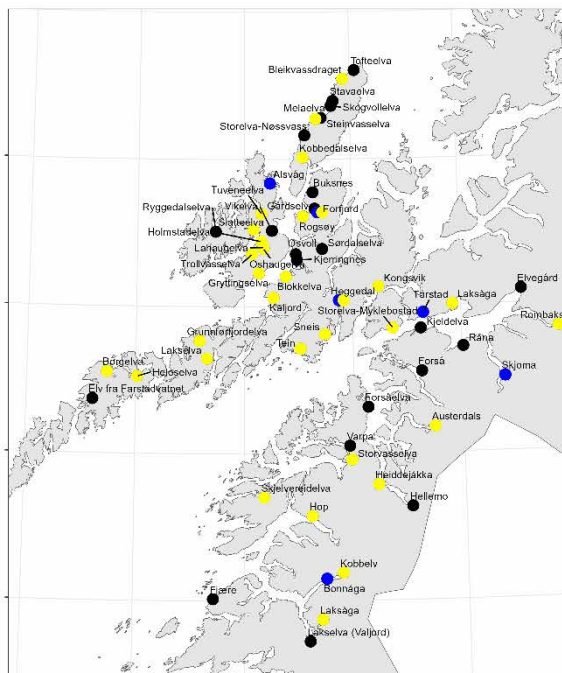
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 75).



**Figur 75.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO9) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen



**Figur 76.** Lakseførende elver i produksjonsområde 9 (svarte sirkler), hvor elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet.

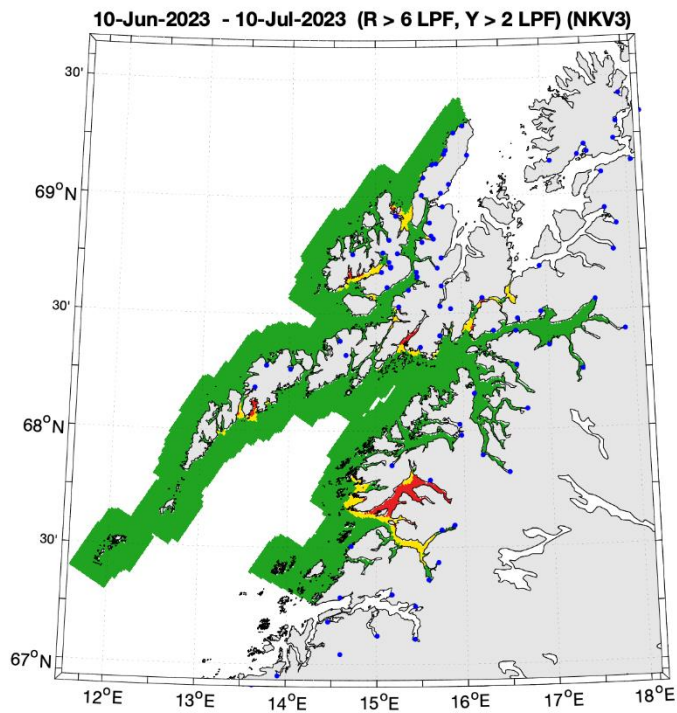
### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 76):

- *Nasjonale laksevassdrag:* Ingen.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Seks bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand, spredt over store deler av POet.
- *Små og/eller sårbare bestander:* Omtrent halvparten, 32, av bestandene er kategorisert som små og/eller sårbare. Flertallet av bestandene i ytre områder hører til denne kategorien.
- *Bestander under reetablering:* Ingen bestander er under reetablering.

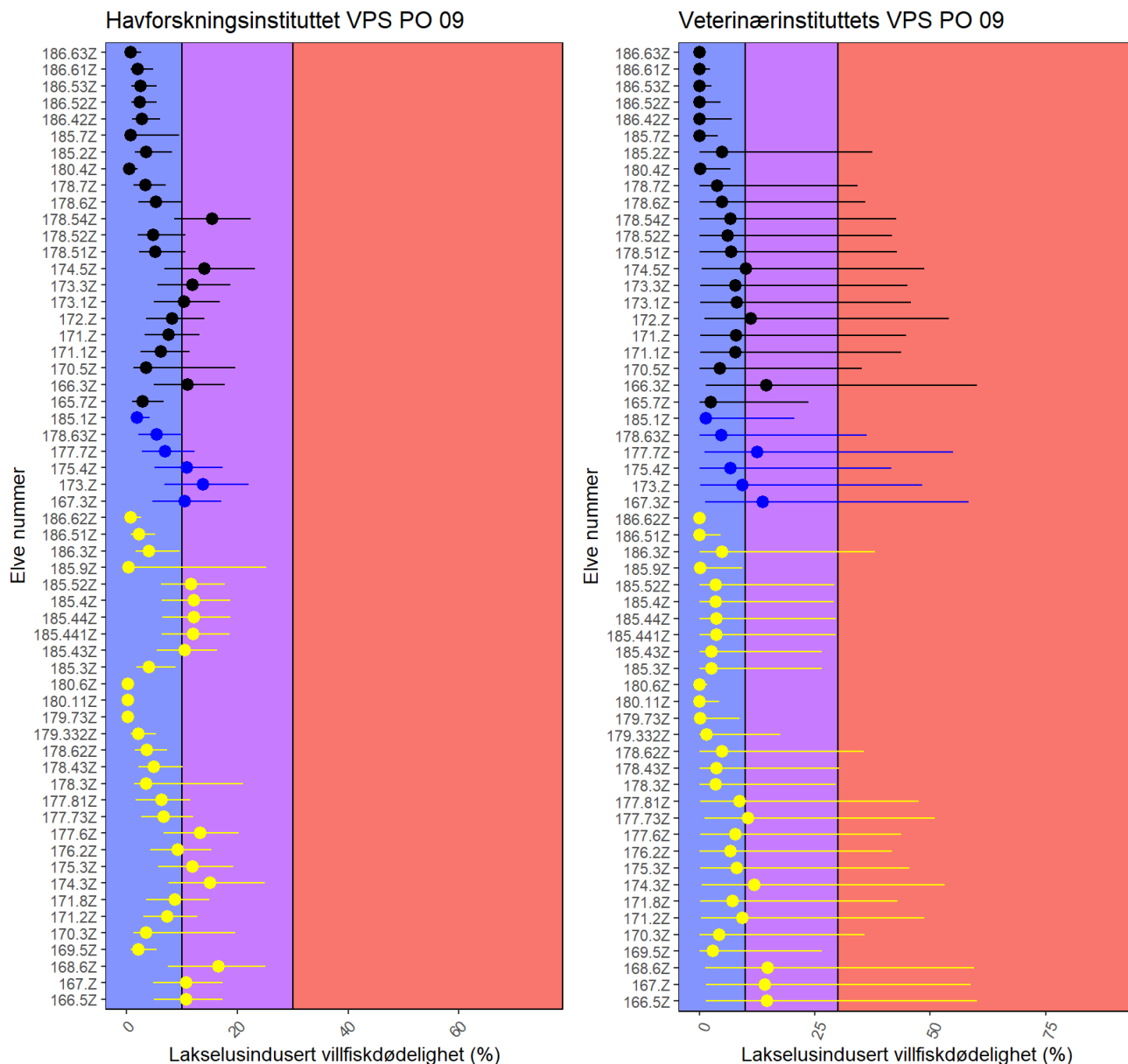
### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO9 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 77). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 78). Produksjonsområde 9 er derfor vurdert for heterogenitet.





**Figur 77.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO9 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 78.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO9 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått.

### Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Begge VPS-modellene med data for området indikerer i gjennomsnitt høyere dødelighet for bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale. Veterinærinstituttets, men ikke HIs, modell viser også høyere gjennomsnittlig dødelighet for små og sårbare bestander (Tabell 12). I Havforskningsinstituttets og VIs VPS-modeller er dødeligheten over 10 % for henholdsvis 3 og 2 av 6 bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og for henholdsvis 11 og 6 av 32 små og sårbare bestander (Figur 78).

**Tabell 12.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 9 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	58	7	5	Ikke data	Ikke data
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	0				
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	6	8	8		
<b>Små og/eller sårbare</b>	32	7	6		
<b>Under reetablering</b>	0				

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 10 %. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 10 % i gjennomsnitt. I en eller flere av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 10 % for enkelte bestander med *dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale* og for enkelte *små og sårbare bestander*.

## 5.5.10 Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

### Hovedkonklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

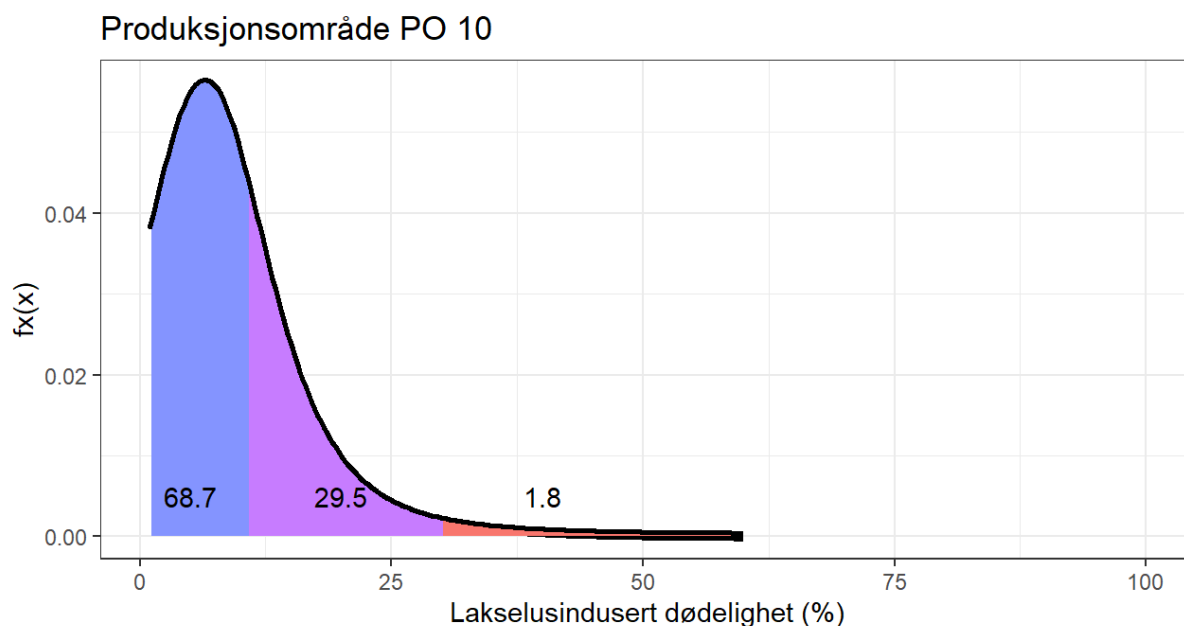
#### Kategorisering i 2023 (Figur 79):

Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

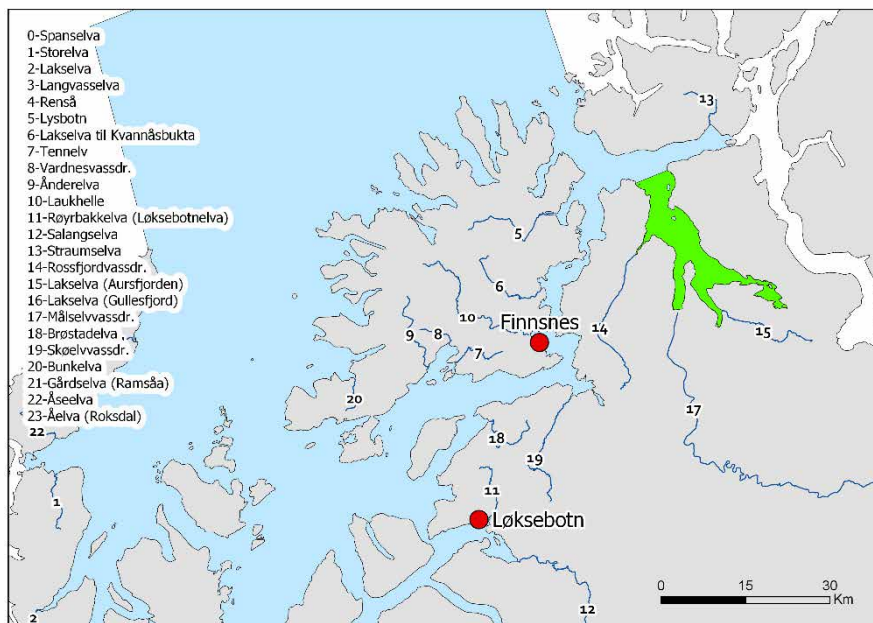
Det er veldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

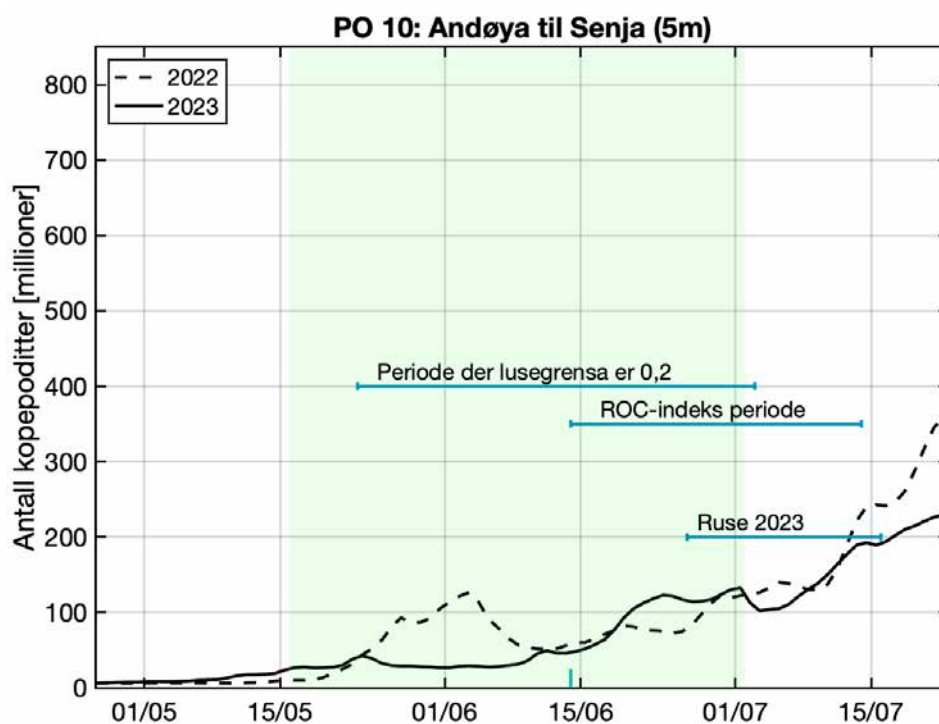


**Figur 79.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at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

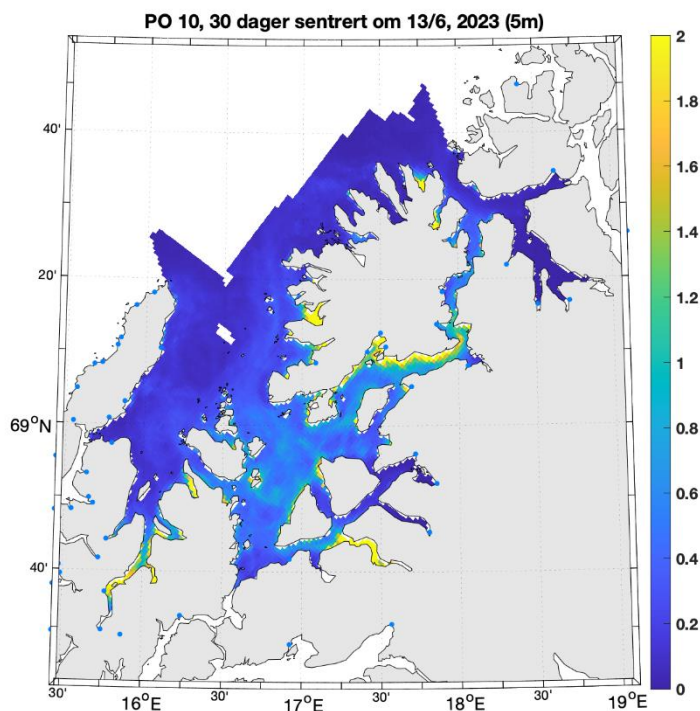
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HIs og VIs VPS indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet (9 og 4 %). Områdejustert dødelighet er nedjustert til henholdsvis 4 % for HIs modell og 1 % for VIs modell. Dette betyr at observasjonene (lav N) av lus på postsmolt viste lavere lusenivåer enn forventet ut fra den beregnede lusekonsentrasjonen. Smittepresset i området er spesielt høyt i sør i POet og er økende i løpet av sesongen, noe som reflekteres i høyere påvirkning i modellkjøringer der smolten vandrer sent. Det er imidlertid ingen data for å vurdere om laksen i området vandret senere enn forventet. Resultatene fra overvåkningsdata er i tråd med smittepresskartet, med lavt påslag på sjørret ved Løksebotn og lavt men økende smittepress på sjørreten ved Finnsnes. Overvåkningsdata fra området er mangelfulle, og anses derfor som noe usikre. Gruppen legger også vekt på at det er lite overvåkningsdata fra området i sør hvor det er spesielt høyt smittepress.



**Figur 80.** Produksjonsområde 10. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 81.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 10 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandningsperiode for laksesmolt (13/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



**Figur 82.** Modeller antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

### Resultater 2023

*Tråldata:* Det er trålt etter postsmolt av laks i Vågsfjorden sør for Senja. Fangstene var lave, og det ble bare fanget laks de tre første ukene, høyest første fangstuke. Estimert dødelighet for hele trålperioden er lav, og tilsvarende om en deler dette opp i uker, eller i forhold til region elven renner ut i. Tråldata støtter derfor en kategorisering i lav lakselusrelatert dødelighet. Antall fisk fanget var lavt, høyest fangst var første fangstuken som kan indikere at det har utvandret fisk før trålingen startet, og fisken er i stor grad fanget nær elven de utvandret fra, med unntak av de fra Senja nord som også har høyest estimert luserelatert dødelighet. Luserelatert dødelighet er derfor trolig underestimert. Usikkerheten i kategoriseringen vurderes derfor som stor.

*Sjørret ruser:* Stasjonene Finnsnes og Løksebotn undersøkt med garn/ruse. Data fra Finnsnes indikerer lav lakselusindusert dødelighet i uke 26, moderat uke 28, mens i Løksebotn estimeres lav lakselusrelatert dødelighet de samme ukene. Da gjennomsnittlig utvandring for dette området er estimert til uke 23, og undersøkelsene startet uke 26, anses undersøkelsen å dekke infeksjonstrykket fra midtpunkt for utvandring, den siste undersøkte uken vil dekke perioden for sent utvandrende smolt. Rusedata indikerer derfor en kategorisering i lav lakselusrelatert

dødelighet. Smittekartene som dekker median utvandring indikerer få områder med forhøyet smittepress, hovedsakelig enkelte områder ved Senja, senere øker tettheten av lus i de sørlige delene av området. Stasjonene anses dekkende for smittepresset i området tidlig i sesongen, men dekker ikke områdene med høyest tetthet av lus etter midtpunkt for utvandring. Vi anser derfor at kategoriseringen har moderat usikkerhet.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i deler av området, og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene, spesielt i Vågsfjorden (Figur 30 i Vedlegg IV). Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (17 %). Indeksen varierer noe rundt midtpunktet for utvandring (11 % – 23 % over to uker), men holder seg i kategorien moderat. Produksjonsområdet kategoriseres derfor med moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, med liten usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 10 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus i 2023. Den estimerte dødeligheten med områdekorrigert påslagsrate er også kategorisert som lav i 2023 (Figur 31 i Vedlegg IV). Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene, da 58 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet. Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som moderat dødelighet i 2021 og 2022, men ellers med lav dødelighet. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig utvandrende fisk, mens den estimerte dødeligheten for fisk med sen utvandring og lav toleranse for lakselus er kategorisert som moderat. Usikkerheten til kategoriseringen i PO10 er derfor vurdert som høy.

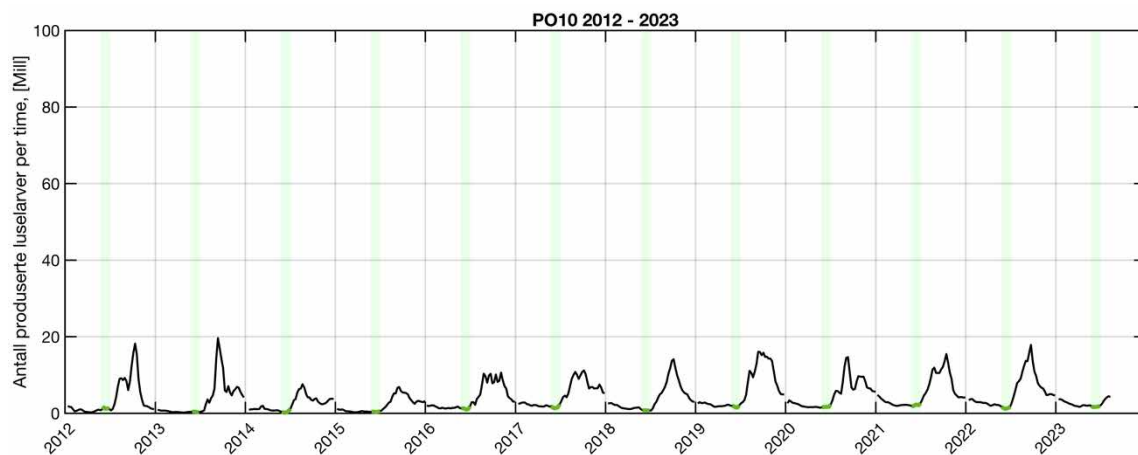
*VI VPS:* Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 1 % og dermed i lav kategori (Figur 15 i Vedlegg V). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var også i lav kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 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 POet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Alle bestandene hadde dødelighetsestimater i lav kategori, både for forventet dødelighet utfra smittepresset og justert dødelighet (Tabell 11 og Figur 15 i Vedlegg V).

### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

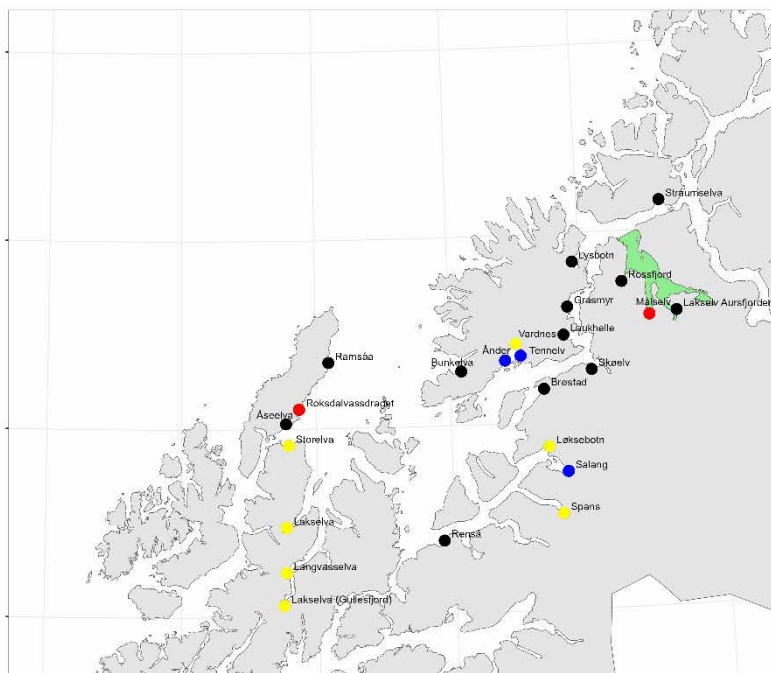
Antall produserte lakseluselarver viser økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen hvert år (Figur 83).



**Figur 83.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 10) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandningsperiodene pr år.



## Heterogenitet produksjonsområde 10: Andøya til Senja



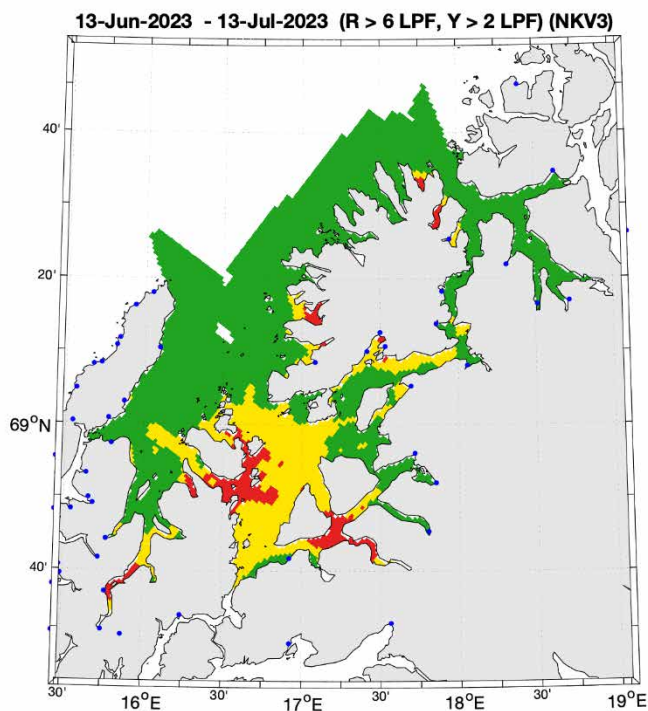
**Figur 84.** Lakseførende elver i produksjonsområde 10 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Den nasjonale laksefjorden er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 84):

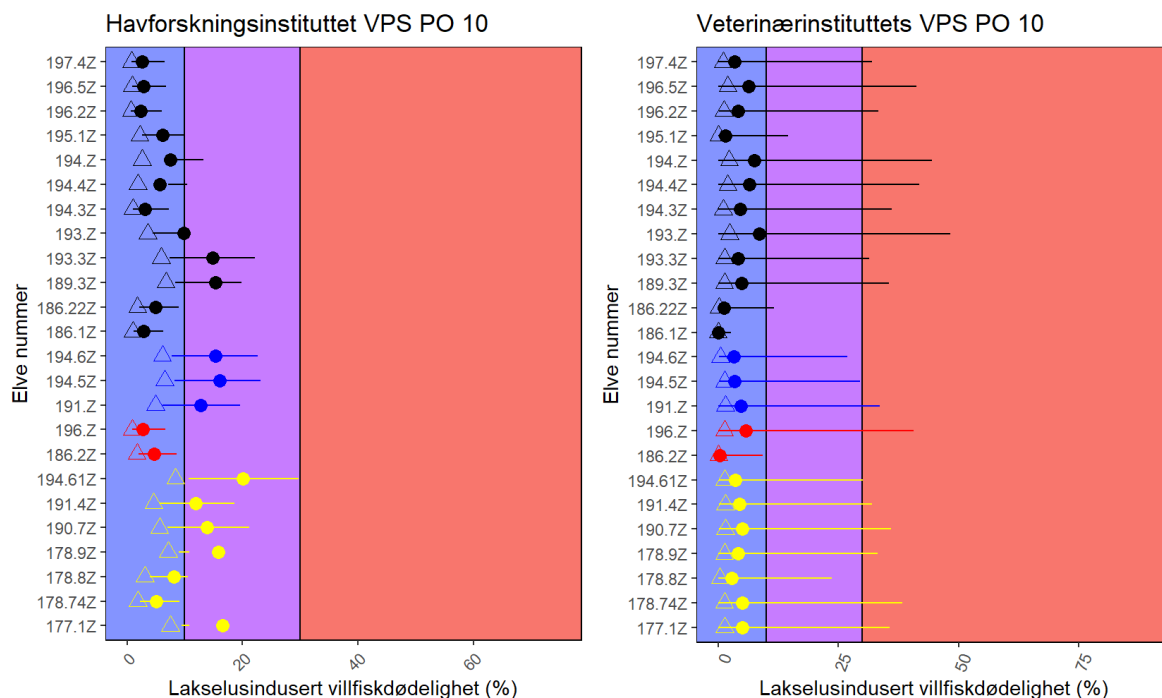
- *Nasjonale laksevassdrag:* Det er to nasjonale laksevassdrag, Roksdalsvassdraget og Målselva.
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Tre bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand (Salangselva, Ånderelva og Tennelva).
- *Små og/eller sårbare bestander:* Syv av 24 bestander hører til denne kategorien, med en overvekt i sørlige deler av POet.
- *Bestander under reetablering:* Ingen.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO10 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 85). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 86). Produksjonsområde 10 er derfor vurdert videre for heterogenitet.



**Figur 85.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO10 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV)



**Figur 86.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO10 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

### Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Havforskningsinstituttets, men ikke VIs, VPS-modell viser høyere gjennomsnittlig dødelighet for bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, og små og sårbare bestander (Tabell 13). I HIs modell er dødeligheten uten områdekorreksjon over 10 % for 3 av 3 bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale og for 5 av 7 små og sårbare bestander (Figur 86). Veterinærinstituttets estimater og de områdekorrigerte estimatene fra HIs modell er under 10 % for alle bestander.

**Tabell 13.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 10 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	24	9 (4)	4 (1)	Ikke data	1 [0-3]
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	2	4 (1)	3 (1)		Ikke data
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	3	15 (6)	4 (1)		Ikke data
<b>Små og/eller sårbare</b>	7	13 (5)	4 (1)		Ikke data
<b>Under reetablering</b>	0				

### Tråldata

Det er ikke fanget fisk fra noen av de 2 nasjonale laksevassdragene i 2023, heller ikke fra nærliggende vassdrag. Av de 3 bestandene med dårlig eller svært dårlig tilstand viser tråldata lav lakselusrelatert dødelighet for to av dem (Ånder- og Tennelva), mens det ikke er fanget fisk fra Salangselva eller nærliggende vassdrag. Det er ikke fanget fisk fra noen av de 7 små eller sårbare bestandene, og det er ikke fanget fisk fra de nærliggende elvene som vandrer ut vest i området (Gullesfjord, Langvasselva, Lakselva eller Storelva), sørøst (Spans, Løksebotn), mens Vardnes trolig er tilsvarende som Tennelv, Ånderelva, dvs. lav dødelighet. Det er derfor ikke mulig å vurdere heterogenitet basert på tråldata fra dette området.

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 10 %. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 10 % i gjennomsnitt. I en eller flere av VPS-modellene er lakselusindusert dødelighet over 10 % for enkelte bestander med *dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale* og for enkelte *små og sårbare bestander*. Dette er ikke tilfelle for områdejusterte estimater.

### 5.5.11 Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

#### Hovedkonklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

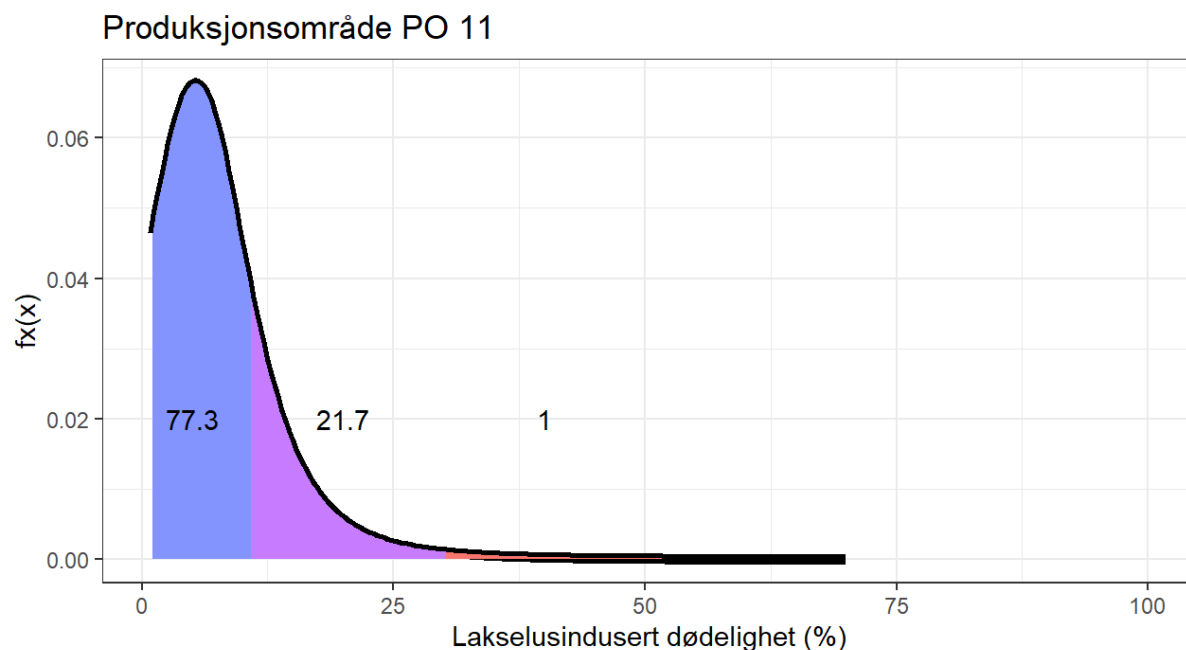
#### Kategorisering i 2023 (Figur 87):

Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

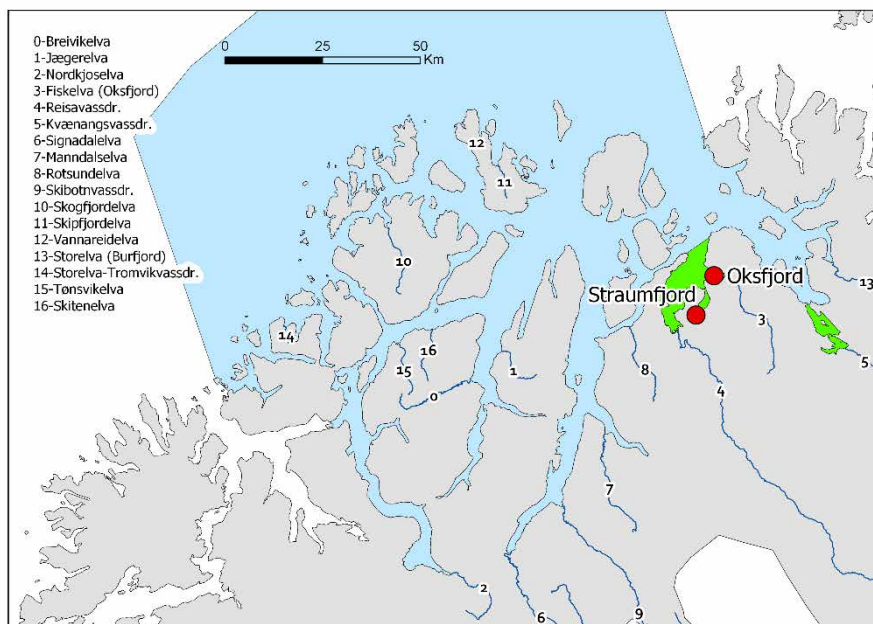
Det er velldig usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

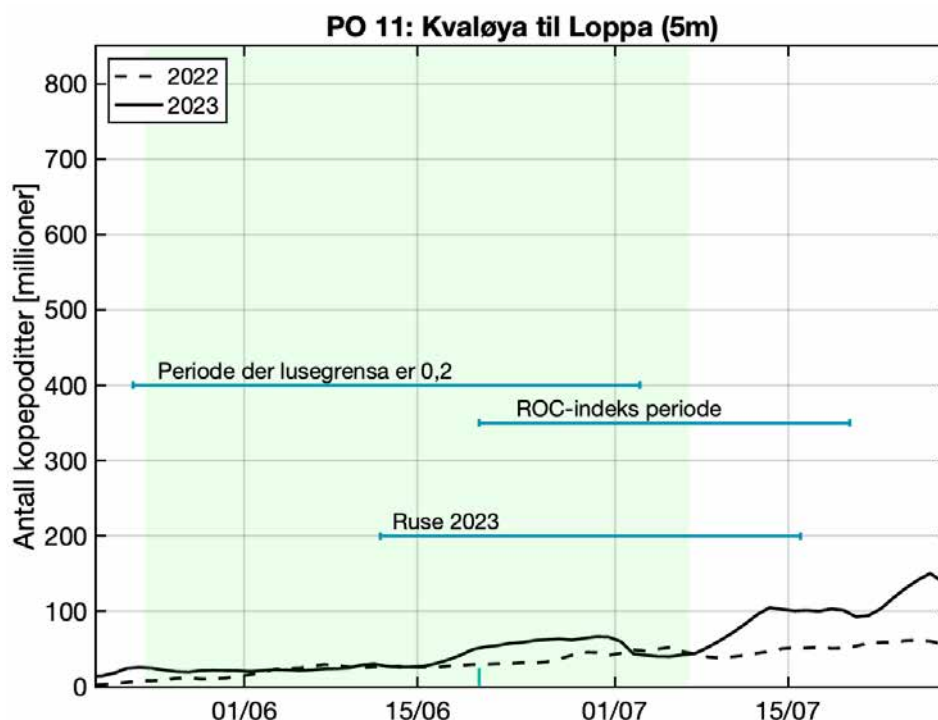


**Figur 87.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

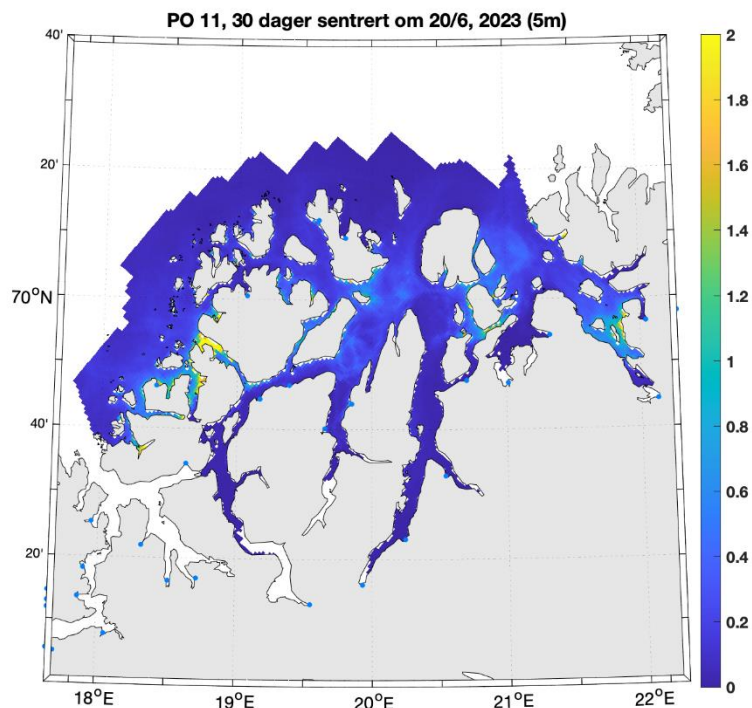
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HI og VIs VPS indikerer begge lav lakselusindusert villfiskdødelighet (8 og 3%). Det er ingen områdejustert dødelighet i dette området ettersom det verken er tråldata eller bur. Smittepresset i området er generelt lavt, men med enkelte områder med forhøyet smittepress og er svakt økende i løpet av sesongen, noe som reflekteres i noe høyere påvirkning i modellkjøringer der smolten vandrer sent. Det er imidlertid ingen data for å vurdere om laksen i området vandret senere enn forventet. Resultatene fra overvåkningsdata er i overensstemmelse med modellene og indikerer lave påslag på sjørret på begge stasjonene som er i områder med lavt smittepress. Overvåkningsdata fra området er imidlertid mangelfulle, og anses derfor som usikre.



**Figur 88.** Produksjonsområde 11. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 89.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 11 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandningsperiode for laksesmolt (20/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørretet ruse).



**Figur 90.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 11 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjørret ruser:* I 2023 ble to stasjoner i Nord-Reisa undersøkt med garn/ruse, Oksfjord (uke 24-25 og 27-28) og Straumfjord (uke 27). Data fra begge stasjoner indikerer lav lakselusindusert dødelighet alle undersøkte ukene. Data fra ruse/garn støtter derfor en kategorisering i lav lakselusindusert dødelighet. Smittekartene indikerer lav tetthet av lakselus i området undersøkt med ruse, men noe høyere i andre begrensede områder. Tetthet av kopepoditter indikerer en svak økning fra midten av juni til midten av juli. Stasjonene ble overvåket fra samme uke som estimert midtpunkt for utvandring, og anses dekkende fra 1-2 uker før. Resultatene fra ruseundersøkelsene er i samsvar med forventningene fra smittekartene, men på grunn av få stasjoner (kun to nærliggende) og tidvis lav fangst anser vi at kategoriseringen har middels usikkerhet.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er lavt i hele området, og laksesmolten som vandret ut er trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (3 %). Indeksen varierer lite rundt midtpunktet for utvandring

og holder seg i kategorien lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, med liten usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 11 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus. Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet mellom elvene, da 71 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet (Figur 34 i Vedlegg IV). Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som lav i 11 av 12 år, men er økende. Den estimerte dødeligheten for hele området blir kategorisert som moderat for fisk med lav toleranse for lakselus og for fisk med sen utvandring. Usikkerheten til kategoriseringen i PO11 er derfor vurdert som stor.

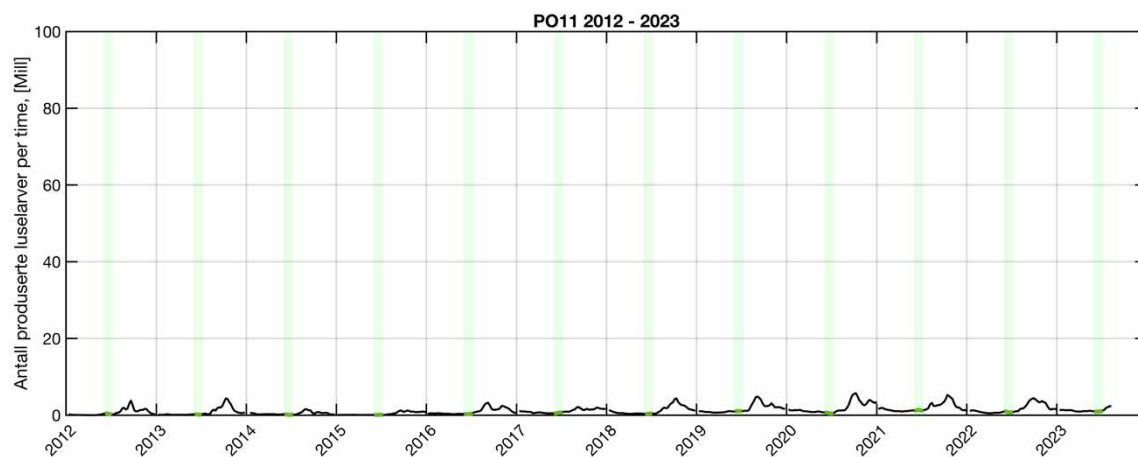
*VI VPS:* Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 3 % og dermed i lav kategori (Figur 16 i Vedlegg V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette POet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier 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 POet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Dødelighetsestimatene var i lav kategori for alle bestandene i produksjonsområdet (Tabell 12 og Figur 16 i Vedlegg V).

### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2023, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen etter 2017 (Figur 91).



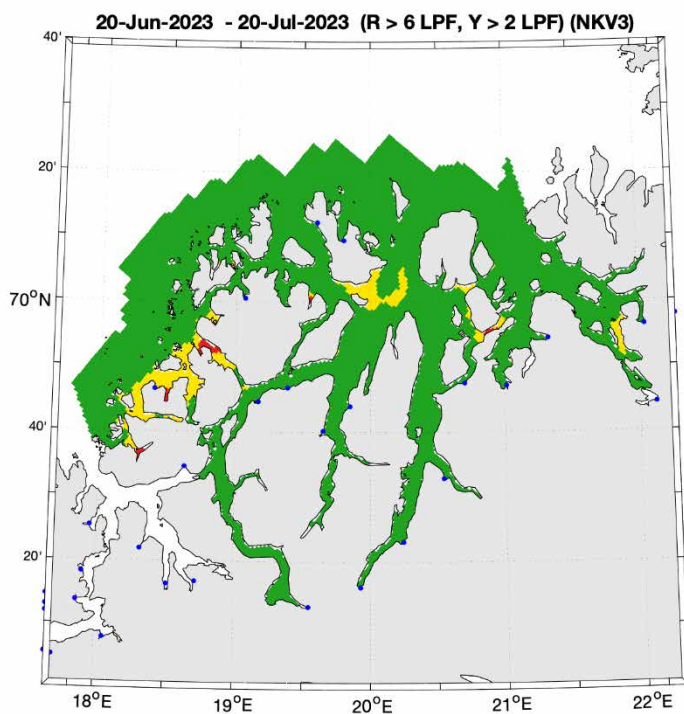
**Figur 91.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 11) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandringstidene per år.



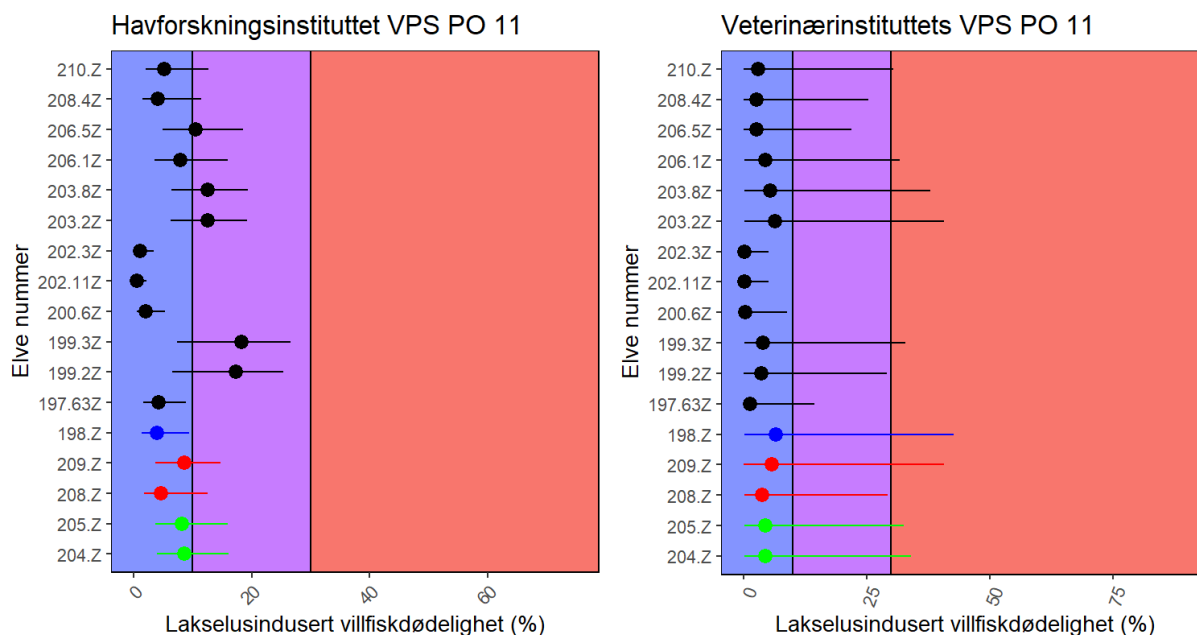


### Vurdering av heterogenitet for 2023

Smittepresskartet i PO11 indikerer at det kan være geografisk variasjon i påvirkning på bestander (Figur 93). Resultatene fra VPS-modellene indikerer at det er variasjon i effekten av lakselus mellom bestander (Figur 94). Produksjonsområde 11 er derfor vurdert videre for heterogenitet.



**Figur 93.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO11 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 94.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO11 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (røde), elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som tilhører både GBM- og små- og sårbare-kategoriene er vist i blått. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

### Resultat heterogenitetsanalyse 2023

Veterinærinstituttets, men ikke HIs, modell viser høyere gjennomsnittlig dødelighet for nasjonale laksevassdrag, bestander med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale, små og sårbare bestander og bestander under reetablering (Tabell 14). I HIs modell er dødeligheten over 10 % for enkelte bestander, men ingen av disse tilhører noen av gruppene av sårbare og viktige bestander (Figur 94).

**Tabell 14.** Antall bestander og estimater for lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i ulike grupper av sårbare og viktige bestander for produksjonsområde 11 for 2023. Der dødelighetsestimater mangler for noen bestander, er antallet bestander dødelighetsestimatene gjelder for oppgitt. For VPS-modellene angir tallene i parentes områdejustert dødelighet om dette er beregnet. For trål oppgis konfidensintervall [ ]. Fargede dødelighetsestimater indikerer at gjennomsnitt for en gruppe er høyere enn totalt for POet, beregnet for hver modell.

	Antall bestander (N)	Gjennomsnittlig dødelighet i prosent			
		HI VPS	VI VPS	SINTEF VPS	Trål
<b>Totalt for PO</b>	17	8	3	Ikke data	Ikke data
<b>Nasjonale laksevassdrag</b>	2	7	5		
<b>Gytebestand høstingspot.</b>	3	6	5		
<b>Små og/eller sårbare</b>	1	4	7		
<b>Under reetablering</b>	2	8	4		

**Konklusjon:** Heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander gjør at enkeltbestander kan ha høyere dødelighet enn 10%. Det er ikke sannsynlighetsovervekt for at noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har dødelighet over 10 % i gjennomsnitt. Ingen enkeltbestander innenfor noen av gruppene av sårbare og viktige bestander har lakselusindusert dødelighet over 10 %.

## 5.5.12 Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

**Hovedkonklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

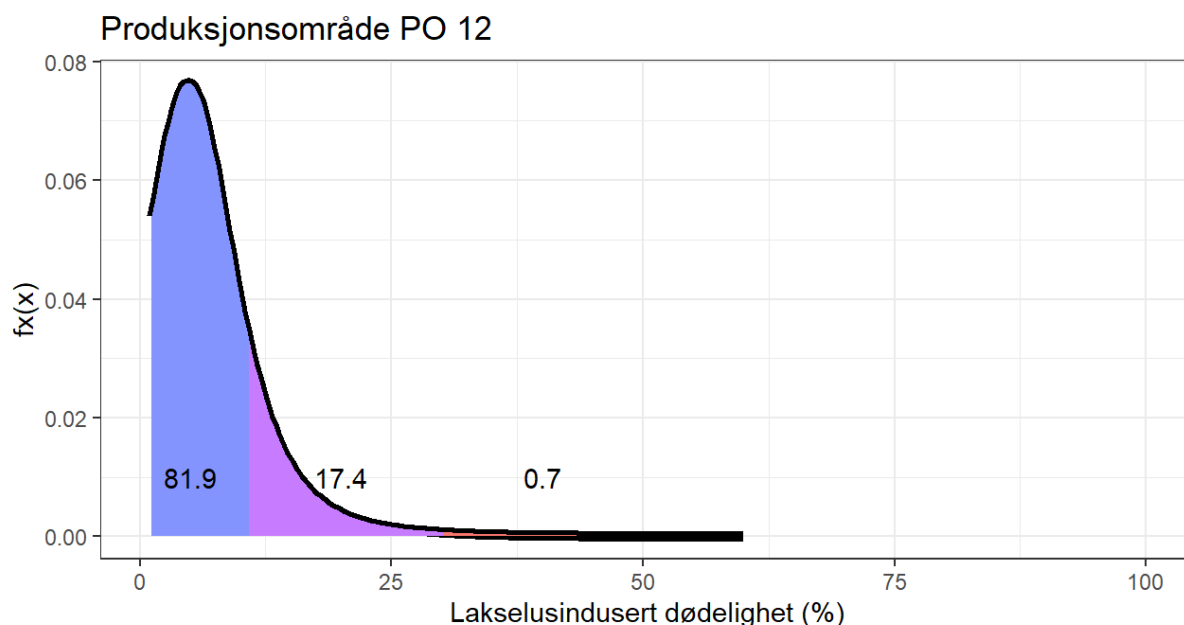
### Kategorisering i 2023 (Figur 95):

Det er sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

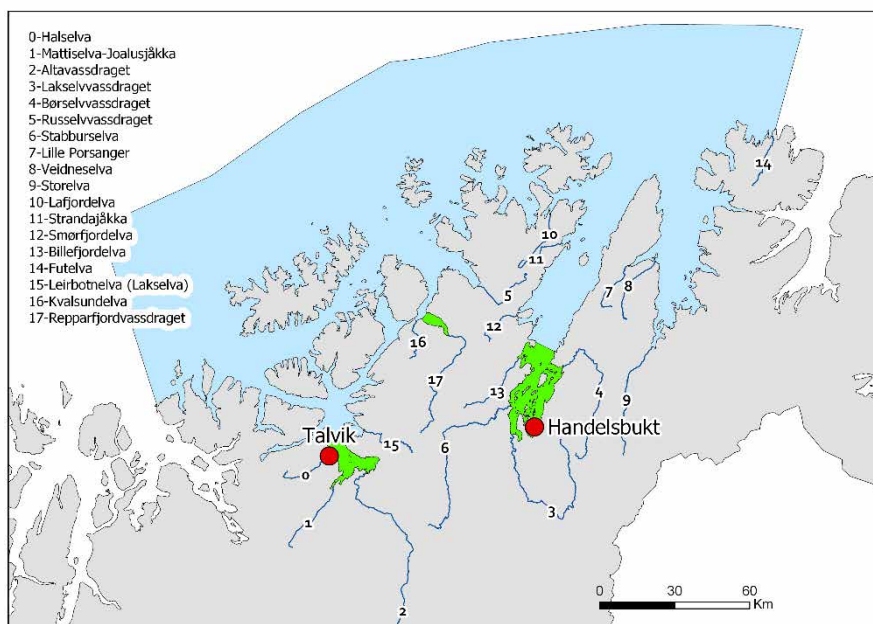
Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

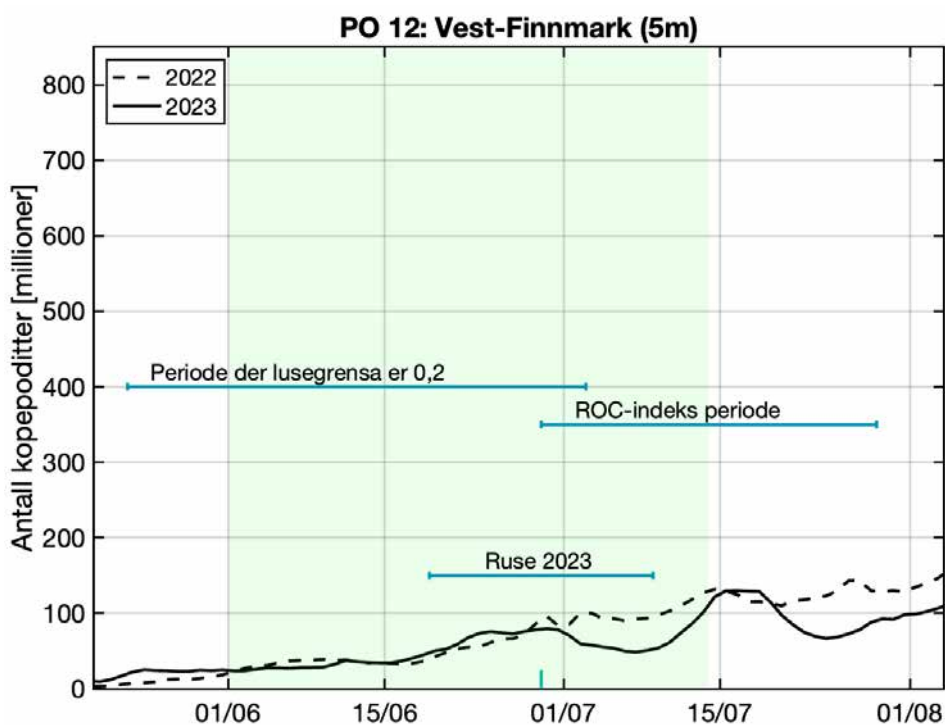


**Figur 95.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverte områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

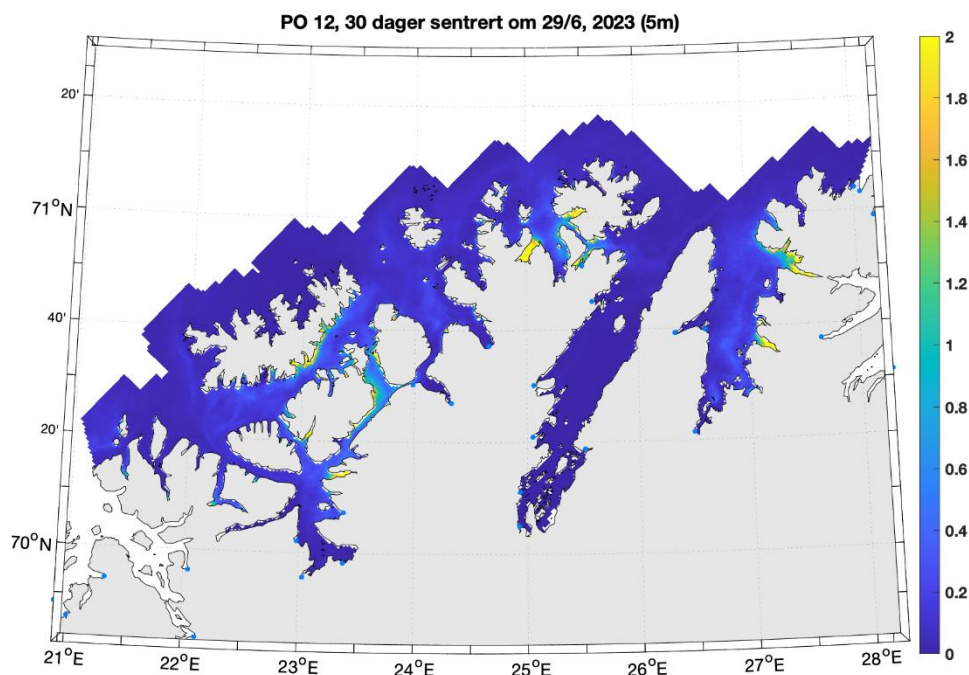
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HI og VIs VPS indikerer begge lav lakselusindusert villfiskdødelighet (4 og 2 %). Smittepresset i området er generelt lavt, men det er enkelte områder med forhøyet smittepress spredt utover POet. Smittepresset er jevnt lavt i løpet av sesongen, noe som reflekteres i lav påvirkning også i modellkjøringer hvor smolten vandrer sent. Resultatene fra overvåkningsdata indikerer moderat smittepress i Talvik og Handelsbukta, noe som indikerer at sjørret i området får på seg en del lus selv om nivåene er relativt lave. Overvåkningsdata fra området er mangelfulle, og anses derfor som usikre. Gruppen påpeker at smittepresset ikke tilsier at det er stor påvirkning i dette POet, men vektlegger at det er smitte som kan påvirke laksesmolt avhengig av utvandningsruten.



**Figur 96.** Produksjonsområde 12. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 97.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 12 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandringsperiode for laksesmolt (29/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjørret ruse).



**Figur 98.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjørret ruser:* Ruse og garn undersøkelser i PO12 indikerer liten dødelighet i Talvik ukene 25, moderat uke 27, og Handelsbukt moderat uke 29. Stadiefordelingen av lus indikerer lavt smittepress i starten av smoltutvandringen, men økende fra gjennomsnittlig tidspunkt for utvandring. I Handelsbukt er mye av lusen bevegelige, og undersøkelsen er tatt 3 uker etter utvandringen og representerer derfor trolig et smittepress over en lengre tidsperiode. Smittekartene sentrert rundt midten av smoltutvandringen indikerer enkelte små områder med forhøyet tetthet av lakselus, mens utslippene øker jevnt utover juni, men faller noe i starten av juli. Observasjonene indikerer derfor en kategorisering av området i moderat lakselusrelatert dødelighet i 2023. Grunnet få stasjoner, og at de ikke samsvarer med øvrige data fra området, vurderes usikkerheten som stor.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av området, med unntak av enkelte lokaliteter, og laksesmolten som vandret ut ble trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene (Figur 36 i Vedlegg 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, med liten usikkerhet.

*HI VPS:* Produksjonsområde 12 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet, da 100 % av elvene har samme kategorisering som for hele POet (Figur 37 i Vedlegg IV). Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som lav i alle år, men er økende de senere år. Kategoriseringen er uavhengig av antatt utvandringstid eller toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO12 er derfor vurdert som liten.

*VI VPS:* Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 2 % og dermed i lav kategori (Figur 17 i Vedlegg V). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette POet fra 2023, 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».

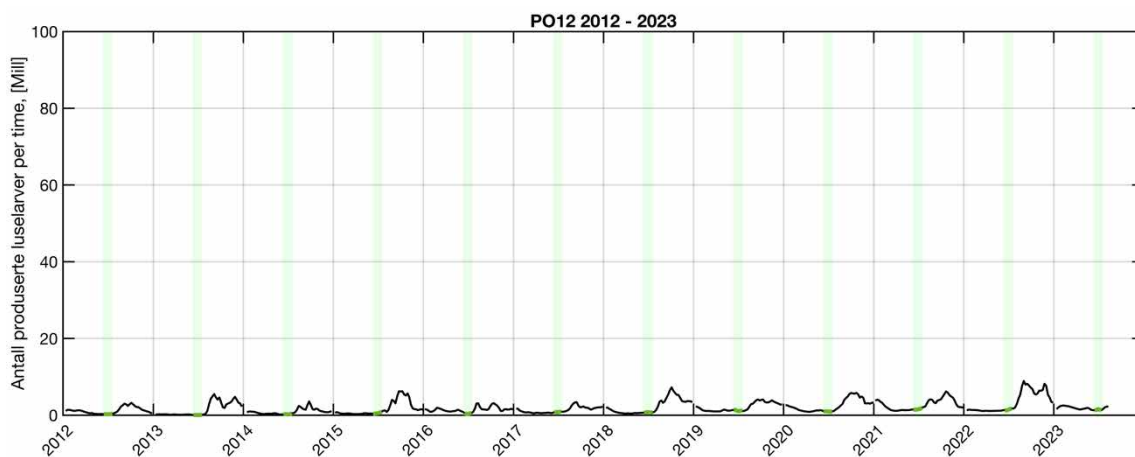
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i POet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 % for alle elvene i POet (Tabell 13 og Figur 17 i Vedlegg IV).



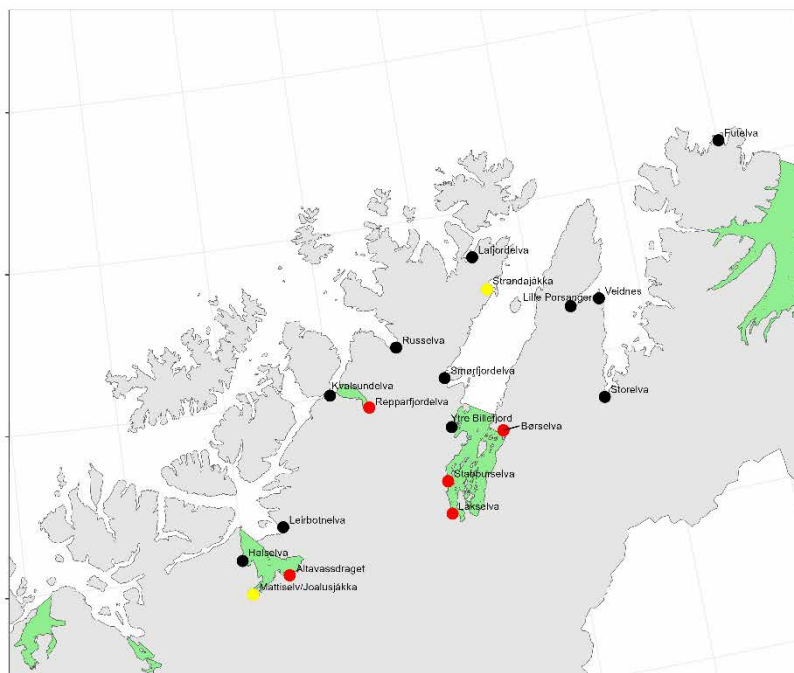
### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

Antall produserte lakseluselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2023, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen etter 2017 (Figur 99).



**Figur 99.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 12) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandringsperiodene per år.

## Heterogenitet produksjonsområde 12: Vest-Finnmark



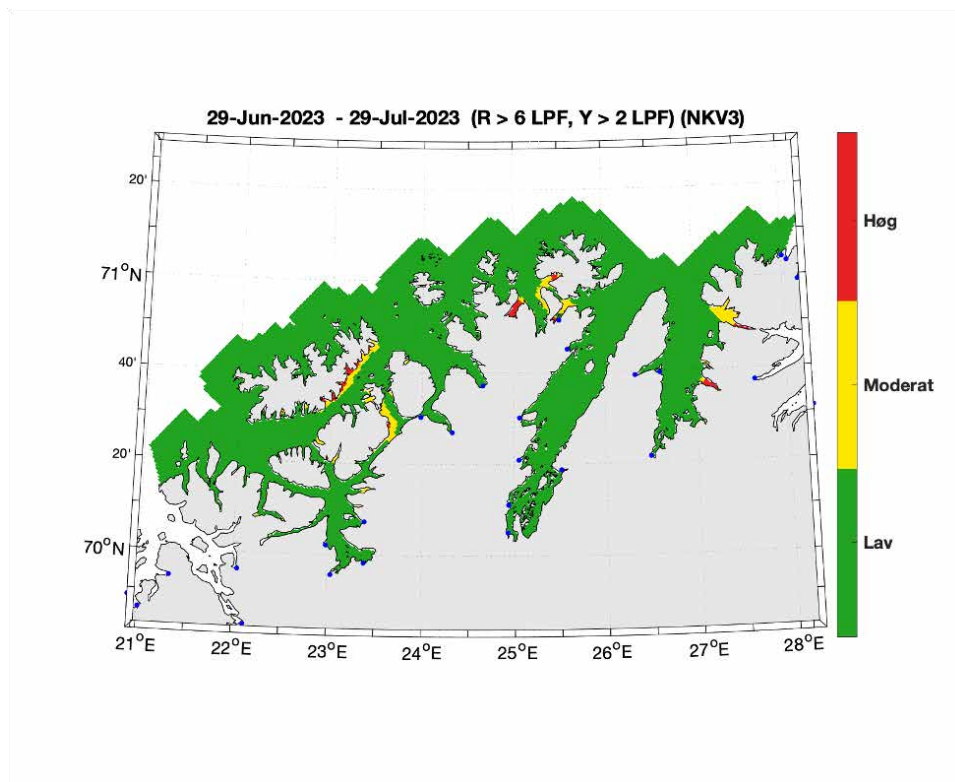
**Figur 100.** Lakseførende elver i produksjonsområde 12 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde) og elver vurdert som små og sårbare hvor bare elver med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 100):

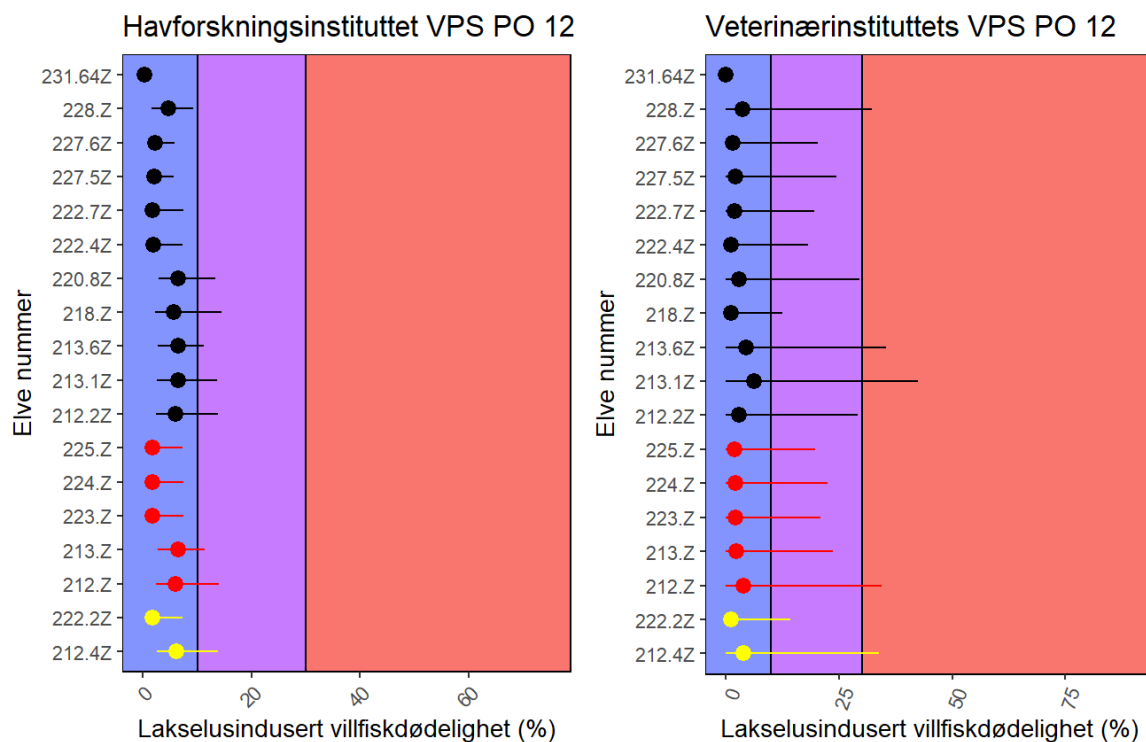
- *Nasjonale laksevassdrag:* Produksjonsområdet har fem nasjonale laksevassdrag (Altaelva, Repparfjordelva, Stabburselva, Lakselva og Børselva - de tre siste i samme fjord).
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* Ingen bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand.
- *Små og/eller sårbare bestander:* To bestander er i denne kategorien (Mattiselva og Strandelvvassdraget).
- *Bestander under reetablering:* Ingen.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Det er lite tegn til et heterogent smittepress, med generelt lavt smittepress en stor del av området (Figur 101). Resultatene fra VPS-modellene viser generelt lite tegn til variasjon utenfor den mest sannsynlige kategorien (Figur 102). Det konkluderes derfor med at det ikke er grunn til å vurdere heterogeniteten noe videre.



**Figur 101.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO12 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 102.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO12 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (røde), elver vurdert som små og sårbare med gytebestandsmål på minst 10 kg (gul), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

### 5.5.13 Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

#### Hovedkonklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023

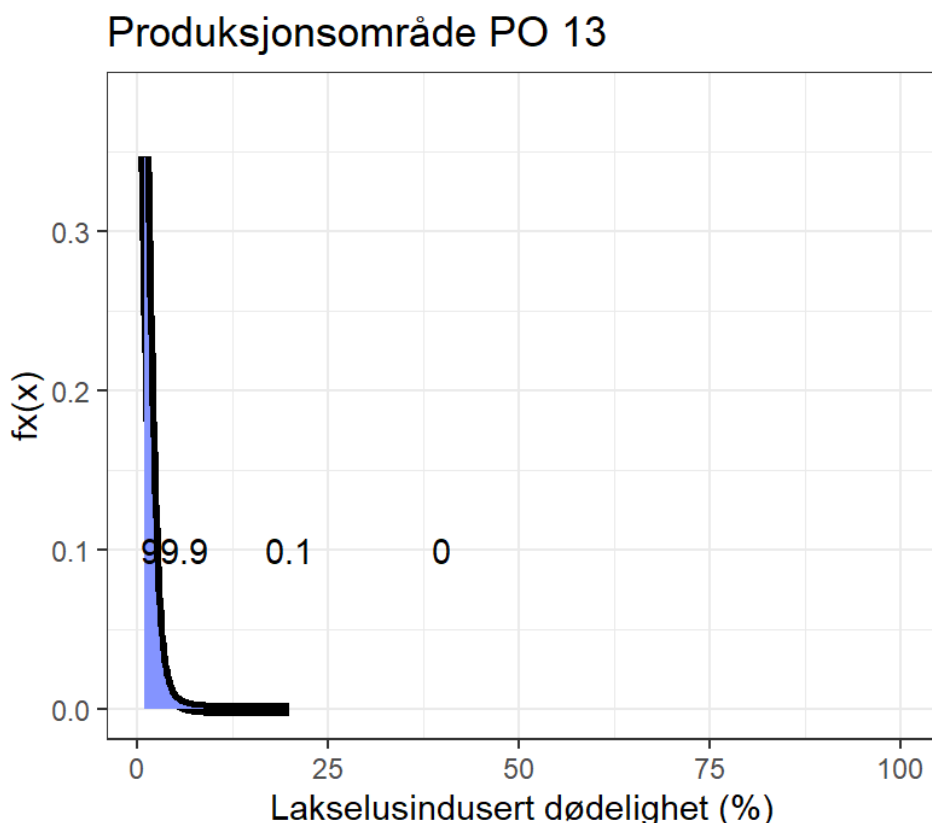
#### Kategorisering i 2023 (Figur 103):

Det er svært sannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var under 10 % i 2023.

Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var mellom 10 og 30 % i 2023.

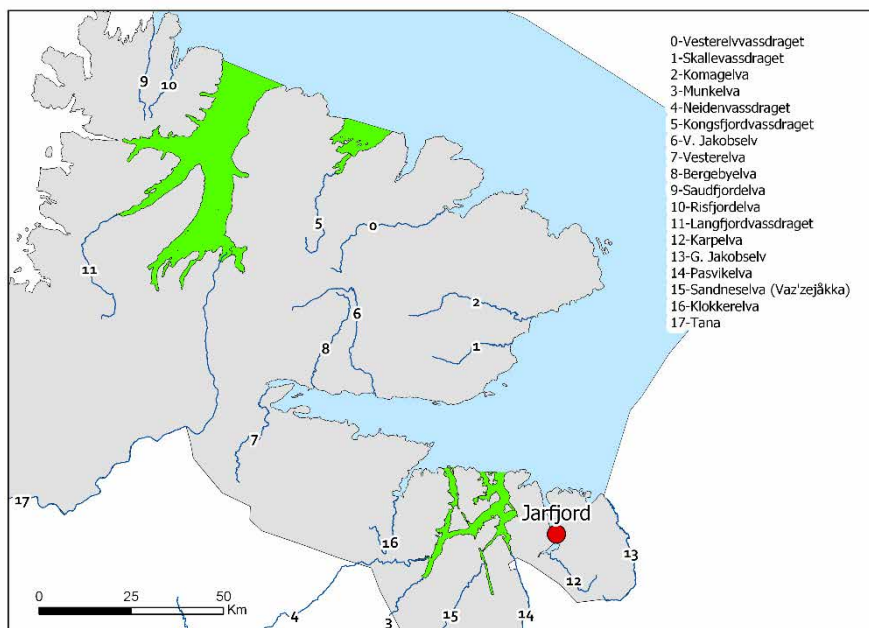
Det er svært usannsynlig at lakselusindusert villfiskdødelighet var over 30 % i 2023.

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

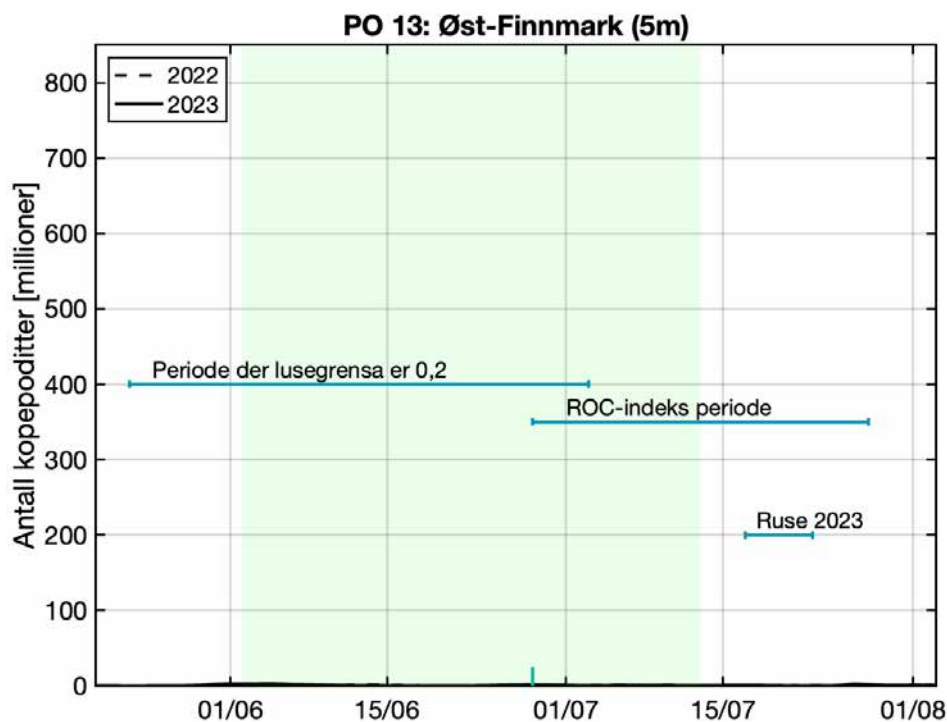


**Figur 103.** Omforent vurdert sannsynlighetsfordeling for lakselusindusert villfiskdødelighet. De tre skraverete områdene illustrerer den kumulative sannsynlighet under grafen for de tre intervallene; det vil si blå er sannsynlighet for at dødeligheten er mellom 0-10 %, rosa er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 10-30 % og rød er sannsynligheten for at dødeligheten er mellom 30 til 100 %.

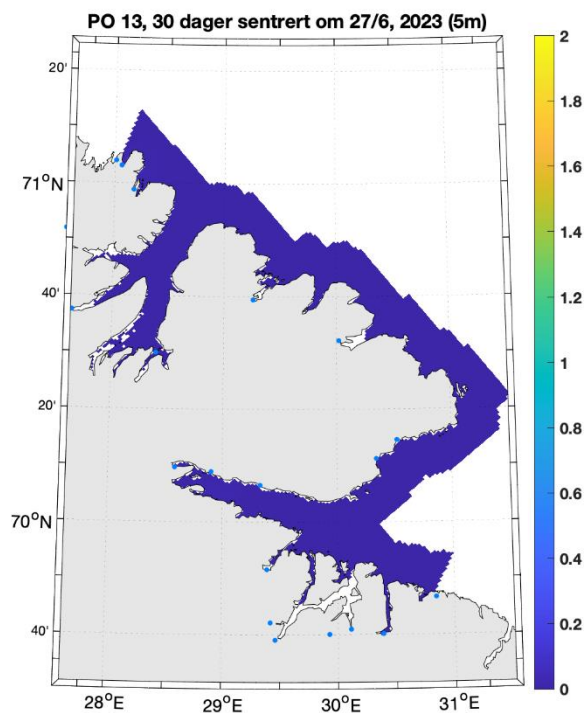
**Argumentasjon:** Modellresultatene fra HI og VIs VPS indikerer begge svært lav lakselusindusert villfiskdødelighet (0,1% og <0,1%). Det er ingen trål- eller burdata i området og det er derfor ingen områdejustert dødelighet. Smittepresset er lavt i hele POet. Resultatene fra overvåkningsdata avviker noe fra modellresultatene ettersom det er moderate påslag av lakselus på sjørretten i Jarfjord. Overvåkningsdata fra området er imidlertid svært mangelfulle, men vurderingene ansees likevel som sikre ettersom det er store områder uten oppdrettsaktivitet.



**Figur 104.** Produksjonsområde 13. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonen (rød sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 105.** Modellert tidsutvikling av antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 13 i 2022 (stiplet linje) og 2023 (heltrukken) fra HIs modell. Loddrett grønn linje indikerer middelverdi av midtpunkt for utvandningsperiode for laksesmolt (27/6) fra elvene i produksjonsområdet, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer tidsperioden for redusert lusegrense (0,2 lus/fisk), ROC-indeks perioden (HI smittepress) og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (sjøørret ruse).



**Figur 106.** Modellert antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 5 meter i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden 2023.

*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 laksevassdrag, 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 POet. Se Vedlegg I for detaljer om de forskjellige elvene.

## Resultater 2023

*Sjørret ruser:* Undersøkelsen i Jarfjorden med garn indikerer moderat luserelatert dødelighet på sjørret og sjørøye. Undersøkelsen er foretatt uke 29, 3-4 uker etter gjennomsnittlig utvandring for elvene i området. Det er ingen økning i utslipp av klekte nauplier fra anlegg i ukene 20-30, og smittekartene indikerer ikke områder med forhøyet smittepress i smoltutvandringsperioden. Overvåkningsdata og smittepress avviker derfor, og det kan skyldes enten en naturlig lokal oppblomstring av parasitten, eller være fra kilder vi ikke kjenner. Da resultatene ikke er ventet ut fra oppdrettsaktiviteten i området, undersøkelsen er foretatt sent, og dette er den eneste stasjonen undersøkt, vurderes usikkerheten som stor.

*HI smittepress:* Det kalibrerte smittepresset er lavt i hele dette området, og laksesmolten som vandret ble trolig påvirket i liten grad av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene (Figur 39 i Vedlegg IV). 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, med liten usikkerhet.

*III VPS:* Produksjonsområde 13 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 100% av elvene har samme kategorisering som for hele POet (Figur 40 i Vedlegg IV). Gjennomsnittlige verdier i tidsrommet 2012 – 2023 viser at den estimerte dødeligheten er kategorisert som lav alle år. Den kategoriserte dødeligheten for hele området er lav uavhengig av tidlig eller sen utvandring og toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO13 er derfor vurdert som liten.

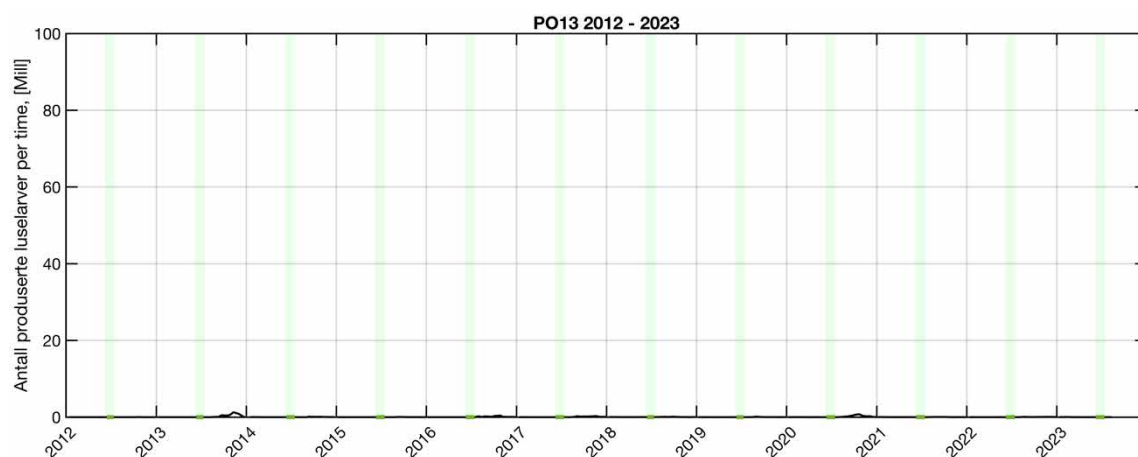
*VI VPS:* Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var under 1 % og i lav kategori (Figur 18 i Vedlegg IV). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset 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 POet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 % for alle elvene i produksjonsområdet (Tabell 14 og Figur 18 i Vedlegg IV).

### Tidsutvikling i antall produserte lakseluselarver

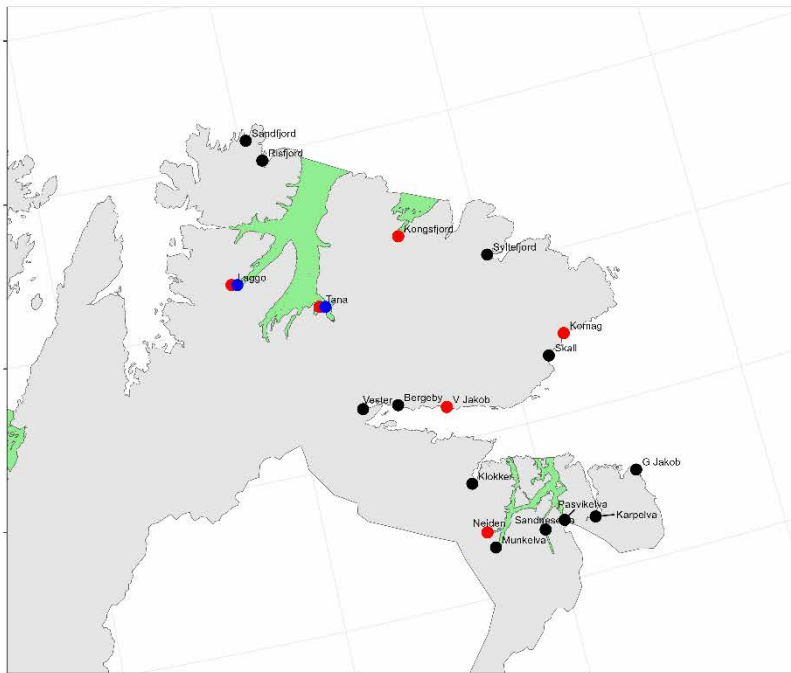
Antall produserte lakseluselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2023 (Figur 107).



**Figur 107.** Utslipp av lakseluselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 13) 2012-2023, beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markerer utvandringstidene per år.



## Heterogenitet produksjonsområde 13: Øst-Finnmark



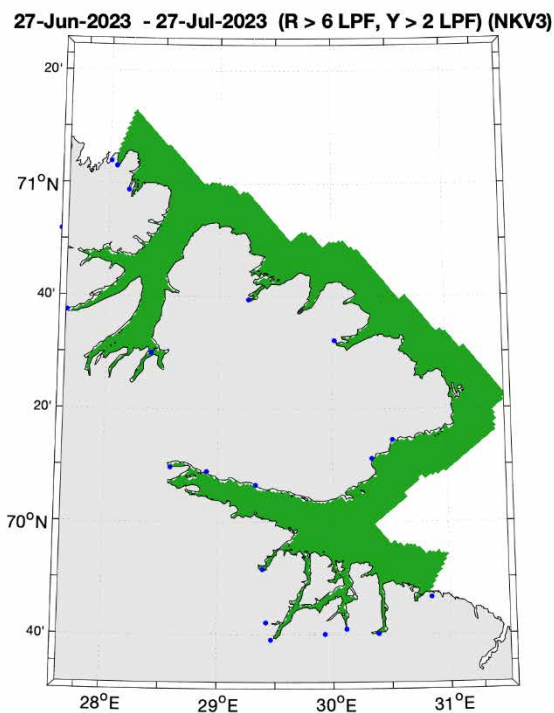
**Figur 108.** Lakseførende elver i produksjonsområde 13 (svarte sirkler), hvor nasjonale laksevassdrag (røde), og elver med dårlig eller svært dårlig delnorm gytebestandsmål og høstingspotensiale (blå) er fremhevet. Nasjonale laksefjorder er fargelagt i grønn.

### Forekomst av sårbare og viktige bestander (Figur 108):

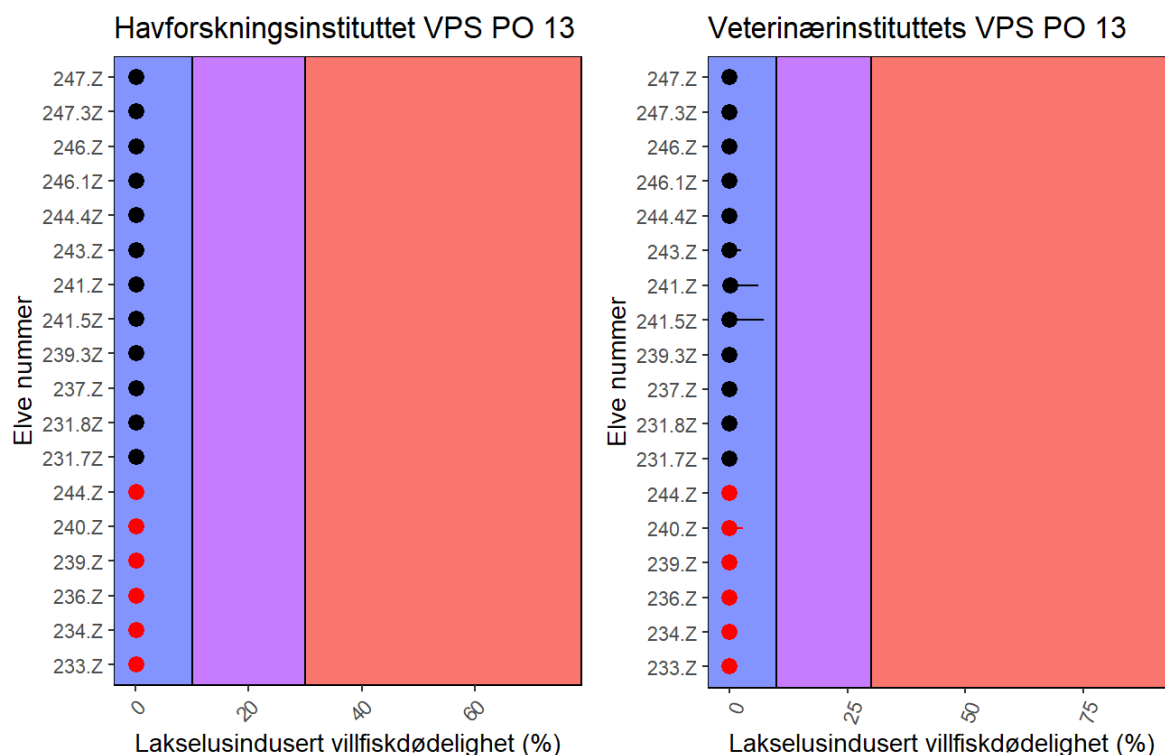
- *Nasjonale laksevassdrag:* Det er seks nasjonale laksevassdrag (Laggo, Tanaelva, Kongsfjordelva, Komagelva, V. Jakobselv og Neidenelva).
- *Gytebestandsmål og høstingspotensial:* To bestander er i dårlig eller svært dårlig tilstand (Laggo og Tana).
- *Små og/eller sårbare bestander:* Ingen.
- *Bestander under reetablering:* Ingen.

### Vurdering av heterogenitet for 2023

Det er lite tegn til et heterogent smittepress, med generelt lavt smittepress i hele området (Figur 109). Resultatene fra VPS-modellene viser generelt lite tegn til variasjon utenfor den mest sannsynlige kategorien (Figur 110). Det konkluderes derfor med at det ikke er grunn til å vurdere heterogeniteten noe videre.



**Figur 109.** Kartet viser områder med lavt (grønt), moderat (gult) og høyt (rødt) smittepress i PO13 for fisk som var i området i 30 dager fra midtpunktet for smoltutvandring i 2023. Smittepresset er beregnet som Relative Operating Characteristic (ROC) basert på spredning av lakselus modellert av Havforskningsinstituttet (Vedlegg IV).



**Figur 110.** Lakselusindusert dødelighet blant villfisk i PO13 estimert ved bruk av virtuell-postsmoltmodeller. Veterinærinstituttets modell viser usikkerhetsintervaller basert på den erfaringsmessige variasjonen mellom områder og år i lusepåslag for et gitt kalkulert smittepress, mens Havforskningsinstituttet viser usikkerhet basert på de høyeste og laveste verdiene fra sensitivitetsanalysene. Nasjonale laksevassdrag (røde), og øvrige elver (markert i svart) er gruppert i plottet. Elver som er NLV er vist i rødt også om de i tillegg er i andre kategorier.

**Konklusjon:** Resultatene viser ikke heterogenitet i lakseluspåvirkning mellom bestander som tilsier at enkeltbestander har høyere dødelighet enn 10 %.

## 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, og denne vurderingen er fortsatt gjeldene. I områder med høy vertstetthet, kan lakselusindusert dødelighet av vill 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 15). 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 POer. 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 15.** Ekspertgruppens hovedkonklusjoner for kategorisering av luseindusert villfiskdødelighet for utvandrende postsmolt av laks i alle produksjonsområder i perioden 2016-2023.

PO	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
2	Mod	Lav	Mod	Lav	Høy	Lav	Mod	Mod
3	Høy	Høy	Høy	Mod	Høy	Høy	Høy	Høy
4	Mod	Høy	Mod	Høy	Mod	Høy	Høy	Mod
5	Mod	Mod	Mod	Høy	Lav	Mod	Mod	Mod
6	Mod	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Mod	Mod
7	Mod	Lav	Mod	Lav	Mod	Mod	Mod	Mod
8	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Mod	Lav
9	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
10	Lav	Lav	Lav	Mod	Lav	Lav	Lav	Lav
11	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
13	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav

### 6.1 Endring i biomasse og lusetall i hvert produksjonsområde

Som i rapportene foregående år (fra 2020 til og med 2022) viser vi i år tidsserier over oppdrettsintensitet og antall lakselus i de ulike POene. For å kunne sammenligne de forskjellige POene har vi delt produksjons- og lusetallene på antall kvadratkilometer innenfor grunnlinjen i hvert PO. I denne rapporten har vi oppdatert figurene med å inkludere data for 2023 (Figur 111-113). I årets rapport legger vi også ved tabeller som viser gjennomsnitt av rapportert antall fisk (beholdning) pr kvadratkilometer om våren i hvert PO gjennom hver toårsperiode som inngår i trafikkløssystemet (Tabell 16), samt, gjennomsnitt av rapporterte ukentlige lusetall

(Tabell 17), og gjennomsnitt antall hunnlus pr kvadratkilometer (lusetall \* beholdning, Tabell 18) om våren for de samme toårsperiodene. Merk at det er noen mindre avvik mellom tidligere års tall og årets beregninger, på grunn av endrede rutiner i behandling av grunnlagsdata.

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*. I PO2 har totalantall hunnlus om våren økt for hver to-årsperiode fra 2016-2017 til 2022-2023, hovedsakelig på grunn av høyere antall rapporterte lus per fisk. I PO3 har derimot totalantall hunnlus om våren blitt redusert i to-årsperiodene fra 2018-2019 til 2022-2023, hovedsakelig på grunn av lavere antall rapporterte lus per fisk. Antall lus per kvadratkilometer i PO3 er likevel blant de høyeste i landet. Også i PO4 er det en nedgang i totalantall hunnlus om våren fra 2020-2021 til 2022-2023. Denne nedgangen skyldes utelukkende lavere antall rapportert lus per fisk, da antall fisk har økt. I PO5 til PO12 er det generelt økende totalantall hunnlus om våren gjennom de siste to-årsperiodene i tråd med generelt økende antall oppdrettsfisk, men med variasjoner som skyldes forskjeller i antall rapporterte lus per fisk.

**Tabell 16.** Gjennomsnitt antall oppdrettsfisk (beholdning) om våren delt på antall km<sup>2</sup> i hvert PO for toårsperiodene 2012-2013, 2014-2015, 2016-2017, 2018-2019, 2020-2021 og 2022-2023. Gjennomsnittet er beregnet for ukene med lavere lusegrense (uker 16-21 i PO1-PO7, uker 21-26 i PO 8-13).

Gjennomsnitt antall fisk (beholdning) pr måned delt på antall km <sup>2</sup> i hvert PO							
Produksjonsområde	Periode						Areal i PO km <sup>2</sup>
	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019	2020-2021	2022-2023	
1	1348	1007	1436	707	1550	415	3854
2	9147	10964	9735	11013	9416	10816	2083
3	16177	14909	15502	14705	15367	14487	3646
4	8517	9170	9177	8555	8564	9003	5625
5	5286	5677	5274	5958	5648	6554	3958
6	6573	6002	7137	6755	6924	6875	10312
7	5318	6488	5208	5941	5551	6338	5000
8	3043	3067	3158	3326	3291	3518	13020
9	2308	2125	2649	2532	2688	2654	15833
10	6388	7004	7003	7702	7292	8290	4687
11	2942	2827	3090	3198	3541	3735	6770
12	2845	3262	3220	3500	3162	3540	10729
13	894	863	790	515	748	752	3854

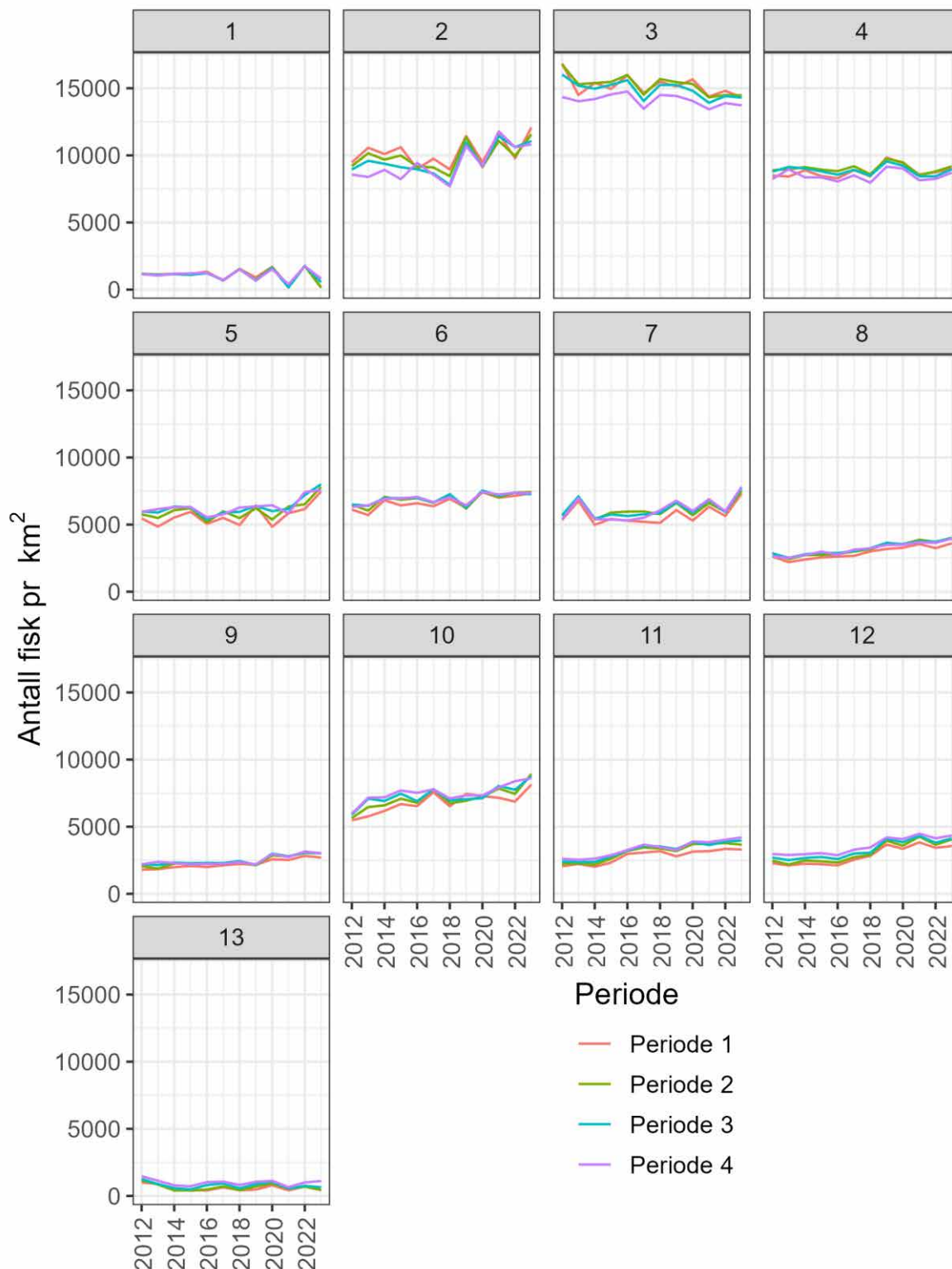
## Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning

**Tabell 17.** Gjennomsnitt av rapporterte antall hunnlus per oppdrettsfisk om våren i hvert PO for toårsperiodene 2012-2013, 2014-2015, 2016-2017, 2018-2019, 2020-2021 og 2022-2023. Gjennomsnittet gjelder antall voksne hunnlus per fisk i ukene med lavere lusegrense (uker 16-21 i PO1-PO7, uker 21-26 i PO 8-13).

Gjennomsnitt rapportert lusetall pr uke i hvert PO						
Produksjonsområde	Periode					
	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019	2020-2021	2022-2023
1	0,007	0,025	0,016	0,017	0,023	0,027
2	0,077	0,068	0,065	0,100	0,125	0,129
3	0,071	0,059	0,099	0,118	0,101	0,077
4	0,079	0,047	0,074	0,090	0,096	0,081
5	0,086	0,097	0,073	0,136	0,107	0,110
6	0,066	0,053	0,078	0,079	0,115	0,080
7	0,045	0,089	0,106	0,102	0,084	0,056
8	0,049	0,024	0,076	0,047	0,066	0,055
9	0,050	0,037	0,042	0,061	0,034	0,064
10	0,055	0,041	0,041	0,036	0,044	0,052
11	0,033	0,042	0,022	0,028	0,026	0,035
12	0,018	0,033	0,027	0,033	0,032	0,034
13	0,003	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001

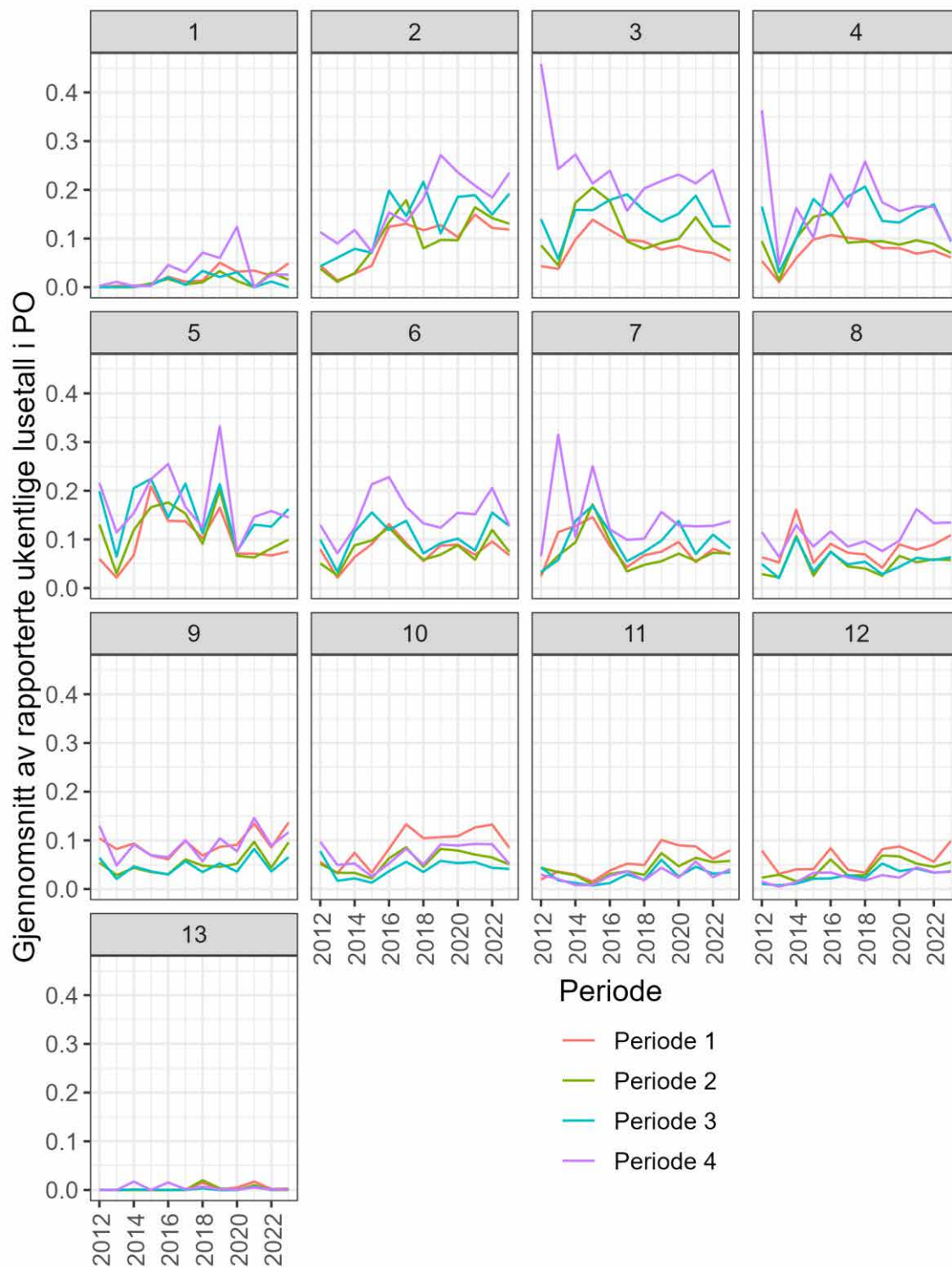
**Tabell 18.** Gjennomsnitt av antall hunnlus pr km<sup>2</sup> om våren, beregnet som produktet av rapportert lusetall og beholdning, i hvert PO for toårsperiodene 2012-2013, 2014-2015, 2016-2017, 2018-2019, 2020-2021 og 2022-2023. Gjennomsnittet er beregnet for ukene med lavere lusegrense (uker 16-21 i PO1-PO7, uker 21-26 i PO 8-13).

Gjennomsnitt antall hunnlus (lusetall * beholdning) pr måned delt på antall km <sup>2</sup> i PO							
Produksjonsområde	Periode						Areal i PO km <sup>2</sup>
	2012-2013	2014-2015	2016-2017	2018-2019	2020-2021	2022-2023	
1	9	25	22	12	35	11	3854
2	706	745	632	1106	1180	1399	2083
3	1146	881	1529	1733	1552	1117	3646
4	671	431	678	767	821	732	5625
5	456	551	386	808	604	719	3958
6	431	319	560	535	797	551	10312
7	237	579	554	606	465	354	5000
8	149	75	240	155	217	195	13020
9	115	78	112	153	90	171	15833
10	352	286	285	279	321	431	4687
11	96	118	69	90	90	130	6770
12	52	109	87	115	101	121	10729
13	3	0	0	2	0	1	3854



**Figur 111.** Totalt antall oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2023, 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 km<sup>2</sup> er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirktoratet

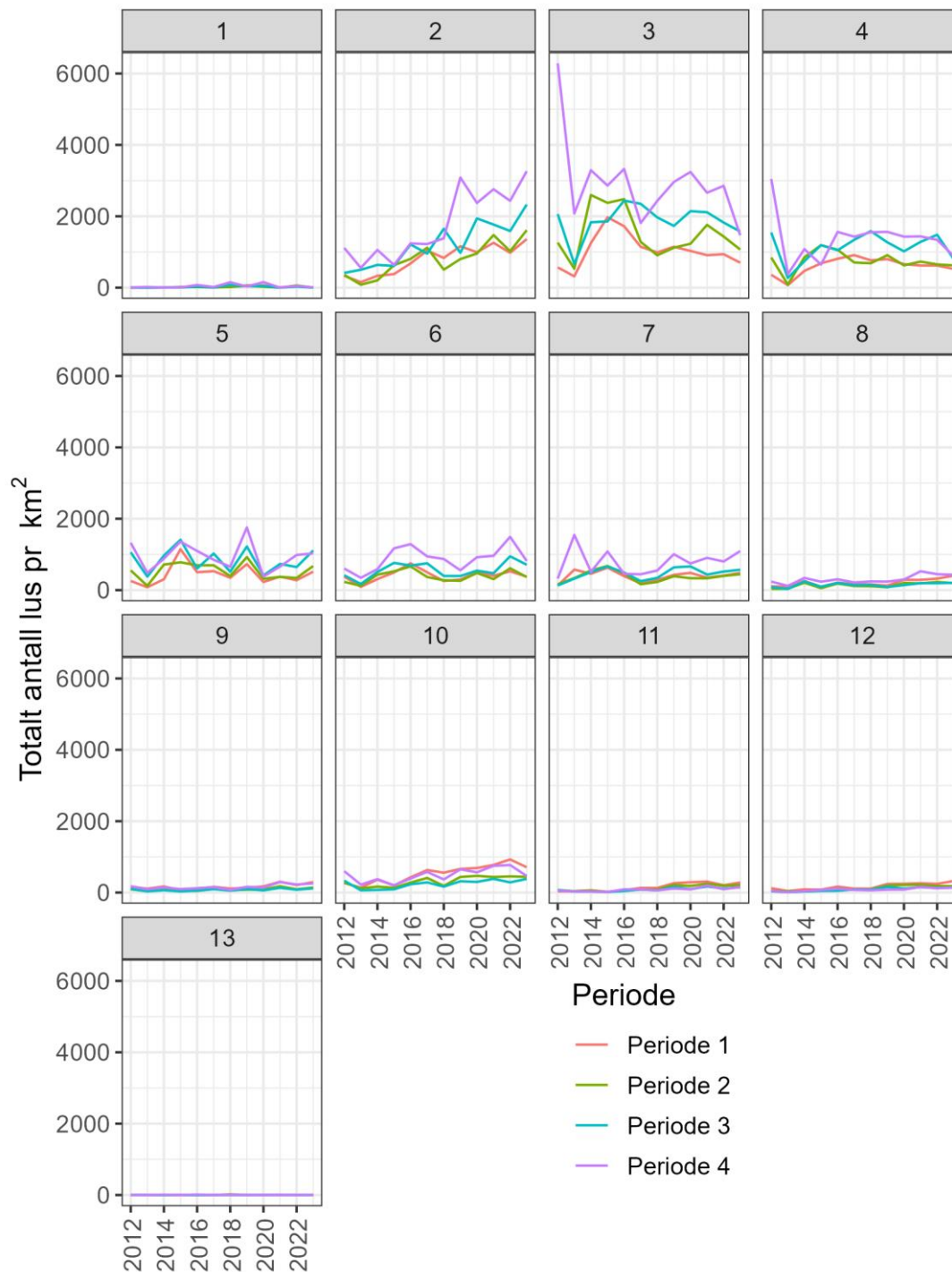
via Altinn. Verdier for periode 4 for 2023 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden. Sjøareal pr PO er oppgitt i tabell 19, siste kolonne.



**Figur 112.** Snitt antall hunnlus per oppdrettsfisk i snitt per PO i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2023, 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



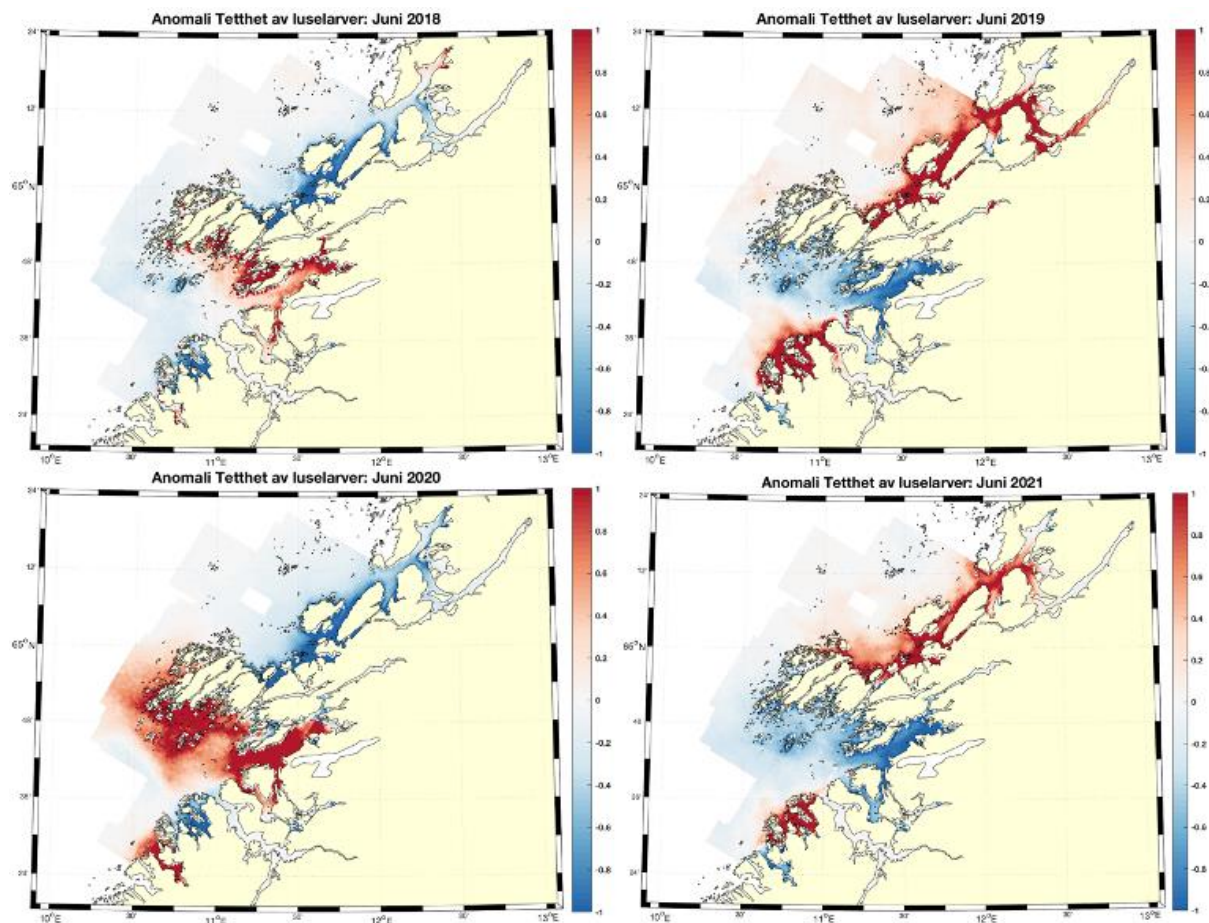
rapporterte lusetall (y-verdier) er gjennomsnitt av alle rapporterte lusesnitt for hver periode hvert år. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet. Verdier for periode 4 for 2023 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden



**Figur 113.** Totalt antall hunnlus per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2023, 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 2023 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden. Sjøareal pr PO er oppgitt i tabell 19, siste kolonne.

## 6.2 Mellomårsvariasjon i smittepress grunnet produksjonssykluser

I rapportene for 2020 og 2021 ble det 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 PO. Et anomalikart fra PO7 viser denne dynamikken i fire påfølgende år med en toårig syklus i smitteutbredelse (Figur 114). 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 114. 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, 2022-34, ISSN: 1893-4536
- 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.
- Barker, S.E., Bricknell, I.R., Covello, J., Purcell, S., Fast, M.D., Wolters, W. & Bouchard, D.A. (2019). Sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer 1837), infected Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) are more susceptible to infectious salmon anemia virus. *PloS one* 14: p.e0209178.
- 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.
- Bui, S., Halttunen, E., Mohn, A.M., Vågseth, T. & Oppedal, F. 2018. Salmon lice evasion, susceptibility, retention, and development differ amongst host salmonid species. *ICES Journal of Marine Science* 75: 1071-1079.
- 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., Albretsen, 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.
- Davidson, J.G., Rikardsen, A.H., Halttunen, E., Thorstad, E.B., Økland, F., Letcher, B.H., Skarðhamar, J. & Næsje, T.F. (2009). Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts: effects of environmental factors. *Journal of Fish Biology* 75: 1700-1718.
- 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.
- Godwin, S.C., Fast, M.D., Kuparinen, A., Medcalf, K.E. & Hutchings, J.A. (2020). Increasing temperatures accentuate negative fitness consequences of a marine parasite. *Scientific Reports* 10: 18467.
- Grefsrud, E.S., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Glover, K.A., Husa, V., Hansen, P.K., Grøsvik, B.E., Samuelson, O.B., Sandlund, N., Stien, L.H. & Svåsand, T. (2021). Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2021-kunnskapsstatus-Kunnskapsstatus effekter av norsk fiskeoppdrett. *Rapport fra Havforskningen* 2021-7, 281 s.
- 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., Sægrov, 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.
- Ives, S.C., Armstrong, J.D., Collins, C., Moriarty, M. & Murray, A.G. (2023). Salmon lice loads on Atlantic salmon smolts associated with reduced welfare and increased population mortalities. *Aquaculture Environment Interactions*: 15: 73-83.
- 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>>.
- Medcalf, K.E., Hutchings, J.A., Fast, M.D., Kuparinen, A. & Godwin, S.C. (2021). Warming temperatures and ectoparasitic sea lice impair internal organs in juvenile Atlantic salmon. *Marine Ecology Progress Series* 660: 161-169.
- 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., 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.
- Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Johnsen, I., Vågseth, T. & Dempster, T. (2016). Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1841-1851.
- 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.
- Shchepetkin, A.F. & McWilliams, J.C. (2005). The Regional Ocean Modeling System (ROMS): A split-explicit, free-surface, topography-following coordinates ocean model. *Ocean Modelling* 9: 347-404.

- 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.
- Skarøhamar, 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.
- Skern-Mauritzen, R., Sissener, N.H., Sandvik, A.D., Meier, S., Sævik, P.N., Skogen, M.D., Vågseth, T., Dalvin, S., Skern-Mauritzen, M. & Bui, S. (2020). Parasite development affect dispersal dynamics; infectivity, activity and energetic status in cohorts of salmon louse copepodids. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 530-531: 151429.
- 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*.
- Susdorf, R., Salama, N.K. & Lusseau, D. (2018a). Influence of body condition on the population dynamics of Atlantic salmon with consideration of the potential impact of sea lice. *Journal of Fish Diseases* 41: 941-951.
- Susdorf, R., Salama, N.K., Todd, C.D., Hillman, R.J., Elsmere, P. & Lusseau, D. (2018a). Context-dependent reduction in somatic condition of wild Atlantic salmon infested with sea lice. *Marine Ecology Progress Series* 606: 91-104.
- 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.
- Thompson, C., Bui, S., Dalvin, S. & Skern-Mauritzen, R. (2023). Disentangling the key drivers of salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* fecundity using multiyear field samples. *Aquaculture Environment Interactions* 15: 161-178.

- 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.
- Thorstad, E.B., Bergh, Ø., Bøhn, T., Fiske, P., Forseth, T., Stige, L.C. & Vollset, K.W. (2022). Vurdering av kriterier for å vekte laksebestander i Trafikklyssystemet. *Rapport fra Ekspertgruppe for vurdering av kriterier for vekting av bestander*. 58 s.
- 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. (2013b). 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. (2013a). 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., Krontveit, 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.
- Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Karlsen, Ø., Paterson, R.A., Qviller, L., Skardhamar, J., Stige, L.C., Sægrov, H., Ugedal, O., Dalvin, S. (2022). Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2022. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Vollset, K.W., Ellingsen, I., Karlsen, Ø., Lien, V., Nilsen, F., Paterson, R.A., Qviller, L., Skardhamar, J., Stige, L.C., Sægrov, H., Ugedal, O., Dalvin, S. (2023). Vurdering av heterogenitet i lakselusindusert villfiskdødelighet innen produksjonsområder i 2022. Oppdatert med nye modeller. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- 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.

## Vedlegg

Vedlegg I: Oversikt over laksevassdrag og utvandringstidspunkt for smolt

Vedlegg II: En vurdering av lakselusinfestasjonen i produksjonsområdene 2023

Vedlegg III: Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur

Vedlegg IV: Modellert påvirkning av lakselus på vill laksefisk

Vedlegg V: Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2023

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

Vedlegg VII: Skjema for vurdering

Vedlegg VIII: Vurdering av heterogenitet i lakselusindusert villfiskdødelighet innen produksjonsområder i 2022. Oppdatert med nye modeller.