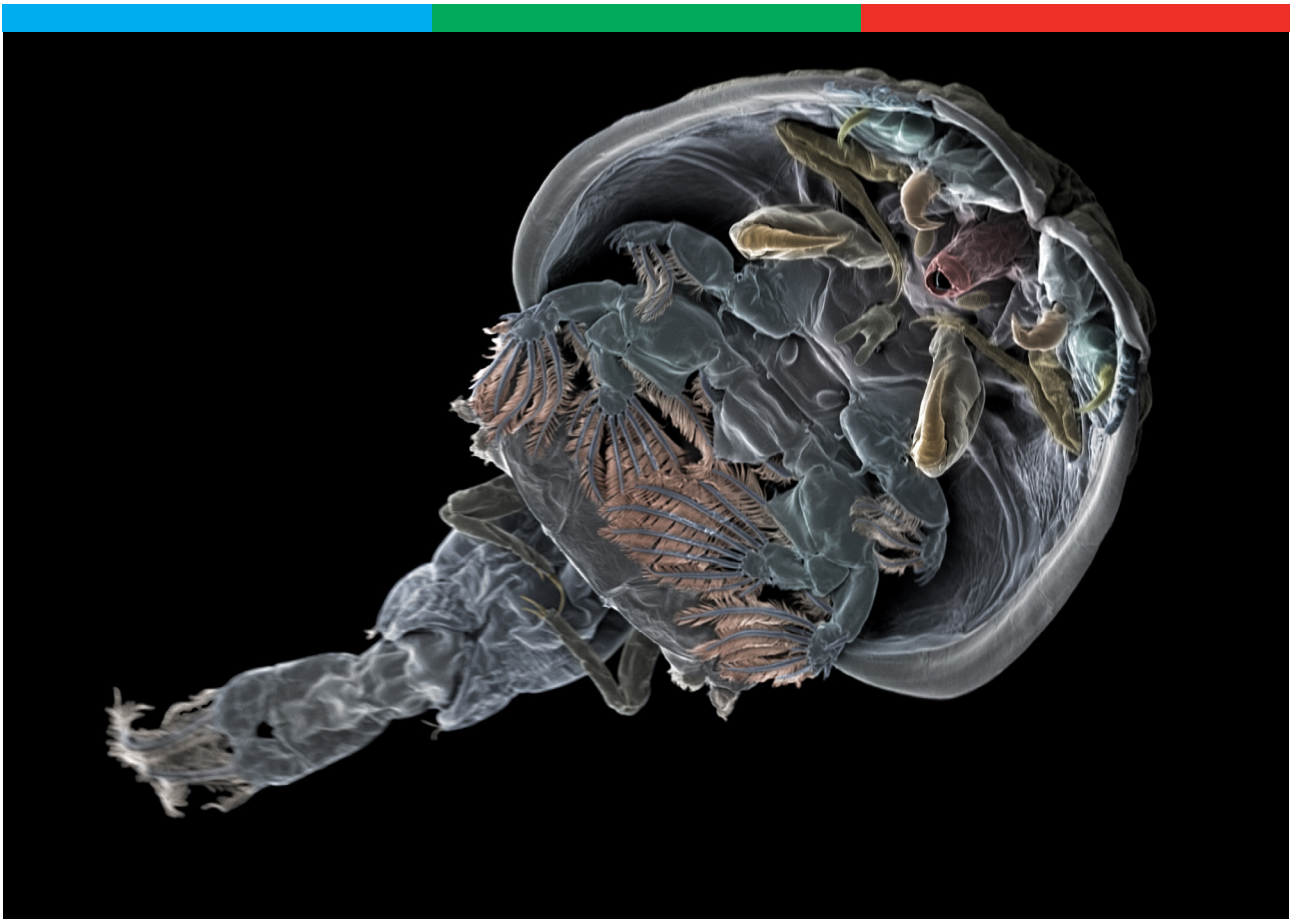




Kvantifisering av lakselusindusert dødelighet av villaks i 2024



Kvantifisering av lakselusindusert dødelighet av villaks i 2024

Forfattere

Leif Christian Stige, Kari Olli Helgesen, Lars Erik Gangsei og Lars Qviller

Forslag til sitering

Stige, L.C., Helgesen, K.O., Gangsei, L.E., Qviller, L. 2024. Kvantifisering av lakselusindusert dødelighet av villaks i 2024. Veterinærinstituttet. VI rapport 48/2024.

© Veterinærinstituttet, kopiering tillatt når kilde gjengis

Publisert

2024 på www.vetinst.no

ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave)

© Veterinærinstituttet 2024

Oppdragsgiver eller Samarbeidspartner

Nærings- og fiskeridepartementet

Kolofon

Design omslag: Reine Linjer

Foto forside: Lakselus sett i elektronmikroskop (bildet er fargelagt). Foto: Jannicke Wiik-Nielsen, Veterinærinstituttet.

www.vetinst.no

Innhold

Sammendrag	3
Innledning	5
Modellbeskrivelse	6
Smittepress	6
Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på postsmolt	7
Samsvar mellom modellprediksjoner og observasjoner av lus på postsmolt	9
Beregning av lusepåslag og luseindusert dødelighet av utvandrende laksepostsmolt	11
Sensitivitetsanalyser	13
Heterogenitetsberegninger	13
Endringer fra fjorårets trafikklysanalyser	14
Vurdering av status i produksjonsområdene	16
Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren	18
Produksjonsområde 2: Ryfylke	20
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	22
Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt	24
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	26
Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag	28
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	30
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø	32
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	34
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	36
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	38
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	40
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	42
Tidstrender	44
Diskusjon	47
Tallfestingen av usikkerhet	47
Områder med mer eller mindre lakselus enn forventet utfra smittepresset	48
Sensitivitet for modellantakelser	49
Konklusjon	51
Referanser	52
Vedlegg 1. Vassdragstabell	55
Vedlegg 2. PO-tabell	56

Sammendrag

Produksjonsområdeforskriften fra 2017 beskriver hvordan oppdrettsintensiteten i 13 produksjonsområder skal reguleres etter miljøpåvirkning fra oppdrettsnæringa. I første omgang gjelder dette påvirkningen på vill laksefisk i form av dødelighet som følge av lakselus som reproducerer i oppdrettslokaliteter (heretter kalt lakselusindusert dødelighet). Vi presenterer her en modell for kvantitativ vurdering av risiko (risikomodell) med estimater for lakselusindusert dødelighet av utvandrende vill postmolt av laks fra norske vassdrag. Risikomodellen er sammensatt, og følger en kjede av hendelser, fra smitteproduksjon i oppdrett til luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt. Beregnet lusepåslag og luseindusert dødelighet presenteres for i alt 401 vassdrag over årene 2012 - 2024. Modellen er utarbeidet som innspill til Ekspertgruppen i Trafikklyssystemet, som årlig vurderer lakselusindusert dødelighet av vill laksepostsmolt i 13 produksjonsområder (Stige mfl. 2024b).

Modellresultatene tilsier at lakselusindusert dødelighet i 2024 var over 30 prosent i produksjonsområde 3, mellom 10 og 30 prosent i produksjonsområde 4, 5, 6, 7 og 8 og under 10 prosent i produksjonsområde 1, 9, 10, 11, 12 og 13. Lusepåslaget i modellen kalibreres til observasjoner av lusenivå på postsmolt fra tråling og/eller fra vaktburforsøk. I produksjonsområder med slike data beregnes lakselusindusert dødelighet både utfra den generelle sammenhengen mellom kalkulert smittepress og lusenivå på postsmolt («mediandødelighet») og utfra sammenhengen med årets observasjoner («områdekorrigert dødelighet»). I produksjonsområde 3 til 6 var mediandødelighet og områdekorrigert dødelighet i samme kategori. I produksjonsområde 2 var mediandødelighet mellom 10 og 30 prosent og områdekorrigert dødelighet under 10 prosent. I de resterende produksjonsområdene var det ikke data til å beregne områdekorrigert dødelighet i 2024.

Dødelighetsestimatene er usikre for mange av produksjonsområdene, og observerte lusenivåer på postsmolt varierer betydelig mellom år og produksjonsområder uten at dette kan forklares gjennom variasjon i smittepress. Usikkerheten reduseres for produksjonsområder der det fins observasjoner av lusenivåer på postsmolt, som gjør at lusenivået kan korrigeres til årets observasjoner. Usikkerheten er også mindre for gjennomsnittlig dødelighet over flere år, selv om dødeligheten for enkeltår er vanskelig å forutsi. For de fleste produksjonsområdene med observasjoner av postsmolt over flere år, fordeler observert lusenivå seg jevnt rundt modellprediksjonene. Unntak er produksjonsområde 3 og 4, der lusenivået observert på postsmolt ofte er høyere enn modellprediksjonene, og 12, der lusenivået ofte er lavere.

Resultatene indikerer at enkeltbestander kategorisert som spesielt sårbare og/eller viktige kan ha høyere lakselusindusert dødelighet enn gjennomsnittet for produksjonsområdet som helhet i produksjonsområde 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11 og 12.

Risikomodellen er oppdatert med nye data siden i fjor. Det er også noen tekniske endringer i beregningsmetodikken, som ikke er forventet å påvirke resultatene i nevneverdig grad. Reestimering av lakselusindusert dødelighet for årene 2012-2023 viser ingen store endringer fra resultatene rapportert i 2023.

Beregningene er sensitive for mange av antakelsene i hendelsesforløpet i risikomodellen; er antagelsene feil, påvirker det resultatene. Dette gjelder spesielt for antakelser om postsmoltens tålegrenser for lakselus, utvandringstider og vandringsruter fra elv til hav. Årets rapport inneholder oppdaterte sensitivitetsanalyser for antakelsene om postsmoltens

tålegrenser og utvandringstider. Det er usikkert hvor godt tråldataene representerer den samlede populasjonen av utvandrende vill laksepostsmolt. Selv om de absolutte modellresultatene er beheftet med store usikkerheter, gir resultatene god forståelse av lakselusindusert dødelighet i tid og rom, og er dermed med på å oppfylle mandatet til Ekspertgruppen.

Innledning

Produksjonsområdeforskriften fra 2017 (FOR-2017-01-16-61) deler kysten inn i 13 produksjonsområder. I forskriften er den påvirkningen som lakselus har på vill laksefisk definert som en bærekraftsindikator. Det innebærer lakselusindusert dødelighet av utvandrende postsmolt av laks, førstegangsutvandrende postsmolt av sjøørret og sjørøye, og av beitende flergangsutvandrende sjøørret og -røye.

Denne rapporten dokumenterer Veterinærinstituttets innspill til den såkalte Ekspertgruppen i Trafikklyssystemet. Ekspertgruppen ble nedsatt av en styringsgruppe, som selv ble nedsatt av Nærings- og fiskeridepartementet, begge for perioden 2024-2025. Ekspertgruppens mandat er årlig å vurdere lakselusindusert dødelighet av villaks i de 13 produksjonsområdene (Stige mfl. 2024b). Veterinærinstituttets innspill er basert på en modell for kvantifisering av risiko (risikomodel) for lusepåslag og luseindusert dødelighet hos utvandrende vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag. Risikomodelen beskrives i Kristoffersen mfl. 2018 og Stige mfl. 2022. Hovedelementene som inngår i risikomodelen er først data om vassdragene, herunder beregnet potensial for produksjon av smolt og utvandringstider, opparbeidet av NINA (Forseth mfl. 2017, Diserud & Paterson 2024, Vollset mfl. 2021a); deretter lusepåslagsdata fra postsmolttråling og burforsøk gjennomført i regi av Nasjonalt overvåkingsprogram for lakselus på vill laksefisk (Nilsen mfl. 2024); videre beregnet smittepress fra oppdrett basert på Veterinærinstituttets avstandsbaserte smittepressmodell (Kristoffersen mfl. 2014, Stige mfl. 2021a); og endelig antatt sammenheng mellom lusesmitte og dødelighet hos vill laksepostsmolt (Taranger mfl. 2015).

Risikomodelen er i størst mulig grad utledet fra empiriske data. Dette gjelder alle prosesser som inngår i kjeden av skisserte hendelser, fra smitteproduksjon i oppdrett til luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt. Hendelseskjeden i risikomodelen er imidlertid beheftet med store usikkerheter og få observasjoner, slik at man må foreta en rekke antakelser om hvordan gitte prosesser foregår. Av kritiske antakelser, som kan ha stor påvirkning på resultatene, kan nevnes at forekomsten av lakselus på vill laksepostsmolt fanget i trål er representativt for lusepåslaget på den samlede populasjonen av utvandrende vill laksepostsmolt. Videre antas at den ville laksepostsmolten vandrer ut korteste rute fra vassdragsutløp i sjø til hav, med en gitt vandringshastighet og til en kjent tid. Endelig antar vi at et gitt påslag av lus på den ville laksepostsmolten fører til overdødelighet av postsmolten med en gitt sannsynlighet.

Modellbeskrivelse

Risikomodellen omfatter en kjede av hendelser/prosesser som starter med produksjon av lakselusnauplier (larver) fra lus på fisk i oppdrett. Disse spres så pelagisk rundt i kystnære farvann. Larvene utvikler seg gjennom to stadier til smittsomme kopepoditter i henhold til temperaturavhengige utviklingsrater (Stien mfl. 2005, Samsing mfl. 2016, Samsing mfl. 2018, Hamre mfl. 2019). Utvandrende vill laksepostmolt utsettes for kopepodittene under sin vandring fra elveutløpene til oppvekstområdene i havet, og kontakt mellom postsmolt og kopepoditter resulterer i at kopepoditter fester seg (påslag). Påslaget i modellen beregnes gjennom en regresjonsmodell som sammenligner modellert smittepress og forekomsten av lakselus på vill laksepostmolt fanget i trål. Regresjonsmodellen bruker også lakselusdata fra kultivert laksepostmolt i såkalte «smoltbur» for å få bedre tallfesting av hvordan lusepåslaget varierer i tid og rom. Metodene for å bestemme lakselus på postsmolt fanget i trål er beskrevet i Johnsen mfl. (2021) og bruken av smoltbur er beskrevet i Bjørn mfl. (2011) og Sandvik mfl. (2020). Endelig vil et påslag av en gitt størrelsesorden medføre en overdødelighet hos laksepostmolten. Modellen er beskrevet i detalj i Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2021a og Stige mfl. 2022. Sensitivitetsanalyser for ulike antakelser som styrer prosessene i risikomodellen finnes i Kristoffersen mfl. 2018 og Stige mfl. 2022. Oppdaterte sensitivitetsanalyser og endringer i modellforutsetninger fra fjorårets trafikklysarbeid er beskrevet i egne avsnitt.

Smittepress

Veterinærinstituttets deterministiske modell for produksjon og spredning av lakselus (smittepressmodellen) gir et mål på smittepress i form av intensitet av smittsomme stadier av lakseluslarver langs kysten. Bakgrunnsdata for modellen er innrapporterte forekomster av kjønnsmodne hunnlus i oppdrettslokaliteter, vanntemperatur og avstand til alle oppdrettsanlegg (Kristoffersen mfl. 2014). Modellen har vært brukt til å beregne påslag av lakselus på fisk i oppdrettsanlegg, på kultivert laksepostmolt som settes i smoltbur på gitt sted over et gitt tidsrom og på vill laksepostmolt fanget i trål (Kristoffersen mfl. 2014; Aldrin 2016; Stige mfl. 2022). Den har også årlig siden 2017 blitt brukt til å beregne lakselusindusert dødelighet av vill laksepostmolt (blant annet Stige mfl. 2023).

Ukentlig rapporterte overvåkingsdata fra oppdrettsanlegg brukes til å beregne produksjon av lakselusnauplier fra de enkelte lokalitetene. Produksjonsdelen av modellen bruker antall laks og gjennomsnittlig antall kjønnsmodne hunnlus per fisk på hver oppdrettslokalitet, samt vanntemperaturer i en populasjonsdynamisk modell for å beregne reproduksjon og overlevelse av neste generasjon lakselus (Stien mfl. 2005, Stige mfl. 2021a).

Spredningsdelen av modellen er en funksjon for hvordan antall lakseluslarver produsert i en lokalitet avtar med avstand fra denne kildelokaliteten (Aldrin mfl. 2019). Smittepresset for et gitt punkt i vannet tilsvarer summen av smittepress fra alle de omkringliggende kildelokalitetene. Smittepresset blir tidsforskjøvet for å ta hensyn til utviklingstid fram til det infektive kopepodittstadiet. Utviklingstidene avhenger av sjøtemperaturen, og beregningen tar også hensyn til dødelighet for de pelagiske utviklingsstadiene for lus. Smittepresset presenteres i form av ukentlige smittepresskart, som er rasterkart med 100x100 m pikselstørrelse. For mer detaljert beskrivelse av beregningen av smittepress, se Kristoffersen mfl. 2014 og Stige mfl. 2021a.

Smittepressmodellen ble oppdatert i 2021a på bakgrunn av ny kunnskap om hvordan smittetrykket avtar med avstanden fra smitekildene, og hvordan sjøtemperaturen påvirker produksjonen av lakseluslarver og lakseluslarvenes evne til å feste seg på postsmolten (Stige mfl. 2021a). De spesifikke endringene som ble gjort er beskrevet i Stige mfl. 2021b.

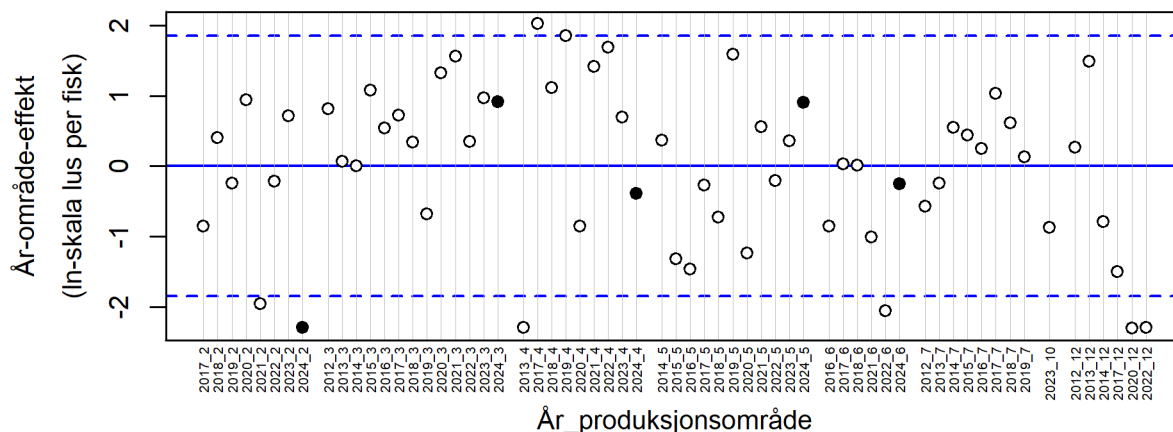
Smittepressmodellen er validert gjentatte ganger, og de relativt sterke korrelasjonene mellom beregnet smittepress og lusepåslag på fisk, både i oppdrett og i smoltbur, viser at forutsetningene som ligger til grunn for smittepressmodellen er rimelige (Kristoffersen mfl. 2014; Aldrin 2016, Kristoffersen mfl. 2017a, Kristoffersen mfl. 2017b, Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2021a, Stige mfl. 2022).

Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på postsmolt

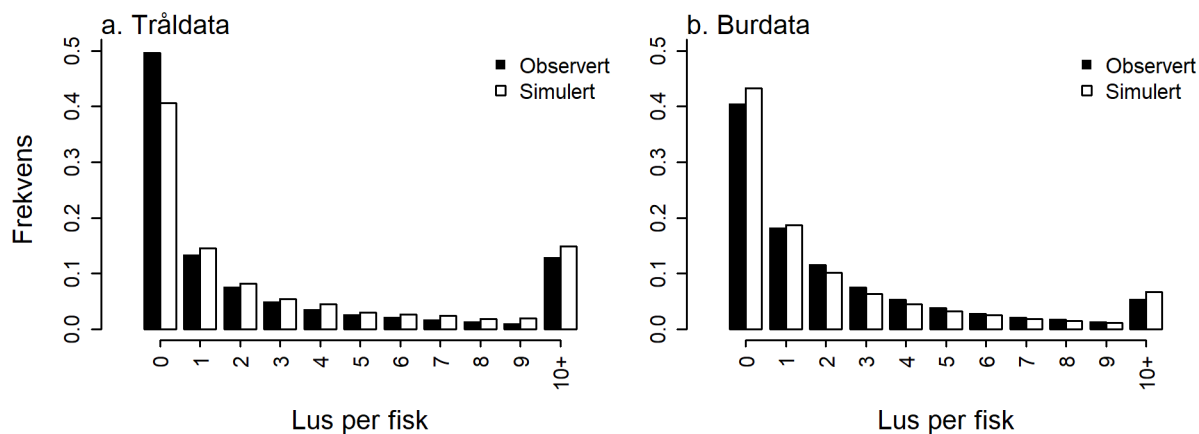
For å vurdere sannsynlighet for at lakselus produsert i oppdrett skal smitte vill laksefisk, må vi finne forholdet mellom smittepress som oppleves av vill fisk, og påslag av lus på denne. Til dette benyttes observasjoner av lakselus på to grupper postsmolt: (1) vill trålfanget laksepostsmolt med genetisk bestemt opphavselv (Harvey mfl. 2019) og (2) kultivert laksepostsmolt som har stått i smoltbur i kjente tidsrom og posisjoner (Nilsen mfl. 2024, <https://www.nmdc.no>). For å beregne smittepresset for den trålfangede postsmolten, har vi antatt at fisken ble fanget på midtpunktet av tråltrekket og at fisken har fulgt den korteste ruten fra elveutløpet til fangststedet med en progresjonshastighet på 10 km per dag (beskrevet i Stige mfl. 2022).

Sammenligningen mellom kalkulert smittepress og observert luseforekomst på postsmolten gir en funksjon for hvor mange lakselus som forventes på en fisk som eksponeres for et gitt smittepress over en gitt tid. Funksjonen avhenger også av om fisken er fra trål eller smoltbur. Her har vi analysert påslag av lakselus på postsmolt fanget i trål i perioden 2013–2024 og i smoltburforsøk fra perioden 2012–2024. Analysen ble gjort i form av en regresjonsmodell (påslagsmodellen) der vi statistisk modellerte observert antall lakselus på individuell fisk i burene. Forklaringsvariablene var gjennomsnittlig beregnet smittepress for hver fisk, eksponeringstid (dvs. beregnet vandringstid fra elvemunning til trål eller varighet for smoltburforsøk) og datakilde (trål eller smoltbur)¹. Vi antok at forholdet mellom lusepåslag på trålfisk og burfisk var et konstant tall, estimert til 9,0 (med 95 prosent konfidensintervall 8,5–9,4). Det vil si at for et gitt smittepress estimerte vi at det var ca. 9 ganger så mange lus på trålfanget fisk som på fisk fra smoltbur. I tillegg inkluderte vi en tilfeldig effekt definert av produksjonsområde og år (Figur 1). Modellen hadde en negativ binomial variansstruktur med en estimert spredningsparameter ($\theta = 0,89$). Generering av tilfeldige data fra modellen tyder på at modellen greier å gjenskape den observerte frekvensfordelingen av antall lus per fisk på en realistisk måte (Figur 2).

¹ Likningen for den estimerte påslagsmodellen var: $\ln(\text{forventet antall lus}) = -5.06 + 0.367 \ln(\text{smittepress}) + \ln(\text{dager eksponering}) - 2.19 \text{ DatakildeBur} + \text{tilfeldig område-år-effekt med forventning 0 og standardavvik 1.123}$



Figur 1. Beregnet tilfeldig effekt knyttet til produksjonsområde og år. Horisontale blå linjer viser verdiene av den tilfeldige effekten som svarer til det forventede scenarioet (heltrukken linje) og beste- og verste scenarioer (stiplede linjer). År-område-effektene for 2024 er vist med fylte sirkler, mens effektene for øvrige år er åpne sirkler. Tilfeldige effekter beregnes kun for kombinasjoner av år og område med data fra trål eller smoltbur.



Figur 2. Frekvensfordelinger av luseantall i observerte og simulerte data. Simulerte lusefordelinger er generert for virtuelle postsmolt med samme luseeksponering som er beregnet for de observerte postsmoltene.

Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen fra burforsøkene varierte mellom -2,3 og 2,0 (enhet: naturlig logaritme av forventet antall lakselus per postsmolt). Observerte postsmolt av laks i PO3 og PO4 har gjennomgående hatt mer lakselus enn forventet utfra det beregnede smittepresset, noe som gir seg utslag i gjennomgående høye verdier for den tilfeldige effekten for disse produksjonsområdene (Figur 1). For PO4 i 2024 tilsa imidlertid observasjonene mindre lus enn forventet utfra smittepresset. For PO12 har det gjennomgående vært mindre lakselus på observert postsmolt av laks enn forventet utfra smittepresset. I 2024 var det ingen postsmoltobservasjoner fra PO12. De tilfeldige effektene for andre områder faller på begge sider av null. Dette tyder på at det ikke er systematisk over- eller underestimering av lusepåslag i disse områdene. De tilfeldige effektene er antatt å være normalfordelt med en konstant varians, estimert til 1,26.

Den tilfeldige effekten i modellen tallfester hvor mye lusenivået kan variere mellom år og produksjonsområder selv om smittepresset holdes konstant. For å vurdere hvordan denne variasjonen påvirker estimatene av lakselusindusert dødelighet, gjorde vi beregninger der denne variasjonen ble hensyntatt i ulike scenarioer. For det vi kaller et beste og et verste scenario, ble påslaget på ln-skala er justert med $\pm 1,85$ (90 prosent konfidensintervall for

tilfeldig effekt). Dette svarer til å multiplisere eller dividere det forventede luseantallet med 6,3. Analyser presentert i Stige mfl. (2021a) viser at modellens «verste» og «beste» scenarioer gir et realistisk bilde av usikkerheten til modellprediksjoner av antall lus på postsmolt i smoltburforsøk, også for områder og år som ikke er brukt i modelltilpasningen. Det vi kaller et «forventet scenario» innebærer at den tilfeldige effekten er satt til null (dvs. påslaget justeres ikke). Sammenhengene mellom smittepress og antallet lus per fisk ved de ulike scenarioene er vist med heltrukken og stiplede blå linjer i Fig. 1. Tilsvarende beregninger ble gjort for andre kvantiler for å estimere en sannsynlighetsfordeling for den lakselusinduserte dødeligheten for hvert produksjonsområde. Denne sannsynlighetsfordelingen tallfester dermed usikkerheten som kommer av variasjon i observert lusepåslag mellom år og produksjonsområder for et gitt beregnet smittepress.

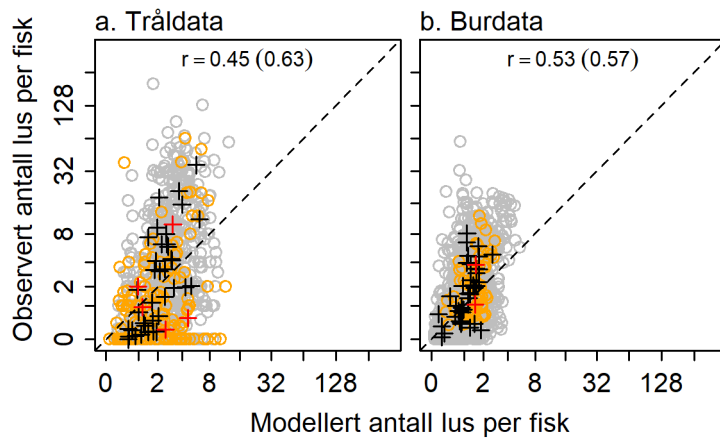
For produksjonsområder med observasjoner av lus på postsmolt, gir beregninger som inkluderer den tilfeldige effekten et mål på lusepåslaget i det gitte produksjonsområdet og året. Ved å inkludere den tilfeldige effekten i de videre beregningene for disse produksjonsområdene, beregnet vi også dødelighet justert til postsmoltobservasjonene, kalt «områdekorrigert dødelighet». Siden den tilfeldige effekten er beregnet på log-skala medfører inkluderingen av denne å multiplisere forventet luseantall med en korreksjonsfaktor. I tabell 1 er det oppgitt predikerte tilfeldige effekter og tilsvarende korreksjonsfaktorer for produksjonsområdene med observasjoner av lus på postsmolt i 2024. Beregningene legger til grunn at postsmoltdataene er representative, det vil si at de representerer spesielle forhold ved det aktuelle produksjonsområdet og året, som påvirker forholdet mellom modellert smittepress og lusepåslag.

Tabell 1. Estimer for tilfeldig år-område-effekt for 2024. Inkludering av den tilfeldige effekten tilsvarer å multiplisere forventet luseantall med en korreksjonsfaktor, gitt i nederste rad.

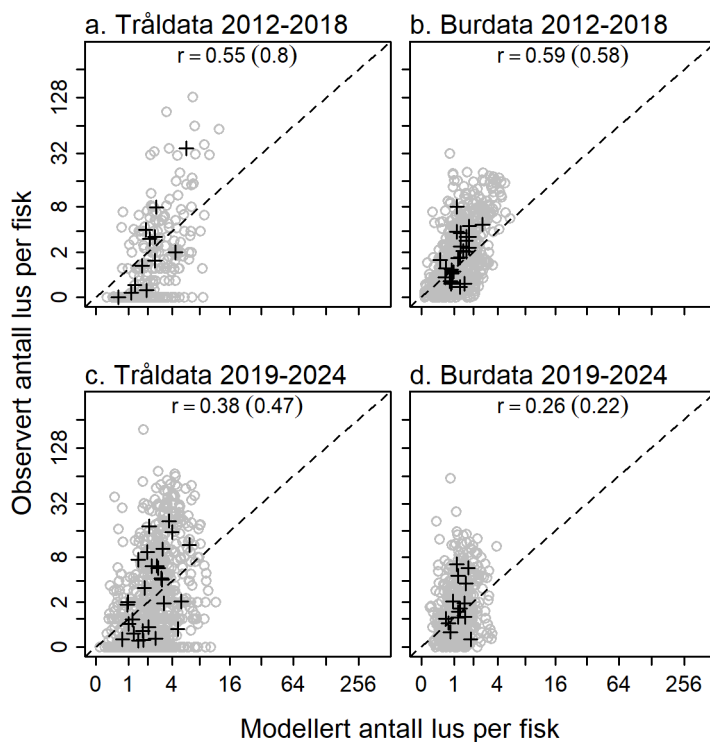
Produksjonsområde	2	3	4	5	6
Tilfeldig effekt	-2.29	0.91	-0.39	0.90	-0.25
Korreksjonsfaktor	0.10	2.49	0.68	2.47	0.78

Samsvar mellom modellprediksjoner og observasjoner av lus på postsmolt

Korrelasjonen mellom observert og modellert antall lus per fisk i trål og smoltbur er rundt 0,6 når vi ser på gjennomsnittsverdier for produksjonsområder og år, og rundt 0,5 når vi ser på gjennomsnitt for de enkelte tråltrekk og smoltbur (Figur 3). Årets observasjoner (oransje sirkler og røde kryss i Figur 3) ser ikke ut til å skille seg vesentlig ut fra mønsteret fra tidligere år. For å kunne sammenlikne dette resultatet med andre virtuelle smoltmodeller kalibrert til et utvalg av dataene, har vi gjort tilsvarende beregninger for kun data fra produksjonsområder 2 til 7 og årene 2019-2024 (Figur 4). Det kan virke som at sammenhengen mellom modellert og observert antall lus per fisk er blitt svakere de siste fem årene (Figur 4). Årsaken til en slik eventuell endring er uvisst, og det er ikke undersøkt om endringen er statistisk signifikant.



Figur 3. Sammenhengen mellom observert og modellert antall lus per fisk i trål (panel a) og smoltbur (panel b). Hver sirkel er gjennomsnitt for ett tråltrekk eller smoltbur, med årets data vist i oransje. Hvert kryss er gjennomsnittet for ett produksjonsområde og år, med årets data vist i rødt. Korrelasjonskoeffisienten, r , er regnet ut på skala $\log_{10}[x + 1]$ på tråltrekk/smoltburnivå og på produksjonsområde-år-nivå (tall i parentes). Den stiplede linjen viser 1:1-forholdet.



Figur 4. Sammenhengen mellom observert og modellert antall lus per fisk i trål (panel a, c) og smoltbur (panel b, d) i 2012-2018 (panel a, b) og 2019-2024 (panel c, d). Kun data fra produksjonsområder 2 til 7 er inkludert. Hver sirkel er gjennomsnitt for ett tråltrekk eller smoltbur. Hvert kryss er gjennomsnittet for ett produksjonsområde og år. Korrelasjonskoeffisienten, r , er regnet ut på skala $\log_{10}[x + 1]$ på tråltrekk/smoltburnivå og på produksjonsområde-år-nivå (tall i parentes). Den stiplede linjen viser 1:1-forholdet.

Beregning av lusepåslag og luseindusert dødelighet av utvandrende laksepostsmolt

Til beregning av lusepåslag på laksepostsmolt benyttet vi resultatene fra den statistiske påslagsmodellen, antatt vandringsrute og -hastighet for postsmolten, samt ukentlige rasterkart over smittepress. Vandringsruten ble antatt å være korteste vei fra elveutløp til 12-mils grense i hav (Figur 5).

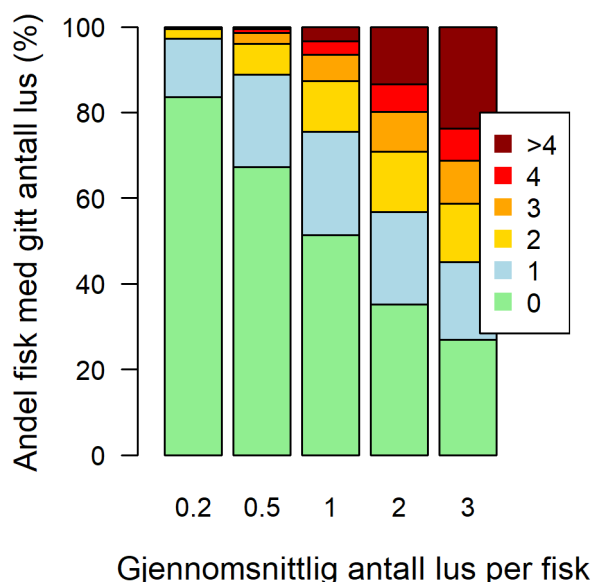


Figur 5: Antatt vandringsrute for laksepostsmolt fra 401 vassdrag langs kysten, som korteste vei fra utløp i sjø til 12-mils grensen i hav.

For hvert av totalt 401 vassdrag (Vollset mfl. 2021a, Diserud & Paterson 2024), beregnet vi påslag av lus og luseindusert dødelighet for postsmolt som startet utvandringen ved alternative tidspunkter. De alternative tidspunktene var hver dag fra beregnet startdato for utvandningsperioden til sluttdato, 40 dager seinere. For hvert vassdrag og utvandningsdato ble lusepåslag og dødelighet beregnet etter følgende prosedyre: Forventet påslag av lus i hver piksel (100×100 m) av rasterkartene med tidsjustert smittepress ble beregnet, fra utløp av elv i sjø til 12-milsgrensen i hav. Vandringshastigheten på fisken ble satt til 10 km per dag (Thorstad mfl. 2012, Vollset mfl. 2016, Halttunen mfl. 2018, Jensen mfl. 2022). Deretter ble påslag for hver piksel summert opp til et forventet antall påslåtte lakselus for hele utvandningsruten. Denne forventingen representerte i hovedsak yngre, fastsittende lusestadier, mens det er de eldre, mobile stadiene som er mest skadelige for fisken. Basert på laboratorieundersøkelser som finner at rundt 30-50 prosent av lusa dør eller faller av fra fastsittende til mobile stadier (Stien mfl. 2005, Wagner mfl. 2008), nedjusterte vi derfor

forventningsverdiene med 40 prosent. Andel av fisken med 0, 1, 2,... lakselus ble så beregnet utfra en negativ binomial fordeling med forventning lik beregnet påslag og spredningsparameter fra påslagsmodellen.

Dette ga en sannsynlighetsfordeling for antall mobile lus på villaksen som vandrer ut fra et gitt vassdrag en gitt dag. Figur 6 illustrerer sannsynlighetsfordelingene for ulike forventede antall lus per fisk.



Figur 6: Andel av fisk som forventes å ha et lusepåslag på henholdsvis 0, 1, 2, 3 eller >4 lus ved forventet gjennomsnittspåslag på 0,2, 0,5, 1, 2 eller 3 lus. Antallet lus per fisk antas å være negativ binomial fordelt med spredningsparameter (θ) 0,89.

Andelen av fisk beregnet til å dø av lakselus ble deretter utregnet på bakgrunn av den simulerte fordelingen av mobile lus på fisk og sannsynligheten for dødelighet av 20-grams postsmolt (Taranger mfl. 2015; Tabell 2). Andelene av fisk som ble antatt å vandre ut ved ulike tidspunkt ble modellert med en beta-pert fordeling tilpasset de tre utvandringstidene (Vose 2000). Dette er en fordeling med stigende andeler av postsmolt som vandrer ut fra startdato til midlere dato og synkende andeler fra midlere dato til sluttdato. Endelig beregnet vi andel av utvandrende fisk som dør, som følge av det modellerte lusepåslaget.

Tabell 2: Antatt sammenheng mellom antall lakselus per postsmolt og andel postsmolt som dør av lakselus.

Antall lakselus per fisk	Andel fisk som dør av lakselus
0 eller 1	0 %
2 eller 3	20 %
4, 5 eller 6	50 %
Flere enn 6	100 %

Sensitivitetsanalyser

Vi estimerte sensitiviteten til antakelsene om utvandringstid ved å forskyve utvandringstiden til 10 dager tidligere eller 10 dager seinere enn i hovedscenarioet. Sensitiviteten til postsmoltens tålegrenser for lus ble beregnet ved å endre tålegrensene i Tabell 2 til omtrent det halve eller doble. I scenarioet med lave tålegrenser, antok vi at 0 lus per fisk ga 0 dødelighet, 1 eller 2 lus 20 % dødelighet, 3 lus 50 % dødelighet og mer enn 3 lus 100 % dødelighet. I scenarioet med høye tålegrenser, antok vi at 0–3 lus per fisk ga 0 dødelighet, 4–6 lus 20 % dødelighet, 7–12 lus 50 % dødelighet og mer enn 12 lus 100 % dødelighet.

Heterogenitetsberegninger

Ekspertgruppen skal (fra og med 2023) inkludere heterogenitetsvurderinger for sårbare og viktige bestander. Resultatene for hvert produksjonsområde inkluderer derfor beregninger av dødelighet for fire grupper av sårbare og viktige bestander, for å vise hvordan de eventuelt avviker fra produksjonsområdet som helhet. Kategoriseringen av sårbare og viktige bestander er beskrevet i Thorstad mfl. (2022) og definert i Vollset mfl. (2023). Vi vil her kun gi en kort oppsummering.

1) Bestander i nasjonale laksevassdrag

Stortinget har utpekt 52 vassdrag som nasjonale laksevassdrag og 29 fjorder som nasjonale laksefjorder (St.prp. nr. 32 2006-2007). Formålet er å ta bedre vare på noen av de viktigste laksebestandene ved å beskytte dem mot inngrep og aktivitet i vassdragene, samt i nærliggende fjord- og kystområder. De nasjonale laksevassdragene viser dermed til bestander som er identifisert som spesielt viktige eller verneverdige.

2) Bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i Kvalitetsnormen for villaks.

Kvalitetsnormen for villaks ble vedtatt under Naturmangfoldloven i 2013 og er beskrevet i en egen forskrift under denne loven. Kravene i Kvalitetsnormen som hver bestand vurderes etter, er delt i to deler som kalles delnormer: “Gytebestandsmål og høstingspotensial” og “Genetisk integritet”. Det er til sammen fem kategorier i vurderingene, der *dårlig* og *svært dårlig* er de to laveste. Delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” gjelder i hvilken grad antallet voksne hunnlaks i elva er tilstrekkelig for å utnytte elvas naturlige kapasitet til å produsere laksesmolt og i hvilken grad bestanden har et overskudd av laks som det kan fiskes på.

3) Bestander definert som små og/eller sårbare

Sårbarhet for reduksjoner i lakseantall på grunn av lakselus eller andre påvirkninger er avhengig av den naturlige bestandsstørrelsen og av tilstanden til bestandene. I prosessen med å gi beskatningsråd har Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning identifisert små og sårbare bestander (Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning 2020). Små bestander ble definert som de som har et gytebestandsmål på mindre enn 25 hunner. Sårbare bestander inkluderer blant annet naturlig store eller moderat store bestander der det er sannsynlig (eller, for moderat store bestander, fare for) at forvaltningsmålet ikke er nådd. Til denne gruppen hører også vassdrag uten høstbart overskudd som er stengt for fiske.

4) Bestander under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller parasitten *Gyrodactylus salaris*

I prosessen med å gi beskatningsråd har VRL definert når laksebestander er reetablert etter kalking eller behandling mot *Gyrodactylus salaris* (Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning 2020). I slike områder blir restriksjoner i fisket vurdert for å sikre at reetableringen kan skje så raskt som mulig. En bestand blir ansett som reetablert når det høstbare overskuddet er større enn 60 prosent av normalt overskudd, basert på naturlig rekruttering. Bestander med lavere høstbart

overskudd enn dette blir vurdert til å ha et svært lavt høstbart overskudd, og blir dermed ikke ansett som reetablert. Normalt høstbart overskudd er definert på samme måte som i Kvalitetsnorm for villaks (Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning 2020).

Kategoriseringen av de ulike vassdragene er inkludert i Appendiks I.

Endringer fra fjorårets trafikklysanalyser

Fra fjorårets rapport er følgende endringer gjort:

- 1) Tråldataene for lusenivåer på utvandrende vill laksesmolt, som har genetisk opphavsely, er utvidet med data fra produksjonsområde 2, 3, 4, 5 og 6 for 2024. Antallet trålfanget fisk fra hvert produksjonsområde og år brukt i tilpasningen av påslagsmodellen er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Antall trålfanget fisk brukt i tilpasningen av påslagsmodellen fordelt på produksjonsområde (PO) og år.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PO2						92	153	180	230	192	227	140	178
PO3		21		35	102	148	103	162	151	427	390	69	85
PO4		32				66	316	299	188	117	129	730	103
PO5						222	68	71	207	26	29	73	51
PO6										356	216		350
PO10												33	
PO12									439		128		

- 2) Burdataene, som viser lusenivåer på kultivert laksesmolt i vaktburforsøk, er utvidet med data fra produksjonsområde 3 og 4 for 2024. Antallet fisk fra vaktburforsøk fra hvert produksjonsområde og år brukt i tilpasningen av påslagsmodellen er vist i Tabell 4.

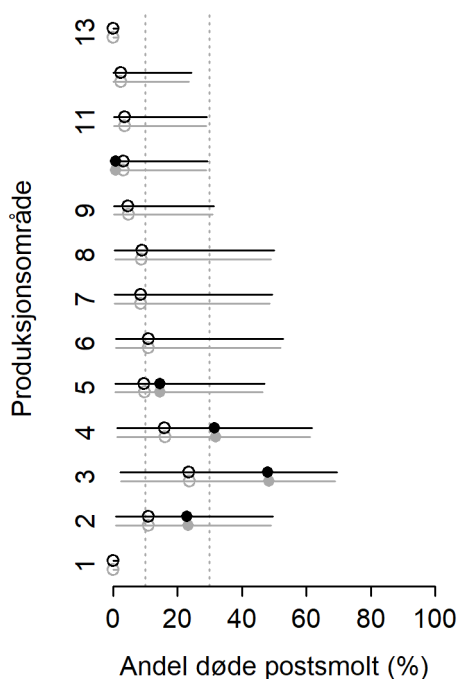
Tabell 4: Antall fisk fra vaktburforsøk brukt i tilpasningen av påslagsmodellen fordelt på produksjonsområde (PO) og år.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
PO2						765	925	396		861	594		
PO3	819	956	1905	2102	1147	1376	1046	1122	1194	799	694	920	928
PO4						824	991	721			1128	765	950
PO5			322	287	337	446	372						
PO6					463	404	200						
PO7	448	617	578	696	326	582	543	548					
PO12	60	85	453			981							

- 3) Modellkoden er gjort mer effektiv ved at andeler fisk med ulike antall lus er beregnet utfra kvantilene i negativ binomiale fordelinger, i stedet for utfra tilfeldig genererte tall. Med den nye modellkoden blir utvandringen fra hvert vassdrag simulert for hver enkelt dag i utvandningsperioden, i stedet for kun ved startdato, mediandato og sluttdato og med interpolasjon av dødelighet mellom disse datoene.
- 4) Kurvene som viser sannsynlighetsfordelingen av lakselusindusert dødelighet i hvert produksjonsområde er korrigerert så de viser sannsynlighetstetthet for dødelighet (mens de før viste sannsynlighetstettheten for lusepåslag som svarte til en viss dødelighet). Merk at denne endringen har ingen betydning for estimatene av median dødelighet, områdekorrigerert dødelighet, eller «beste» og «verste» scenarier av dødelighet. For å beregne sannsynlighetsfordelingen blir den luseinduserte dødeligheten beregnet for

100 jevnt fordelte kvantiler av den tilfeldige område-år-effekten for alle 401 vassdrag. En gjennomsnittlig dødelighet for hver kvantil innen hvert produksjonsområde blir regnet ut som gjennomsnittlig (ikke veid) kvantilverdi for de aktuelle vassdragene. Disse 100 beregnede gjennomsnittlige kvantil-dødelighetene, alle med verdier mellom 0 og 1, blir logit transformert (til skala fra $-\infty$ til $+\infty$ med en entydig relasjon til den originale 0-til-1-skalaen). Disse 100 verdiene blir igjen benyttet til å beregne kjernetettheten for 1024 jevnt fordelte punkter fra $\text{logit}(0.001)$ til $\text{logit}(0.999)$ beregnet vha. density-funksjonen i R. Disse kjernetetthetene blir tilbaketransformert (Jacobian) til den originale 0-til-1-skalaen for å vise empiriske dødelighetsfordelinger.

- 5) Påslagsmodellen er tilpasset det oppdaterte datasettet og dødelighet er beregnet med ny modellkode også for tidligere år. Korrelasjonen mellom gamle og nye dødelighetsestimater fra 2012 til 2023 var 0,98 på produksjonsområdenivå og 0,96 på elvenivå. I gjennomsnitt var de nye dødelighetsestimatene 0,7 prosentpoeng lavere enn de gamle. Forskjellene var noe større for moderate og høye dødeligheter, med i gjennomsnitt 1,6 prosentpoeng lavere estimater for dødelighet i intervallet 10-30 prosent og 1,0 prosentpoeng lavere for dødelighet over 30 prosent. Figur 7 viser hvordan endringene slo ut for 2023. Endringene er små sett i forhold til usikkerhetsintervallene.



Figur 7. Sammenlikning av ny beregning av lakselusindusert dødelighet for 2023 med beregningene rapportert i fjorårets rapport (Stige mfl. 2023). Andel døde postsmolt er på x-aksen. De gamle estimatene for hvert produksjonsområde vises i grått og de nye i sort. Forventet dødelighet utfra smittepresset er vist med åpne sirkler, dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet er vist med fylte sirkler, og 90-prosentintervallet fra «beste» til «verste» scenario er vist med vertikale linjer.

Vurdering av status i produksjonsområdene

Vi vurderer status for hvert produksjonsområde som gjennomsnittlige andel postsmolt som beregnes å dø i hver elv i hvert produksjonsområde. For hvert produksjonsområde oppgis flere modellresultater:

Mediandødelighet (i fjorårets rapport omtalt som gjennomsnittlig dødelighet) er middelverdien for dødelighet for simulerte utvandrende («virtuelle») laksepostsmolt hvis den tilfeldige område-år-effekten er satt til 0. Mediandødeligheten er beregnet utfra sammenhengen mellom observerte lusenivåer på trålfanget postsmolt og smittepress, der smittepresset avhenger av rapporterte antall lus per fisk i oppdrettsanlegg, antall fisk i oppdrettsanlegg og sjøtemperatur.

Vi viser også sannsynlighetsfordelingen for dødeligheten. Sannsynlighetsfordelingen representerer hvordan observert antall lus på postsmolt kan variere selv om smittepresset holdes konstant. Mediandødeligheten er medianen i denne fordelingen. De «verste» og «beste» scenarioene representerer 5- og 95-prosentilene i denne fordelingen, og kvartil-scenarioene er gitt ved 25- og 75-prosentilene. Sannsynligheten for at dødeligheten skal være lav (0-10 prosent dødelighet), moderat (10-30 prosent dødelighet) eller høy (30-100 prosent dødelighet) bestemmes av hvor stor andel av sannsynlighetsfordelingen som faller innenfor hver av kategoriene. Usikkerheten grupperes så etter Tabell 5.

Tabell 5. Usikkerhetskategorier.

Usikkerhetskategori	Sannsynlighet for at dødeligheten er i gitt kategori
1. Svært sannsynlig	99-100 %
2. Veldig sannsynlig	90-99 %
3. Sannsynlig	67-90 %
4. Mer sannsynlig enn ikke	50-67 %
5. Mindre sannsynlig enn ikke	33-50 %
6. Usannsynlig	10-33 %
7. Veldig usannsynlig	1-10 %
8. Svært usannsynlig	0-1 %

For produksjonsområder der vi har observasjoner av lus på postsmolt fanget i trål eller fra smoltburforsøk, oppgir vi også en områdekorrigert dødelighet. Den områdekorrigerte dødeligheten er justert 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 påslagsmodellen og bruker observasjoner av lusenivåer på postsmolt både fra trål og smoltbur.

For produksjonsområder med observasjoner av lusenivåer på postsmolt, baseres vår hovedkonklusjon for dødelighetskategori (lav, moderat eller høy) på den områdekorrigerte dødeligheten. For produksjonsområder uten slike observasjoner, baseres vår hovedkonklusjon på mediandødeligheten beregnet fra smittepresset. Dette er en enkel og transparent regel, men i praksis bør det også tas hensyn til hvor representative observasjonene av lus på

postsmolt er for den samlede mengden utvandrende postsmolt i produksjonsområdet. Observasjonene er representative hvis lus er talt på et stort antall postsmolt, med god geografisk dekning og med god dekning av utvandningsperioden for villaks. Observasjonene er lite representative hvis antallet fisk er lavt og/eller dekningen i rom og tid er mangelfull. Dess mer representative observasjonene er, dess mer vekt bør legges på det områdekorrigerte estimatet. Hvis observasjonene i et produksjonsområde og år er lite representative, bør mest vekt legges på mediandødeligheten.

Der vi har observasjoner av lus på postsmolt i et produksjonsområde, er usikkerheten for luseindusert dødelighet lavere enn det sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset skulle tilsi. Hvor mye lavere usikkerheten er, avhenger av hvor mange observasjoner vi har og hvordan disse fordeler seg i tid og rom. Vi har fulgt en enkel regel om at vi reduserer usikkerhetskategorien med ett nivå for produksjonsområder der områdekorrigerte dødelighetsestimater foreligger. Usikkerhetskategoriseringen tar ikke hensyn til sensitiviteten til utvandringstid eller tålegrense.

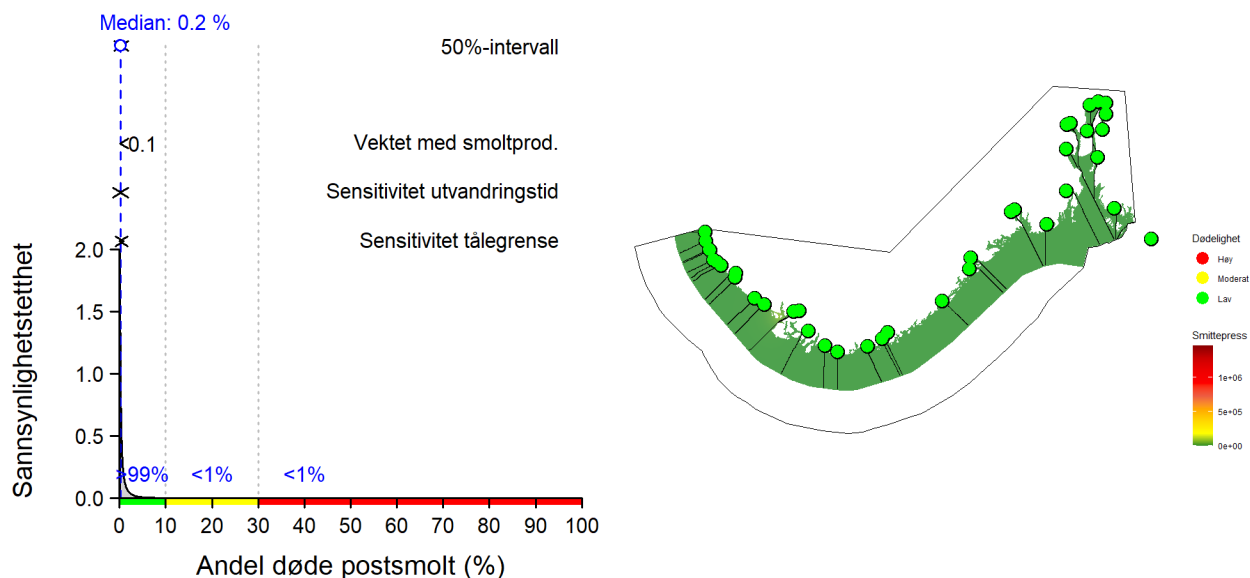
I utregningen av mediandødelighet og områdekorrigert dødelighet på produksjonsområdenivå teller hver elv likt, slik at estimatene representerer gjennomsnittselva i produksjonsområdet. I tillegg oppgir vi et vektet snitt, der dødeligheten i hvert vassdrag vektet med potensialet for smoltproduksjon i vassdraget. Det vektete gjennomsnittet representerer tapet i den totale smoltproduksjonen i området. Vi rapporterer her bare det vektete snittet for mediandødeligheten (uten områdekorrigering).

Vi beregner også sensitiviteten til sentrale modellantakelser i dødelighetsberegningene. Sensitivitet til utvandringstid vises som dødelighet dersom utvandringstiden endres med ± 10 dager. Sensitivitet til tålegrense vises som dødelighet dersom postsmoltens tålegrenser for lus endres til omtrent det halve eller dobbelte (se Modellbeskrivelse). Vi rapporterer her bare sensitivetsanalysene gjort for mediandødeligheten (uten områdekorrigering).

For å belyse hvordan heterogenitet i dødelighet påvirker sårbare og viktige bestander, viser vi gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for hver gruppe av bestander innenfor produksjonsområdet. Vi teller også hvor mange bestander innen hver gruppe som har lave (dvs. 0-10 prosent), moderate (10-30 prosent) og høye (30-100 prosent) dødelighetsestimater. Disse beregningene gjøres både for mediandødelighet og områdekorrigert dødelighet. Merk at usikkerheten er større for disse resultatene enn for produksjonsområdet som helhet; særlig gjelder dette resultatene for enkeltbestander.

Beregninger av påslag og luseindusert dødelighet på vassdragsnivå for 2012 til 2024 er vedlagt (Vedlegg 1). Tabeller med resultater for produksjonsområde og år er også vedlagt (Vedlegg 2).

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren



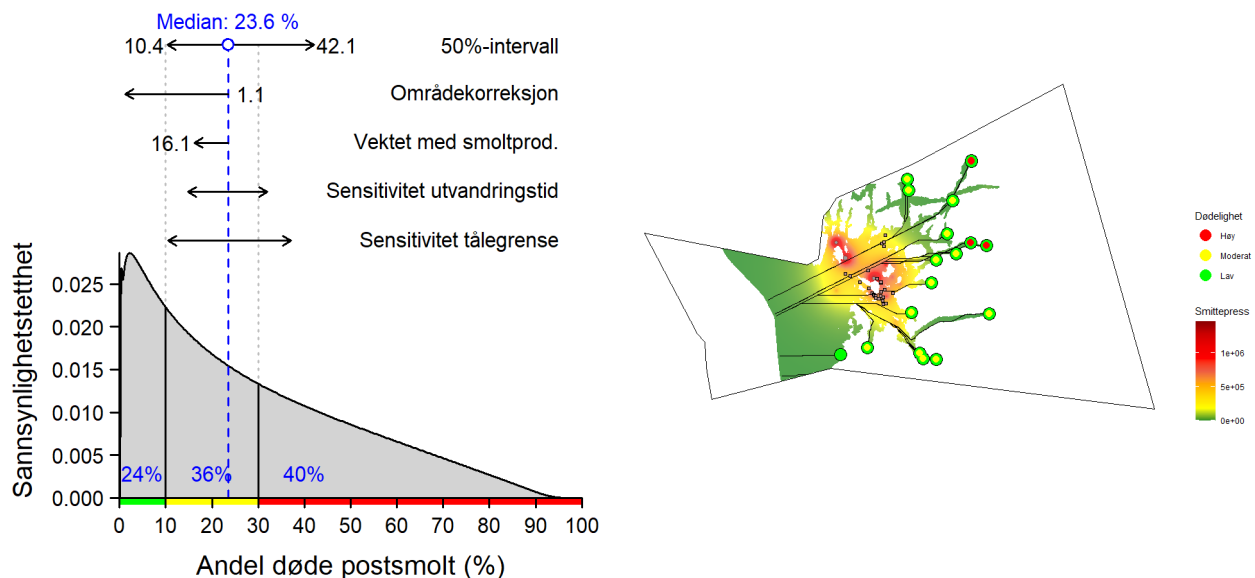
Figur 8. Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 1. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplede linje og sirkel. 50 %-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn: lav, gul: moderat, rød: høy under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 1 omfatter 38 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten for alle vassdragene ble estimert til under 10 prosent (Figur 8). Produksjonen av lakselus i oppdrett innen dette produksjonsområdet er lav. Beregnet dødelighet var under 1 prosent for området, både for mediandødelighet, gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon og for ulike antakelser om utvandringstid og tålegrense (Figur 8). Vi anslo det som mer enn 99 prosent sannsynlig at dødeligheten var under 10 prosent (Figur 8). Beregningene tilsier derfor at det er svært sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Ingen bestander i produksjonsområdet har dødelighetsanslag over lav kategori (Tabell 2).

Tabell 6. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 1 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	38	<1	38	0	0
Nasjonale laksevassdrag	6	<1	6	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	1	<1	1	0	0
Små og sårbare	5	<1	5	0	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 2: Ryfylke



Figur 9: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 2. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiptet linje og sirkel. 50%-intervalllet viser kvartilene i fordelingen. Områdekorrigert dødelighet er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger, er mediandødeligheten angitt med fargen i sentrum og fargen utenpå indikerer områdekorrigert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge, er disse estimatene i samme kategori. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområdet omfatter 18 vassdrag. Områdekorrigert dødelighet var 1,1 % og i lav kategori, mens mediandødelighet beregnet utfra smittepresset var 23,6 % og i moderat kategori (Figur 9). Hvis mest vekt legges på det områdekorrigerte estimatet, er dødeligheten dermed i lav kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 10 og 33 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mindre sannsynlig enn ikke».

Sensitivitetsanalysene er beregnet med utgangspunkt i mediandødeligheten. Mediandødelighet vektet med smoltproduksjon (16,1 %) var lavere enn den uvektede mediandødeligheten rapportert ovenfor, men fortsatt i moderat kategori. Dette betyr at konklusjon om dødelighetskategori ikke endres dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat mediandødelighet var sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, der en 10 dagers forskyving av utvandringen ga mediandødelighet 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.

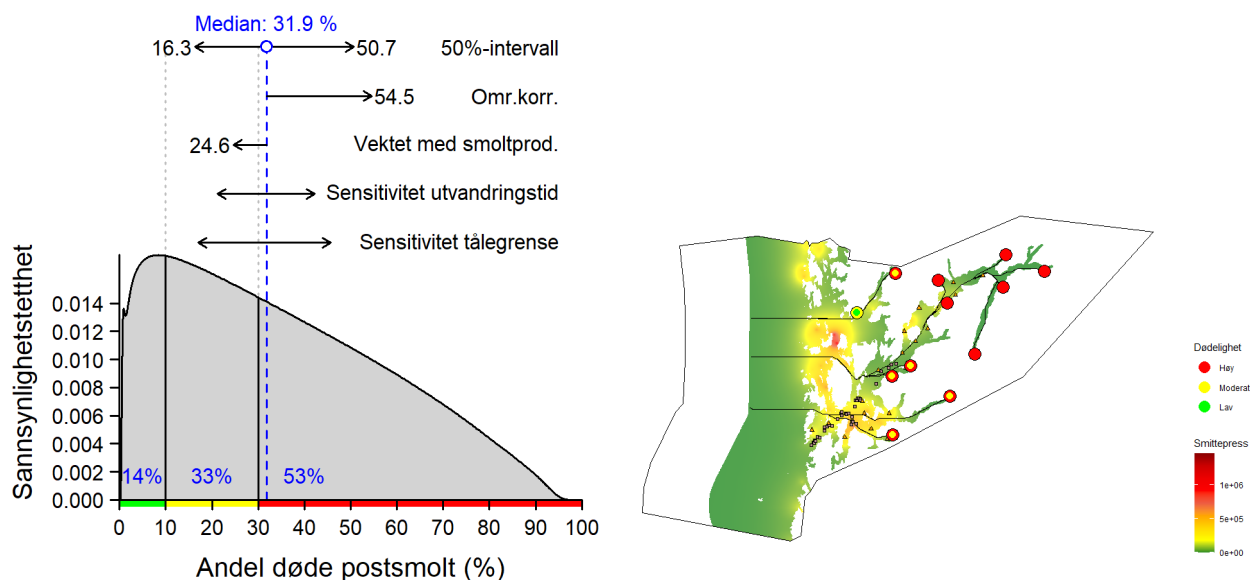
For ingen av bestandene i produksjonsområdet var områdekorrigert dødelighet i moderat eller høy kategori (Tabell 7, Figur 9). Mediandødelighet beregnet utfra smittepresset

var i høy kategori for fire bestander, inkludert to små og sårbare bestander (Førreelva og Saudavassdraget).

Tabell 7. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 2 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	18	23.6 (1.1)	1 (18)	13 (0)	4 (0)
Nasjonale laksevassdrag	2	14.3 (0.7)	1 (2)	1 (0)	0 (0)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	0				
Små og sårbare	3	25.5 (1.3)	0 (3)	1 (0)	2 (0)
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra



Figur 10: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 3. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepess. Fordelingens median er vist med blå stiptet linje og sirkel. 50%-intervalllet viser kvartilene i fordelingen. Områdekorrigert dødelighet er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger, er mediandødeligheten angitt med fargen i sentrum og fargen utenpå indikerer områdekorrigert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge, er disse estimatene i samme kategori. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepess i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområdet omfatter 12 vassdrag. Områdekorrigert lakselusindusert dødelighet var 55 prosent og dermed i høy kategori (Figur 10). Mediandødeligheten beregnet utfra smittepesset var også i høy kategori, men nærmere grensen til moderat. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepesset tilsier at det er mellom 50 og 67 prosent sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «sannsynlig».

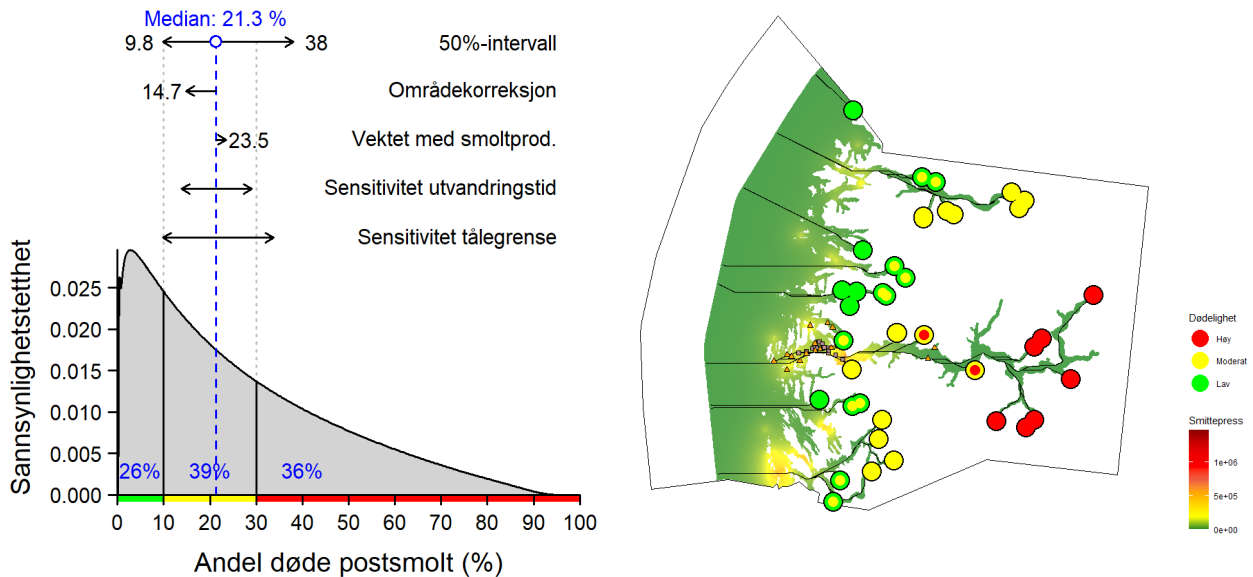
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om høy mediandødelighet ikke gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om høy mediandødelighet var sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid og tålegrense, der 10 dager tidligere utvandring eller en dobling av tålegrensene ga mediandødelighet i moderat kategori.

For 6 av de 12 bestandene i produksjonsområdet var mediandødelighet basert på smittepesset i høy kategori. Dersom vi legger områdekorrigert dødelighet til grunn, er 11 av bestandene i høy kategori, inkludert bestander kategorisert som sårbare og viktige (Tabell 8, Figur 10).

Tabell 8. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 3 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	12	31.9 (54.5)	1 (0)	5 (1)	6 (11)
Nasjonale laksevassdrag	1	17.8 (39.8)	0 (0)	1 (0)	0 (1)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	6	37.1 (60.2)	0 (0)	2 (0)	4 (6)
Små og sårbare	6	34.8 (58.2)	0 (0)	2 (0)	4 (6)
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt



Figur 11: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 4. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplede linje og sirkel. 50%-intervall viser kvartilene i fordelingen. Områdekorrigert dødelighet er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger, er mediandødeligheten angitt med fargen i sentrum og fargen utenpå indikerer områdekorrigert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge, er disse estimatene i samme kategori. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 4 omfatter 40 vassdrag. Områdekorrigert lakselusindusert dødelighet var 15 prosent og dermed i moderat kategori (Figur 11). Mediandødeligheten basert på smittepresset var på 21 % og også i moderat kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent 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 nær det uvektede gjennomsnittet, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat mediandødelighet var sensitiv til antakelsene om tålegrense, der halvering av tålegrensene ga dødelighet i høy kategori.

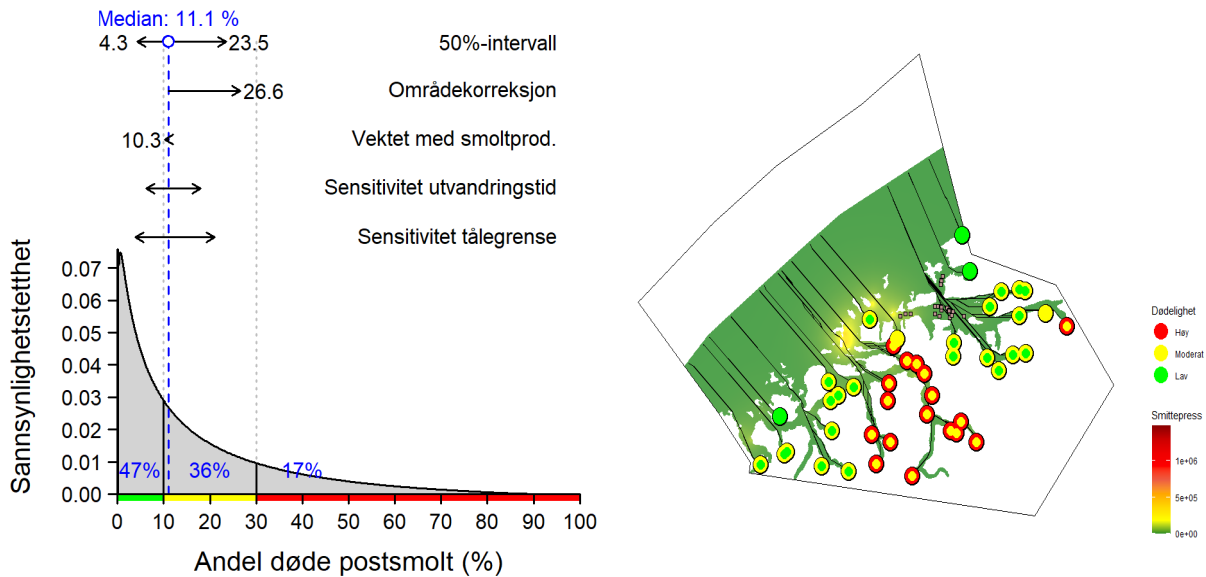
For 9 av bestandene i produksjonsområdet var mediandødelighet basert på smittepresset i høy kategori, hvorav 5 er nasjonale laksevassdrag, 4 har dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale, 5 er små og sårbare bestander og én bestand er under reetablering (Tabell 9, Figur 11). Dersom områdekorrigert dødelighet legges til grunn, var 7 av bestandene i høy kategori. Merk at bestander kan tilhøre flere kategorier

samtidig. Gjennomsnittet av mediandødeligheten blant bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale var i høy kategori.

Tabell 9. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 4 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	40	21,3 (14,7)	6 (17)	25 (16)	9 (7)
Nasjonale laksevassdrag	11	29,1 (20,9)	0 (3)	6 (4)	5 (4)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	7	33,4 (24,5)	0 (2)	3 (1)	4 (4)
Små og sårbare	9	22,8 (15,8)	1 (3)	6 (4)	2 (2)
Under reetablering	1	45,9 (35,0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)

Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika



Figur 12: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 5. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplet linje og sirkel. 50 %-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Områdekorrigert dødelighet er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringe angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger, er mediandødeligheten angitt med fargen i sentrum og fargen utenpå indikerer områdekorrigert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge, er disse estimatene i samme kategori. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråttrekk.

Produksjonsområde 5 omfatter 44 vassdrag. Områdekorrigert lakselusindusert dødelighet var 27 prosent og dermed i moderat kategori (Figur 12). Mediandødeligheten basert på smittepresset var på 11 prosent og nær grensen mellom moderat og lav kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent 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 nær det uvektede gjennomsnittet, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat mediandødelighet var sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid og tålegrense, der 10 dager tidligere utvandring eller en dobling av tålegrensene ga mediandødelighet i lav kategori.

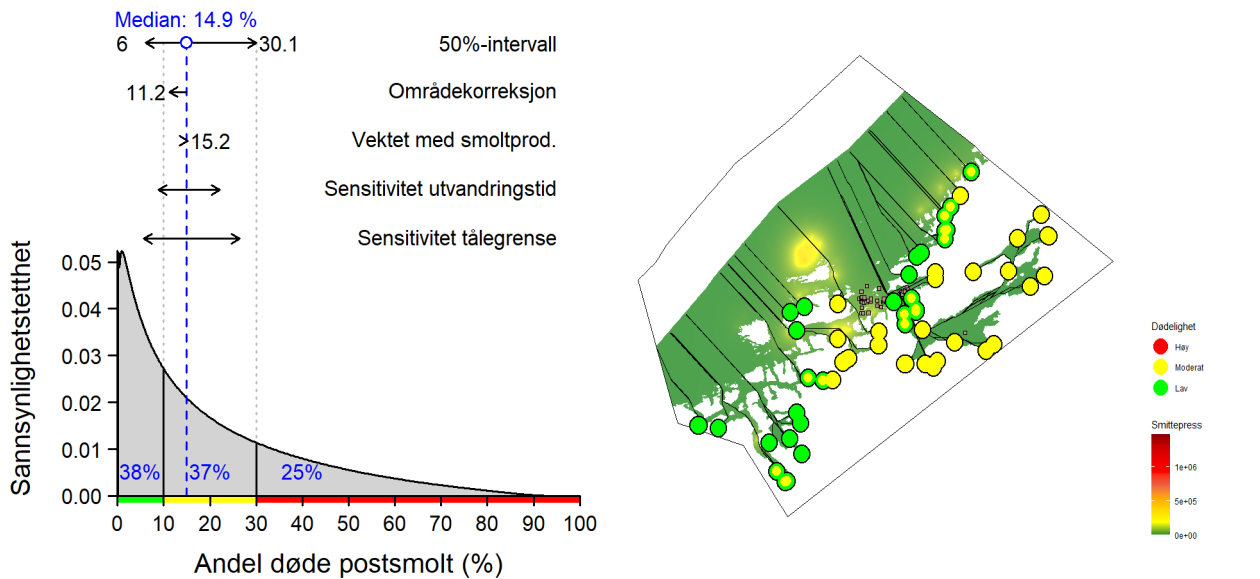
For ingen av bestandene i produksjonsområdet var mediandødelighet beregnet utfra smittepresset i høy kategori, men dersom vi legger områdekorrigert dødelighet til grunn, var 17 bestander i høy kategori (Tabell 10, Figur 12). Blant disse var det 3 vassdrag som hadde dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale og 5 små og

sårbare bestander. Også gjennomsnittet av den områdekorrigerede dødeligheten blant små og sårbare bestander var i høy kategori.

Tabell 10. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 5 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	44	11,1 (26,6)	25 (3)	19 (24)	0 (17)
Nasjonale laksevassdrag	2	6,4 (18,9)	2 (0)	0 (2)	0 (0)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	9	10,2 (25,1)	6 (0)	6 (7)	0 (5)
Små og sårbare	12	13,0 (30,2)	6 (0)	6 (7)	0 (5)
Under reetablering	4	8,0 (22,1)	4 (0)	0 (4)	0 (0)

Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag



Figur 13: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 6. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplet linje og sirkel. 50%-intervalllet viser kvartilene i fordelingen. Områdekorrigert dødelighet er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger, er mediandødeligheten angitt med fargen i sentrum og fargen utenpå indikerer områdekorrigert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge, er disse estimatene i samme kategori. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 6 omfatter 62 vassdrag. Områdekorrigert lakselusindusert dødelighet var 11 prosent og dermed i moderat kategori (Figur 13). Mediandødeligheten basert på smittepresset var på 15 prosent og også i moderat kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent 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 produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat mediandødelighet var sensitiv til antakelsene om utvandringstid og tålegrense, der 10 dagers tidligere utvandring eller en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.

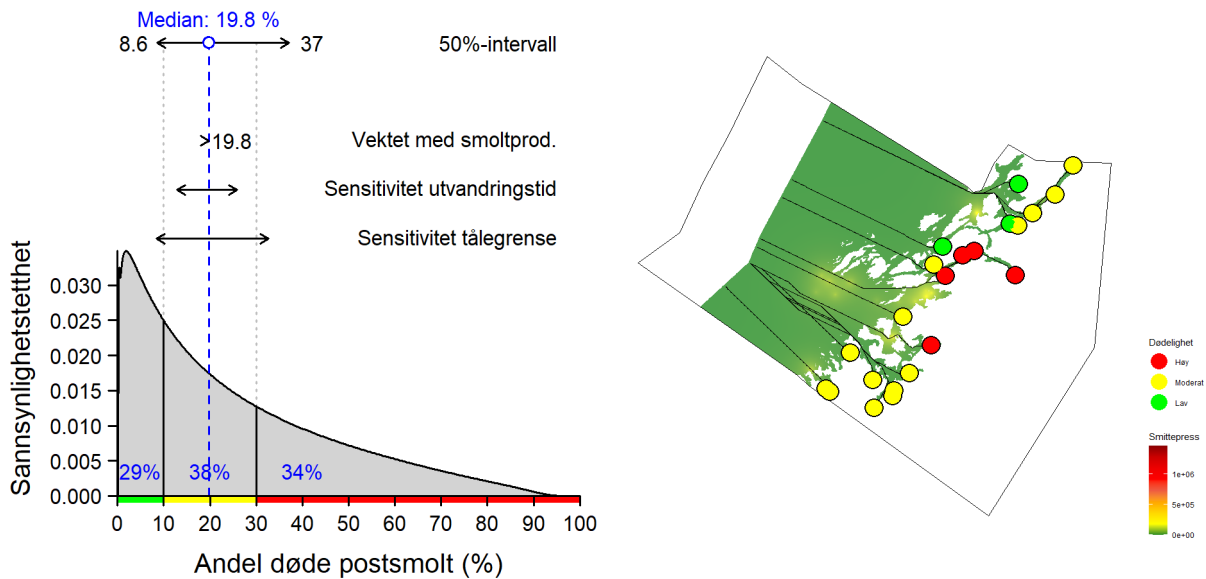
Ingen bestander i produksjonsområdet hadde dødelighetsestimater i høy kategori, mens omtrent halvparten av bestandene hadde områdekorrigerte estimater i lav og halvparten i moderat kategori (Tabell 11, Figur 13). Blant bestandene i moderat kategori for mediandødelighet, var det 9 nasjonale laksevassdrag, 7 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale, 24 små og sårbare bestander og 2

bestander under reetablering. Dersom områdekorrigert dødelighet legges til grunn, er det 9 nasjonale laksevassdrag i moderat kategori og 14 små og sårbare bestander.

Tabell 11. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 6 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	62	14,9 (11,2)	15 (32)	47 (30)	0 (0)
Nasjonale laksevassdrag	10	17,8 (13,4)	1 (3)	9 (7)	0 (0)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	8	18,9 (14,4)	1 (1)	7 (7)	0 (0)
Små og sårbare	29	16,5 (12,5)	5 (15)	24 (14)	0 (0)
Under reetablering	2	27,7 (21,6)	0 (0)	2 (2)	0 (0)

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal



Figur 14: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 7. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiptet linje og sirkel. 50 %-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 7 omfatter 22 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusinduserte dødelighet beregnet utfra smittepresset var 20 prosent og dermed i moderat kategori (Figur 14). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, er det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerheten settes derfor til «mindre sannsynlig enn ikke».

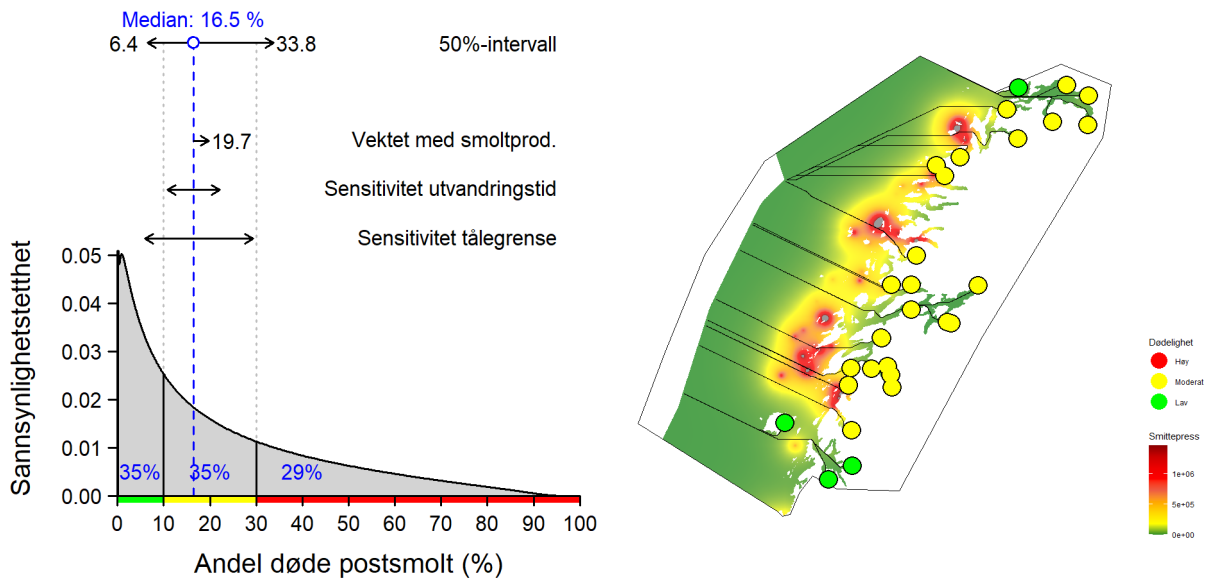
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var nær det uvektede gjennomsnittet, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at 10 dagers forskyvning av utvandringstiden ikke endret dødelighetskategori, mens dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori og halvering av tålegrensene ga dødelighet i høy kategori.

Blant de 22 vassdragene i produksjonsområdet hadde 3 dødelighetsanslag i lav kategori og 5 i høy kategori (Tabell 12, Figur 14). Blant bestandene i høy kategori var én i gruppen små og sårbare bestander.

Tabell 12. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 7 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	22	19,8	3	14	5
Nasjonale laksevassdrag	2	19,2	0	2	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	14,8	1	2	0
Små og sårbare	6	14,8	2	3	1
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø



Figur 15: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 8. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiptet linje og sirkel. 50 %-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 8 omfatter 30 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusinduserte dødelighet beregnet utfra smittepresset var 17 prosent og i moderat kategori (Figur 15). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, var det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 30 og 50 prosent sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerheten settes derfor til «mindre sannsynlig enn ikke».

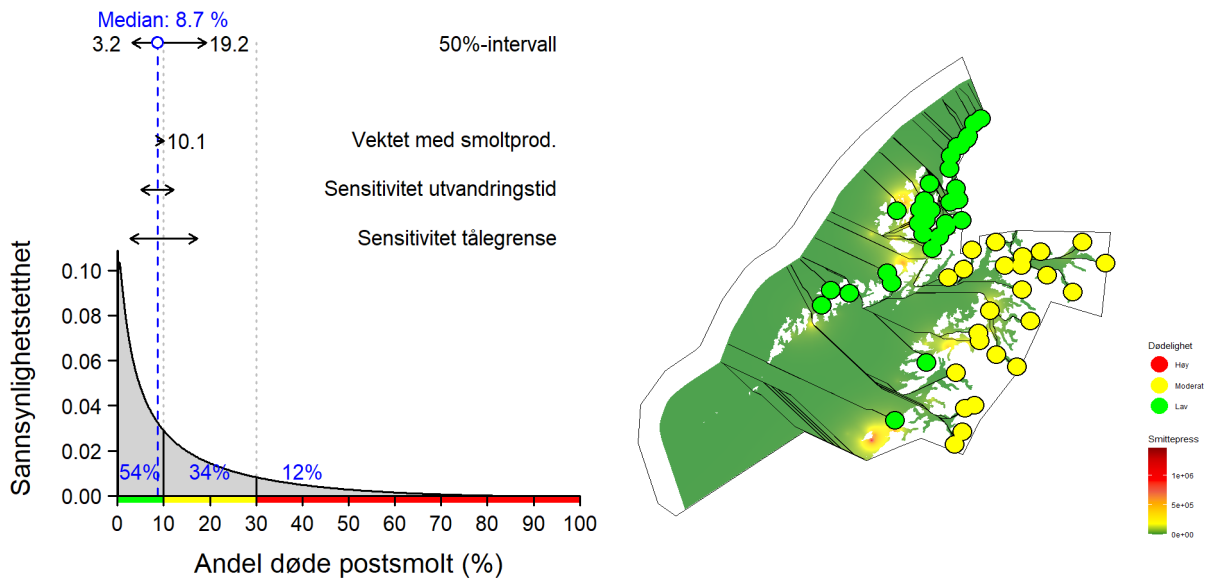
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet ikke endres dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at scenarioet med dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.

Blant de 30 bestandene i produksjonsområdet hadde 3 dødelighetsestimater i lav og 27 i moderat kategori (Tabell 13, Figur 15).

Tabell 13. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 8 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	30	16,5	3	27	0
Nasjonale laksevassdrag	3	22,3	0	3	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	14,6	0	3	0
Små og sårbare	7	14,9	0	7	0
Under reetablering	9	20,8	2	9	0

Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen



Figur 16: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 9. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplet linje og sirkel. 50 %-intervall viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 9 omfatter 58 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusinduserte dødelighet beregnet utfra smittepresset var 9 prosent og dermed i lav kategori (Figur 16). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, var det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 67 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke».

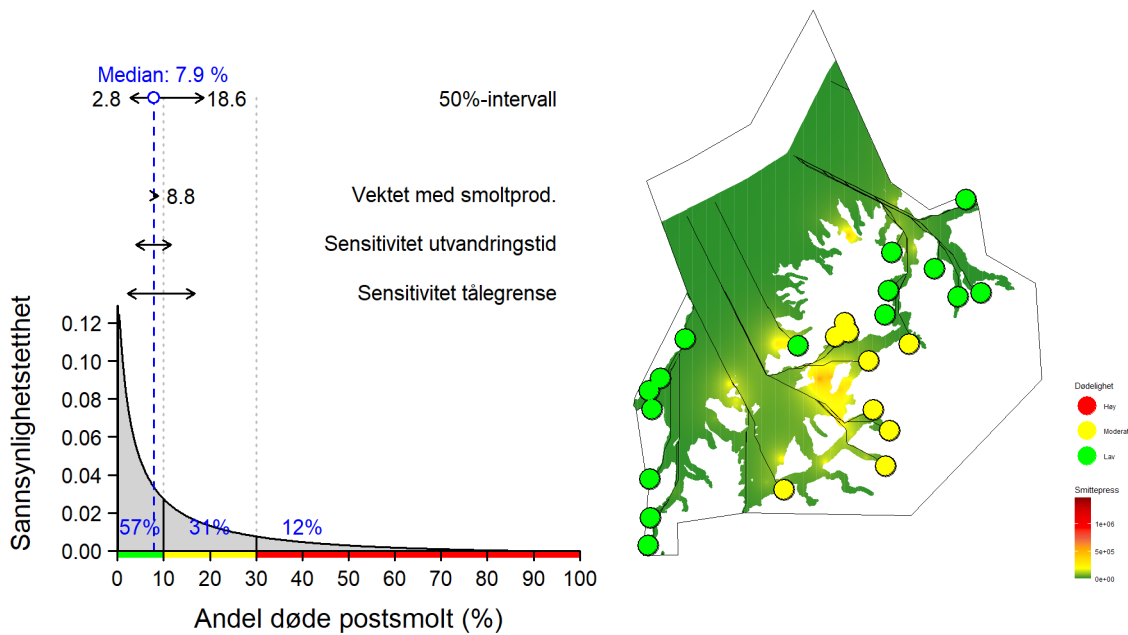
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var 10,1 prosent og dermed over i moderat kategori, som betyr at konklusjonen blir moderat dødelighet dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at 10 dager seinere utvandring eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 58 bestandene i produksjonsområdet har 24 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 14, Figur 16). Blant disse er 4 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial og 13 små og sårbare bestander. Gjennomsnittet av dødelighetsestimatene for bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial er i moderat kategori.

Tabell 14. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 9 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	58	8,7	34	24	0
Nasjonale laksevassdrag	0				
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	6	11,9	2	4	0
Små og sårbare	32	9,2	19	13	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 10: Andøya til Senja



Figur 17: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 10. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplede linje og sirkel. 50%-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 10 omfatter 24 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusinduserte dødelighet beregnet utfra smittepresset var 8 prosent og dermed i lav kategori (Figur 17). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, var det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 67 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke».

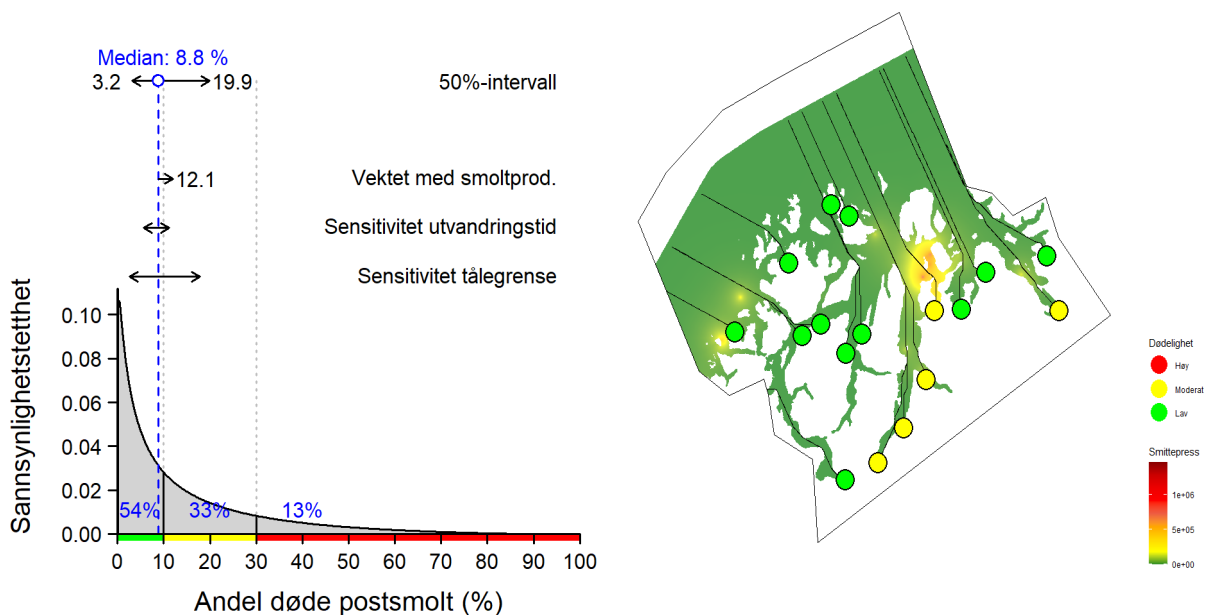
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at 10 dager seinere utvandring eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat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

Blant de 24 bestandene i produksjonsområdet har 9 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 15, Figur 16). Blant disse er 3 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial og 3 små og sårbare bestander. Gjennomsnittet av dødelighetsestimatene for bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial er i moderat kategori.

Tabell 15. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 10 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	24	7,9	15	9	0
Nasjonale laksevassdrag	2	4,4	2	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	12,6	0	3	0
Små og sårbare	7	8,5	4	3	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa



Figur 18. Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 11. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittpress. Fordelingens median er vist med blå stiplede linje og sirkel. 50%-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittpress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 11 omfatter 17 vassdrag. Den gjennomsnittlige lakselusinduserte dødeligheten beregnet utfra smittpresset var 9 prosent og dermed i lav kategori (Figur 18). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, var det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittpresset tilsier at det er mellom 50 og 67 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke».

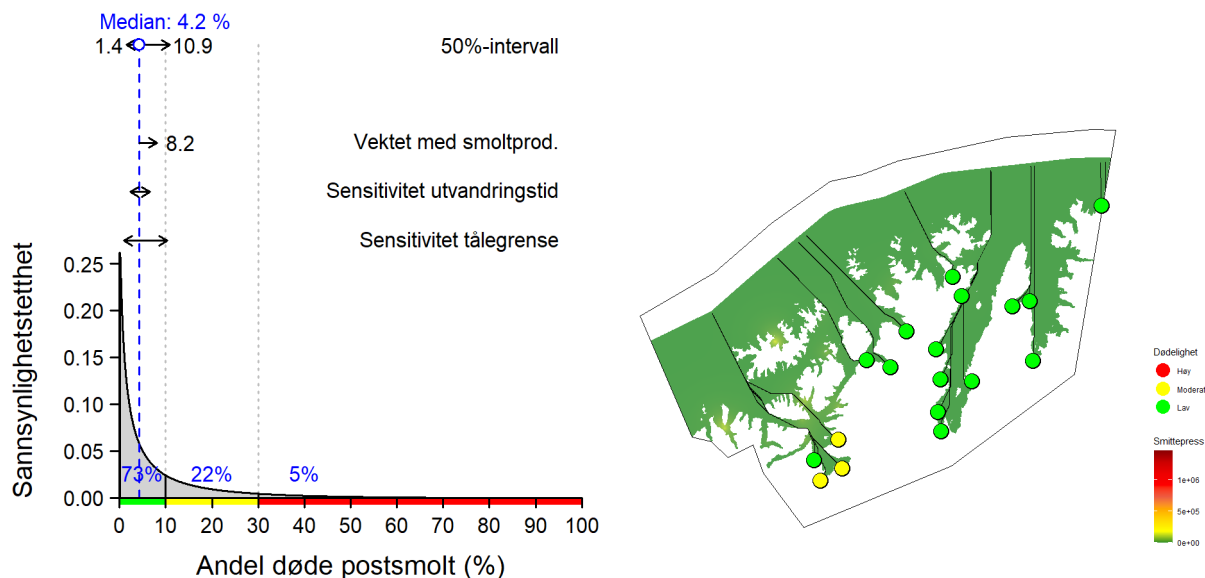
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var på 12 prosent og over i moderat kategori, som betyr at konklusjonen blir moderat dødelighet dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at 10 dager seinere utvandring eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 17 bestandene i produksjonsområdet har 6 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 16, Figur 18). Blant disse er ett nasjonalt laksevassdrag, 2 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial, 1 i gruppen små og sårbare bestander og 1 under reetablering. Gjennomsnittet av dødelighetsestimatene for hver av disse gruppene av sårbare og viktige bestander var i moderat kategori eller helt på grensen mellom lav og moderat.

Tabell 16. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 12 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	17	8,8	11	6	0
Nasjonale laksevassdrag	2	11,2	1	1	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	10,8	1	2	0
Små og sårbare	1	10,0	0	1	0
Under reetablering	2	19,9	0	2	0

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark



Figur 19: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 12. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplet linje og sirkel. 50 %-intervall viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 12 omfatter 18 vassdrag. Den gjennomsnittlige lakselusinduserte dødeligheten beregnet utfra smittepresset var 4 prosent og dermed i lav kategori (Figur 19). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, var det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «sannsynlig».

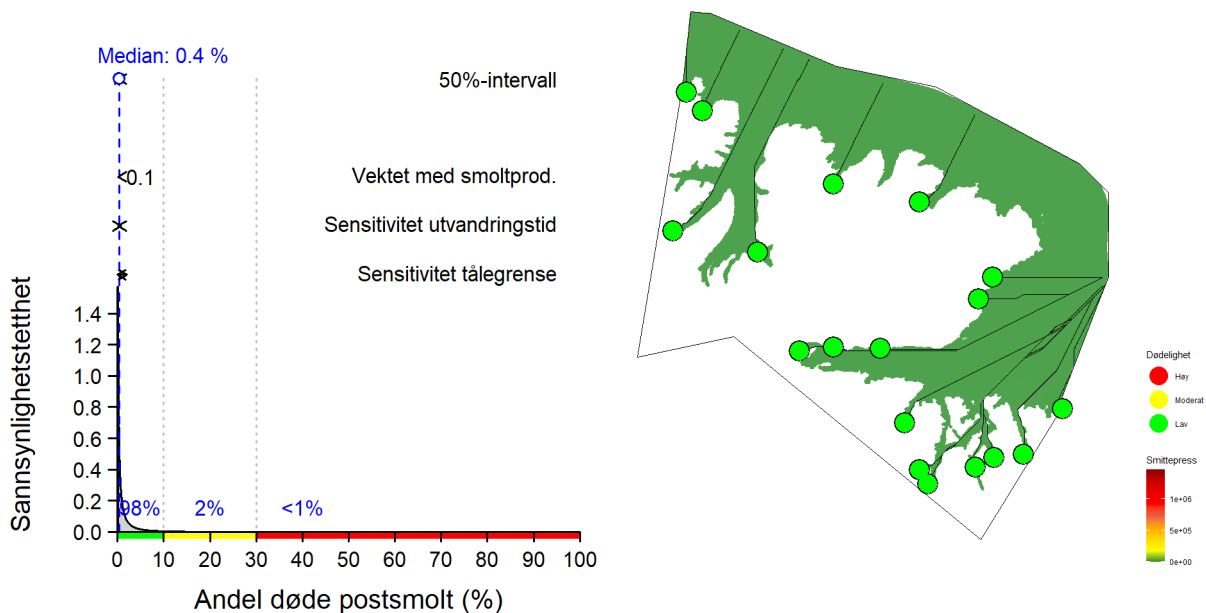
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, mens en halvering av tålegrensene ga dødelighet helt på grensen mellom lav og moderat kategori.

Blant de 18 bestandene i produksjonsområdet har 3 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 17, Figur 19). Blant disse er ett nasjonalt laksevassdrag og én bestand i gruppen små og sårbare bestander.

Tabell 17. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 12 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	18	4,2	15	3	0
Nasjonale laksevassdrag	5	5,2	4	1	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	0				
Små og sårbare	2	6,2	1	1	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark



Figur 20. Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 13. Prosenttallene nederst i figuren angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Fordelingens median er vist med blå stiplet linje og sirkel. 50%-intervallet viser kvartilene i fordelingen. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon, sensitivitet for antatte tålegrenser (dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser) og sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet og dermed ingen områdekorrigerte estimater.

Produksjonsområde 13 omfatter 18 vassdrag. Den gjennomsnittlige lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var under 1 prosent og i lav kategori (Figur 20). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2024, var det ikke mulig å regne ut områdekorrigert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 90 og 99 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «veldig sannsynlig».

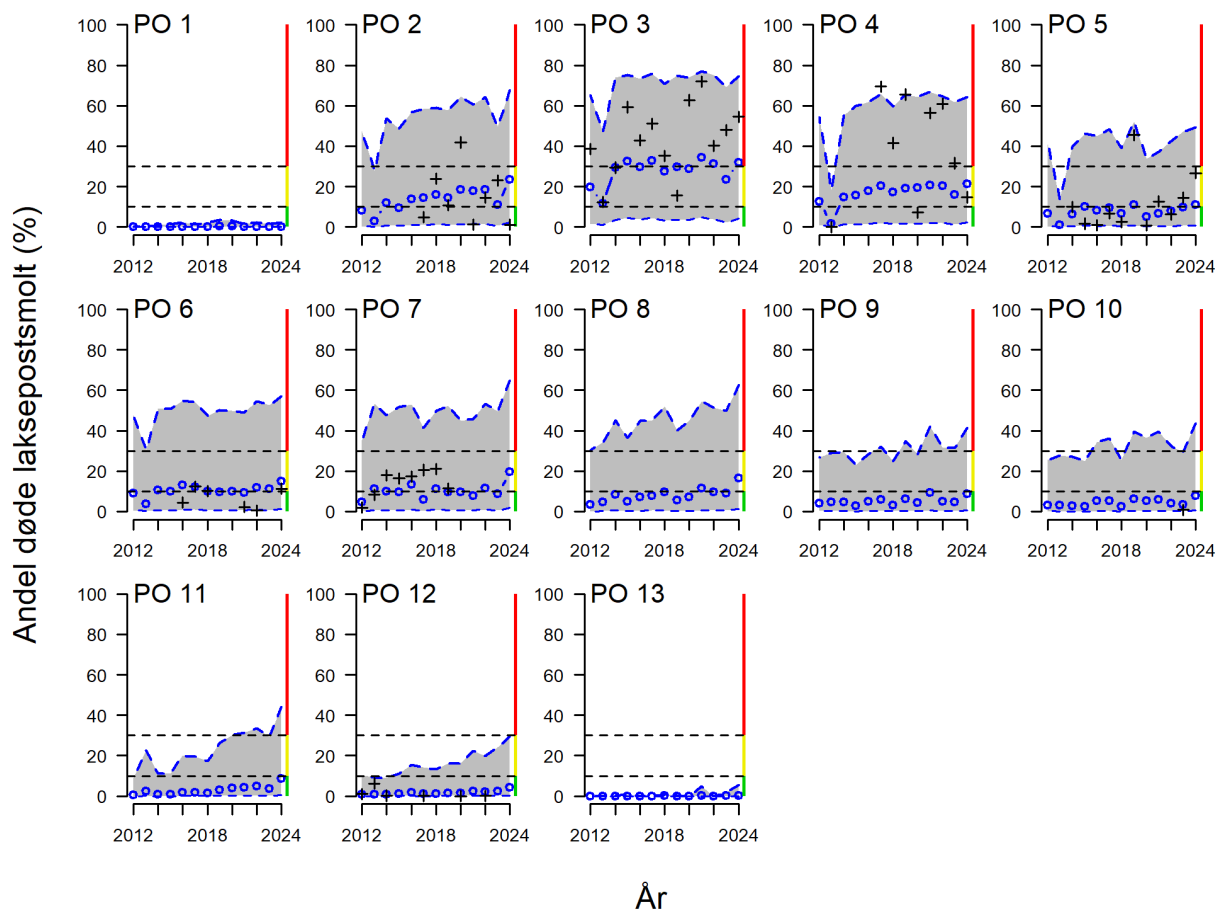
Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 prosent for alle elvene i produksjonsområdet (Tabell 18, Figur 20).

Tabell 18. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 13 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	18	<1	18	0	0
Nasjonale laksevassdrag	6	<1	6	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	2	<1	2	0	0
Små og sårbare	0				
Under reetablering	0				

Tidstrender



Figur 21: Beregnet luseindusert dødelighet (%) for hvert produksjonsområde og år. Gjennomsnittlig dødelighet i et område er regnet som gjennomsnitt over vassdrag. Beregningene er gjort for et forventet scenario (blå sirkler), i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen (stiplede blå linjer). Det grå feltet viser intervallet mellom beste og verste scenario. Kryssene viser dødelighet justert til postsmoltobservasjonene for de enkelte år og produksjonsområder. Høyre akse og horisontale stipla linjer viser dødelighetsgrensene brukt i trafikklssystemet.

Tidstrendene for hvert produksjonsområde viser at de områdekorrigerte dødelighetsanslagene varierer mye fra år til år (sorte kryss i Figur 21). For de fleste produksjonsområdene er den områdekorrigerte dødeligheten noen år høyere enn og andre år lavere enn mediandødeligheten (blå sirkler i Figur 21). Det betyr at mediandødeligheten gir et godt bilde av dødeligheten sett over flere år, selv om dødeligheten i enkeltår er vanskelig å anslå fra smittepresset. I produksjonsområde 3 og 4 er imidlertid den områdekorrigerte dødeligheten ofte høyere enn mediandødeligheten og i produksjonsområde 12 er den oftest lavere.

Siden tidsseriene er korte og variasjonen er stor, er det vanskelig å avgjøre i hvilken grad endringene vi ser skyldes statistiske tilfeldigheter, reelle trender, eller år-til-år-forskjeller i produksjonen, slik som alderssammensetningen til laksen i et produksjonsområde. Eksempelvis kan koordinert brakklegging i soner gi økt luseforekomst og spredning, når mesteparten av laksen i en sone har sitt andre år i sjø, biomassen er høy og lusepopulasjonene er godt etablerte (Guarracino mfl. 2018, Stige mfl. 2024a). Selv om koordineringssonene er en del mindre enn produksjonsområdene, kan koordinert brakklegging gi en toårig syklus i overlappet

mellom høyt smittepress og villaksens utvandningsruter. Dette er en mulig forklaring på at lakselusindusert dødelighet i flere produksjonsområder har hatt topper og bunnpunkt annet hvert år (dette er tydeligst i PO2).

For produksjonsområde 1 og 13 har den estimerte lakselusinduserte dødeligheten ligget under 10 prosent for alle år fra 2012 til 2024, også i det verste scenarioet.

For produksjonsområde 2 har mediandødeligheten ligget mellom 10 og 30 prosent siden 2016. Det er relativt godt med postsmoltdata fra smoltbur og trål i området de siste åtte årene. Over tid samsvarer dødelighetsanslagene korrigert til postsmoltdataene godt med mediandødeligheten, men med store variasjoner fra år til år. I ett av de åtte siste årene har den områdekorrigerede dødeligheten vært i høy kategori (2020), i fire år i moderat (2018, 2019, 2022 og 2023) og i tre år i lav (2017, 2021 og 2024).

For produksjonsområde 3 har mediandødeligheten i årene fra 2014 til 2024 variert rundt 30 prosent. Det er relativt godt med postsmoltdata fra smoltbur og trål i området. Dødelighetsanslagene korrigert til postsmoltdataene har vært over den forventede dødeligheten i 12 av 13 år siden 2012. I ni av de 11 årene siden 2014 har den områdekorrigerede dødeligheten vært i høy kategori og i to år i moderat kategori (2014 og 2019).

For produksjonsområde 4 har mediandødeligheten i årene fra 2014 til 2024 vært mellom 10 og 30 prosent. Det er relativt mye postsmoltdata fra smoltbur og trål fra deler av produksjonsområdet (Sognefjorden) fra de siste åtte årene. Dødelighetsanslagene korrigert til postsmoltdataene har ofte vært vesentlig over mediandødeligheten. I 2024 var imidlertid den korrigerede dødeligheten lavere enn mediandødeligheten, noe den også var i 2013 og 2020. I seks av de siste åtte årene har den områdekorrigerede dødeligheten vært i høy kategori, i ett år (2020) i lav.

For produksjonsområde 5 har mediandødeligheten siden 2014 vært rundt 10 prosent og vekslet mellom kategoriene lav og moderat. Det fins postsmoltdata fra trål og/eller smoltbur fra de samme årene. Dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene har i syv av de 11 siste årene vært i lav kategori, i tre år (2021, 2023 og 2024) i moderat kategori og i ett år (2019) i høy kategori.

For produksjonsområde 6 har mediandødeligheten siden 2014 vært i moderat kategori, nær grensen til lav, unntatt i 2018 og 2021, da dødelighetsanslaget var i lav kategori. Det fins postsmoltdata fra trål eller smoltbur fra seks av disse årene. I tre av årene (2017, 2018 og 2024) var dødelighetsanslagene korrigert til postsmoltdataene i moderat kategori, i de tre andre årene (2016, 2021 og 2022) i lav kategori.

For produksjonsområde 7 har mediandødeligheten siden 2013 variert rundt 10 prosent og vekslet mellom kategoriene lav og moderat. I 2024 var imidlertid mediandødeligheten omtrent det dobbelte av hva den har vært de foregående år, noe som også er tilfellet i produksjonsområdene lenger nord. Det fins postsmoltdata fra smoltbur i produksjonsområde 7 fra årene 2012–2019. I to første av disse årene var dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene i lav kategori, i de påfølgende seks årene i moderat kategori.

For produksjonsområde 8 var mediandødeligheten i lav kategori i årene fra 2012 til 2020, rundt 10 prosent og vekslende mellom lav og moderat fra 2021 til 2023, og 17 prosent og i

moderat kategori i 2024. For produksjonsområde 9, 10 og 11 var mediandødeligheten i lav kategori i alle årene fra 2012 til 2024, selv om estimatene for 2024 nærmer seg grensen til moderat kategori. Det fins ikke postsmoltdata fra noen av disse produksjonsområdene, med unntak av produksjonsområde 10 i 2023. Dødelighetsanslaget korrigert til disse postsmoltdataene var noe lavere enn forventet utfra smittepresset.

For produksjonsområde 12 har mediandødeligheten vært lav i alle årene fra 2012 til 2024. Det fins postsmoltdata fra trål eller smoltbur fra seks av årene. Dødeligheten korrigert til postsmoltdataene var lavere enn mediandødeligheten i fire av disse årene og høyere i to år, men fortsatt i lav kategori.

Diskusjon

Denne rapporten presenterer en modell for risikovurdering (risikomodell) av luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt i 13 produksjonsområder for oppdrettslaks langs kysten (Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2022). I risikomodellen er det smittepresset av lus med opphav fra oppdrettsfisk, som bidrar til lusepåslaget på vill laksepostsmolt. Vi beregner lusepåslag og luseindusert dødelighet for i alt 401 vassdrag, for årene 2012–2024. Vi beregner også usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusepåslag mellom produksjonsområder og år for et gitt smittepress. I tillegg beregner vi hvor sensitive dødelighetsanslagene er for sentrale modellantakelser: postsmoltens tålegrenser for lus og forskyvning av utvandringstidspunktene. For produksjonsområder med observasjoner av lusepåslag på postsmolt fra trål eller smoltbur, beregner vi også lakselusindusert dødelighet korrigert til disse observasjonene. Den områdekorrigerede dødeligheten kan ses på som en ekstrapolasjon fra disse observasjonene til hele produksjonsområdet og hele utvandningsperioden for postsmolten. Presentasjonen av resultatene er delvis på aggregerte nivå, bestemt av produksjonsområdene, og delvis på enkeltvassdragsnivå. Resultatene for enkeltvassdrag oppsummeres også med hensyn på hvordan dødeligheten er for vassdrag som er spesielt viktige eller sårbare. På bakgrunn av en rekke antagelser som er gjort med hensyn til ulike prosesser i hendelseskjeden i risikomodellen, er det viktig å presisere at usikkerheten i estimatene er store, noe som reflekteres i resultatene. Dermed bør en legge størst vekt på hovedtrendene i resultatene, slik som dødelighetsnivået i et produksjonsområde sett over flere år. Her kan det nevnes at risikoen for luseindusert dødelighet av vill laksepostsmolt, slik dette er definert i risikomodellen, generelt avtar i de nordlige produksjonsområdene. Denne risikoen er også minimal for produksjonsområde 1, der det er liten og svært konsentrert oppdrettsvirksomhet. Tidstrendene viser at dette mønsteret har vært relativt stabilt over tid. Endelig synes vassdrag med lengst utvandningsrute gjennom oppdrettstette områder å gi størst risiko for luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt. I det følgende diskuteres noen av usikkerhetene som vurderes som mest betydelige for resultatene.

Tallfestingen av usikkerhet

Påslagsmodellen, som brukes til å beregne lusepåslag på utvandrende laksepostsmolt, er tilpasset sammenhengen mellom beregnet smittepress og observerte lusenivåer på laksepostsmolt fra trål. I tillegg bidrar data fra smoltbur til å tallfeste variasjonen i tid og sted i lusepåslag. Ved siden av smittepress, eksponeringstid og datatype (trål eller smoltbur), er det også en tilfeldig effekt i denne modellen. Den tilfeldige effekten fanger opp variasjon i lusepåslag mellom produksjonsområder og år, som ikke kan forklares gjennom det beregnede smittepresset. Den tilfeldige effekten kan altså være ulik mellom de ulike produksjonsområder innen det samme året. Den kan også være ulik for det same produksjonsområde i ulike år. Men den tilfeldige effekten er antatt å være lik for alle vassdrag innen samme produksjonsområde innen et enkelt år. Årsaker til slik uforklart variasjon kan blant annet være predasjon på de pelagiske lusestadiene, hydrografiske forhold som påvirker kontakten mellom lakselus og fisk, ikke-modellerte kilder av lus og forenklinger gjort i modellen. Antagelsen om at eventuelle ikke-modellerte årsakssammenhenger er de samme innen produksjonsområder og år, men uavhengige mellom produksjonsområder og år, er en tilnærming. Denne tilnærmelsen vurderes likevel som fornuftig siden årsakssammenhenger som skissert over må kunne antas å endres mellom år og at de har samme omfang innen geografiske områder representert ved produksjonsområdene.

Vi bruker den tilfeldige effekten til å undersøke hvordan den uforklarte variasjonen i lusepåslag propagerer videre i modellen og fører til usikkerhet i tallfestingen av lakselusindusert dødelighet. Vi får da en sannsynlighetsfordeling som representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Mediandødeligheten er medianen i denne sannsynlighetsfordelingen, mens «beste» og «verste» scenarier er 5- og 95-prosentilene. For produksjonsområder og år uten observasjoner av lusenivåer på postsmolt fra trål og/eller smoltbur, sammenfatter denne sannsynlighetsfordelingen sammen med sensitivitetsanalysene i stor grad det vi kan si om den forventede lakselusinduserte dødeligheten utfra vår modell og dataene som er tilgjengelige.

For produksjonsområder og år med observasjoner av lusenivåer på postsmolt fra trål og/eller smoltbur, gir den områdekorrigerte dødeligheten tilleggsinformasjon som reduserer usikkerheten. Hvor mye usikkerheten reduseres, avhenger av antall datapunkter fra trål og/eller smoltbur, samt hvor representative disse observasjonene er for den samlede populasjonen av utvandrende laksepostsmolt i hele produksjonsområdet og hele utvandningsperioden. Dersom observasjonene kun dekker en liten del av området og perioden, er den områdekorrigerte dødeligheten lite representativ og gir lite tilleggsinformasjon. Dersom observasjonene dekker en stor andel av området og perioden, er den områdekorrigerte dødeligheten mer representativ. Hvilken vekt man bør legge på den områdekorrigerte i forhold til mediandødeligheten, avhenger derfor av representativiteten til observasjonene. Valgene i denne rapporten om å legge mest vekt på den områdekorrigerte dødeligheten og å skjematisk redusere usikkerhetshetskategoriseringen med ett nivå dersom postsmoltobservasjoner foreligger, er gjort for transparens. Alternativt kunne vi kalkulert et vektet gjennomsnitt av mediandødeligheten og den områdekorrigerte dødeligheten, der vektingen avhenger av antall observasjoner av lus på postsmolt, korrelasjonen mellom observasjonene (f.eks. fra samme smoltbur eller tråltrekk), samt representativiteten i tid og rom til observasjonene. Beregningen av slike vekter er ikke triviell, men er et opplagt tema for videre arbeid.

Usikkerheten for enkeltbestander er høyere enn usikkerheten på produksjonsområdenivå, men vanskelig å tallfeste utfra våre data. Dermed er også usikkerheten i heterogenitetsanalysene høy, men vanskelig å tallfeste. For noen enkeltbestander vil dødelighet beregnet utfra smittepresset være mest representativt, mens for andre vil dødelighet korrigert til postsmoltobservasjonene i produksjonsområdet være mest representativt. Generelt kan vi anta at dødeligheten korrigert til postsmoltobservasjonene vil være mest representativt for bestander med utvandningsruter nær postsmoltobservasjonene (vist med lilla og oransje punkter i kartfigurene).

Områder med mer eller mindre lakselus enn forventet utfra smittepresset

For alle produksjonsområder og år samlet, vil de områdekorrigerte dødelighetene falle omtrent like ofte over som under mediandødelighetene. Dette er fordi de tilfeldige effektene i påslagsmodellen per definisjon skal være null i gjennomsnitt. For enkeltområder er imidlertid dette ikke nødvendigvis tilfellet, dersom det er systematiske mønstre i den uforklarte variasjonen. De områdekorrigerte dødelighetene er for de fleste produksjonsområder omtrent like ofte over som under mediandødelighetene (Figur 21), og de tilfeldige effektene faller på begge sider av null (Figur 1). Dette betyr at det er i liten grad systematiske mønstre mellom produksjonsområder i den uforklarte variasjonen. Det er heller

ikke åpenbare trender i tid. Mulige unntak er imidlertid produksjonsområde 3 og 4, der modellen ser ut til å underestimere antallet lus på postsmolt. I disse områdene ligger de faktiske lusetallene ofte over det som forventes utfra smittepresset; for produksjonsområde 4 ofte rundt det verste scenarioet i modellen. Hovedvekten av postsmoltdataene fra produksjonsområde 3 er fra Hardangerfjorden mens hovedvekten av postsmoltdataene fra produksjonsområde 4 er fra Sognefjorden. En mulig forklaring på dette avviket er at luselarvene spres over større avstander enn i andre områder på grunn av topografien og strømmønsteret i disse fjordene. På den andre siden kan det se ut som modellen overestimerer antall lus på postsmolt i produksjonsområde 12. Akustisk telemetri av postsmolt fra Alta-elva tyder på en raskere progresjon ut fjorden enn rapportert fra enkelte andre områder (Jensen mfl. 2022), og dette kan bidra til lavere lusepåslag enn beregnet med vår modell. Vi kan selvfølgelig ikke utelukke at det også er systematiske forskjeller i enkelte av de områdene der vi har lite eller ingen postsmoltdata, slik som produksjonsområde 8–11.

Sensitivitet for modellantakelser

Ved å kalibrere modellen til lusenivåer på trålfanget vill laksepostsmolt, antar vi at den trålfangede fisken er representativ for den samlede bestanden av utvandrende vill laksepostsmolt. Hadde vi kalibrert modellen til lusenivåer på kultivert laksepostsmolt fra smoltbur, som før 2022, ville vi fått langt lavere anslag for lusepåslag og luseindusert dødelighet.

Forskjeller i kalibreringsdata kan forklare noe av de systematiske forskjellene vi tidligere har sett i prediksjonene til forskjellige virtuelt-smoltmodeller brukt i Trafikklyssystemet. Havforskningsinstituttets virtuelt-smoltmodell, som har blitt kalibrert mot tråldata, har ofte estimert høyere lakselusindusert dødelighet enn Veterinærinstituttets og SINTEFs virtuelt-smoltmodeller, som har blitt kalibrert mot smoltburdata (se f.eks. Vollset mfl. 2021b). Ekspertgruppen har ofte lagt stor vekt på lusenivået i tråldataene og konkludert med høyere lakselusindusert dødelighet enn predikert av de tidligere versjonene av Veterinærinstituttets modell. Nivået av lakselusindusert dødelighet predikert fra den reviderte versjonen av Veterinærinstituttets modell kalibrert mot tråldata, er imidlertid konsistent med ekspertgruppens konklusjoner for tidligere år (Stige mfl. 2022).

Tråldataene er trolig mer pålitelige enn smoltburdataene fordi de måler lusenivået på et utvalg av den fisken vi skal anslå luseindusert dødelighet for. Det er derimot usikkert i hvilken grad lusepåslaget på kultivert postsmolt i stasjonære smoltbur representerer lusepåslaget på aktivt svømmende, vill laksepostsmolt. Fisken i smoltburene eksponeres bare for luselarvene som driver gjennom burene med vannstrømmene, mens eksponeringen for villfisken avhenger av fiskens svømmeadferd og hvordan luselarvene aggregeres vertikalt og horisontalt. Det kan også være at egenskaper til den kultiverte fisken eller fiskens adferd i burene påvirker lakselusas evne til å lokalisere og infestere fisken. Smoltburene er derfor først og fremst brukt for å sammenlikne hvordan lusepåslaget varierer i tid og rom. Det er imidlertid også usikkerhet knyttet til hvor representative tråldataene er. Tråldataene kan overestimere lusepåslaget hvis postsmolt med mye lus lettere blir fanget i trålen enn postsmolt med få lus på grunn av lavere svømmehastighet (Wagner mfl. 2003, Wagner mfl. 2008, Bui mfl. 2016) eller avvikende svømmeadferd, eller hvis individuell variasjon i utvandringshastighet av andre årsaker gjør at fisk som forblir lenge i kystnære områder blir overrepresentert i fangstene samtidig som de blir eksponert for mye lus. Eventuell feilregistrering av tidlige stadier av skottelus som lakselus kan også gi en overestimering av lakselusepåslaget. På den andre siden

er det sannsynlig at noen av lakselusene på den trålfangede fisken faller av før telling, noe som vil bidra til underestimering av lusepåslaget.

Antakelsene om fiskens tålegrenser for lakselus (Tabell 2, basert på Taranger mfl. 2015) har stor betydning for beregningen av lakselusindusert dødelighet (Kristoffersen mfl. 2018). Sensitivitetsanalysene viste at en dobling eller halvering av tålegrensene i mange tilfeller ville endret kategorien for lakselusindusert dødelighet (lav, moderat, høy). Disse sensitivitetsanalysene kaster også lys over betydningen av antakelsen om at 40 prosent av lusene dør eller faller av før de når de mest skadelige, bevegelige stadiene (Stien mfl. 2004, Wagner mfl. 2008). Denne antakelsen er usikker fordi vi har mangelfull kunnskap om dødeligheten til fastsittende lakselus under naturlige forhold. Fjerning av denne korreksjonen ville gitt bortimot samme økning i den beregnede dødeligheten som å redusere tålegrensene til det halve.

Antakelsene om utvandringstidspunkt har også betydning, fordi smittepresset fra oppdrett ofte stiger markant utover våren og sommeren. Sensitivitetsanalysene viste at en forskyving av utvandringen med ± 10 dager i enkelte produksjonsområder ville endret kategorien for lakselusindusert dødelighet. Disse funnene er i tråd med tidligere sensitivitetsanalyser (Kristoffersen mfl. 2018), som også viste at forlenging eller forkorting av utvandningsperioden hadde tilsvarende virkninger på den beregnede dødeligheten som forskyvinger av utvandningsperioden.

Antakelsene om svømmehastighet hadde stor betydning for tidligere versjoner av modellen som var kalibrert mot smoltburdata (Kristoffersen mfl. 2018), men er av liten betydning når modellen er kalibrert mot tråldata (Stige mfl. 2023). Dette er fordi de samme antakelsene om svømmehastighet gjøres for beregningen av smitteeksponeringen for den trålfangede fisken modellen kalibreres mot, som for den virtuelle postsmolten vi beregner dødelighet for.

Utvandringsruten kan i enkelte tilfeller ha stor betydning for om fisken passerer områder med høye smittepress eller ikke. Smittepresset, slik det beregnes i risikomodellen, er imidlertid relativt jevnt fordelt i lokale kystfarvann. Noe avvikende utvandningsrute vil derfor være av begrenset betydning.

En usikker antakelse i påslagsmodellen er hvorvidt påslagsraten, det vil si andelen av smittsomme lakseluslarver som fester seg til en fisk, er konstant eller minker med økende konsentrasjoner av lakseluslarver (Stige mfl. 2023). Vi har her anslått denne sammenhengen fra dataene, som tyder på minkende påslagsrate med økende smittepress. Dersom vi hadde fiksert påslagsraten til å være konstant, ville vi fått noe høyere estimater for produksjonsområder med lakselusindusert dødelighet over ca. 10 prosent (Stige mfl. 2023).

Vi gjør ingen betraktninger av hvilken effekt den beregnede luseinduserte dødeligheten har på bestandstilveksten av villaks. Det er imidlertid vist at risikomodellens sluttprodukt, beregnet dødelighet av vill laksepostsmolt, har forklaringskraft på observert innsig av gytefisk til norske elver (Vitenskapelig råd for norsk lakseforvaltning 2019). Samtidig tydet sammenlikningen med innsig på at modellen tidligere underestimerte dødeligheten. Det er ikke gjort noen sammenlikning mellom innsig og dødelighet predikert fra den reviderte modellen som er kalibrert mot tråldata.

Konklusjon

Denne rapporten presenterer en modell for kvantitativ risikovurdering av luseindusert dødelighet av utvandrende vill laksepostsmolt, der smitten har opprinnelse i oppdrett. Alle prosessene i kjeden av skisserte hendelser er gjennomsiktede og dokumenterbare, og vurderingene tar hensyn til varierende påslagsrater av kopepoditter og varierende utvandringstider. Dermed kan vi presentere estimater for luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag i Norge for perioden 2012 til 2024 og vi kan kvantifisere viktige deler av usikkerheten i disse estimatene. Modellen assimilerer også siste års observasjoner av lusenivåer på postsmolt fra trål og smoltbur i de enkelte produksjonsområder og beregner dødelighet korrigert til disse observasjonene. Selv om modellresultatene er beheftet med store usikkerheter, mener vi at risikomodellen er egnet til å integrere de tilgjengelige data og kunnskap for beregning av lakselusindusert dødelighet.

Referanser

- Aldrin, M., 2016. Havforskningsinstituttets spredningmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, 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.
- Bjørn, P.A., Sivertsgård, R., Finstad, B., Nilsen, R., Serra-Llinares, R.M., Kristoffersen, R., 2011. Area protection may reduce salmon louse infection risk to wild salmonids. *Aquacult. Environ. Interact.* 1: 233-244.
- Bui, S., Dempster, T., Remen, M., Oppedal, F., 2016. Effect of ectoparasite infestation density and life-history stages on the swimming performance of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquacult. Environ. Interact.*, 8, 387-395.
- Diserud, O.H., Paterson, R. A., 2024. Oversikt over laksevassdrag. Vedlegg 1a til: Stige, L.C., Vollset, K.W., Diserud, O., Karlsen, Ø., Knutsen, Ø., Nilsen, F., Paterson, R.A., Qviller, L., Skarðhamar, J., Lille-Langøy, R. 2024. Produksjonsområdebaseret vurdering av lakselusindusert villaksdødelighet i 2024. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Forseth, T., Barlaup B. T., Finstad, B., Fiske, P., Gjørseter, H., Falkegård, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H., Thorstad, E.B., Vøllestad, L.A., Wennevik, V., 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. *ICES J. Mar. Sci.*, doi:10.1092/icesjms/fsx020.
- Guarracino, M., Qviller, L., Lillehaug, A., 2018. Evaluation of aquaculture management zones as a control measure for salmon lice in Norway. *Dis. Aquat. Org.*, 130, 1-9.
- 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. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 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. *Aquacult. Environ. Interact.*, 11, 429-443.
- Harvey, A. C., Quintela, M., Glover, K. A., Karlsen, Ø., Nilsen, R., Skaala, Ø., Sægvog, H., Kålås, S., Knutar, S., Wennevik, V., 2019. Inferring Atlantic salmon post-smolt migration patterns using genetic assignment. *R. Soc. Open Sci.* 6, 190426.
- 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 J. Mar. Sci.*, 79, 1394-1407.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sævik, P.N., Sandvik, A.D. mfl., 2021. Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES J. Mar. Sci.* 78: 142-154.
- 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.
- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Viljugrein, H., Helgesen, K.O., Jansen P.A., 2017a. Produksjon av lakselus i oppdrett, estimert lusepåslag og vurdering av luseindusert dødelighet for villaks innen produksjonsområder for oppdrettslaks. Veterinærinstituttet 2017, Rapport-8.
- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Viljugrein, H., Helgesen, K. O., Jansen P. A., 2017b. Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks. Veterinærinstituttet 2017, Rapport-23.
- Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Sandvik, A. D., Lehmann, G. B., Skår, B., Uglem, I., Tonstad, A., Ambjørndalen, V., Karlsen, Ø., 2024. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk våren 2024. Rapport fra havforskningen 2024-29.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2015. Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Meld. St. 16 (2014-2015).
- Qviller, L., Helgesen, K.O., Stige, L.C., 2020. Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2020. Veterinærinstituttet 2020, Rapport-17.
- Samsing F., Oppedal F., Dalvin S., Johnsen I., Vågseth T., Dempster T, 2018. Corrigendum: Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 75, 329.
- 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. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 73, 1841-1851.
- 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 J. Mar. Sci.* 77: 746–756.
- 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. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 290, 263-275.
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Viljugrein, H., Qviller, L. 2021a. A statistical mechanistic approach including temperature and salinity effects to improve salmon lice modelling of infestation pressure. *Aquacult. Environ. Interact.* 13, 339-361.
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Qviller, L. 2021b. Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2021. Veterinærinstituttet 2021. VI rapport 56/2021.
- 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. *Aquacult. Environ. Interact.*, 14, 263-277.
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Qviller, L. 2023. Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2023. Veterinærinstituttet. VI rapport 32/2023.
- Stige, L. C., Jansen, P. A., Helgesen, K. O., 2024a. Effects of regional coordination of salmon louse control in reducing negative impacts of salmonid aquaculture on wild salmonids. *Int. J. Parasitol.*, 54, 463-474.

- Stige, L. C., Vollset, K. W., Diserud, O., Karlsen, Ø., Knutsen, Ø., Nilsen, F., Paterson, R.A., Qviller, L., Skarðhamar, J., Lille-Langøy, R. 2024b. Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villaksdødelighet i 2024. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Taranger, G. L., Karlsen, O., 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, C., Svåsand, T., 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. ICES J. Mar. Sci., 72(3), 997-1021.
- 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.
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H., Finstad, B., 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. J. Fish Biol. 81, 500 - 542.
- Vitenskapelig råd for norsk lakseforvaltning, 2019. Status for norske laksebestander i 2019. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 12.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2020. Råd om beskatning av laks i sjølaksefiske. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 14.
- 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. Aquacult. Environ. Interact., 8, 511-525.
- Vollset, K.W., Lennox, R.J., Lamberg, A., mfl., 2021a. Predicting the nationwide outmigration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts along 12 degrees of latitude in Norway. Divers Distrib. 27: 1383-1392.
- Vollset, K.W., Nilsen F., Ellingsen, I., Finstad, B., Karlsen, Ø., Myksvoll, M., Stige, L.C., Sæggrov, H., Ugedal, O., Qviller, L., Dalvin, S. 2021b. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Vollset, K.W., Ellingsen, I., Karlsen, Ø., Nilsen, F., Paterson, R.A., Qviller, L., Skardhamar, J., Stige, Ugedal, O., Lien, V. 2023. Vurdering av heterogenitet i lakselusindusert villfiskdødelighet innen produksjonsområder i 2022. Oppdatert med nye modeller. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Vose, D., 2000. Risk analysis. A quantitative guide. Chichester: John Wiley & Sons.
- Wagner, G.N., McKinley, R.S., Bjørn, P.A., Finstad, B., 2003, Physiological impact of sea lice on swimming performance of Atlantic salmon. J. Fish. Biol., 62, 1000-1009.
- Wagner, G.N., Fast, M.D., Johnson, S.C., 2008, Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. Trends. Parasitol., 24, 176-183.

Vedlegg 1. Vassdragstabell.

Under er en lenke til tabeller med beregninger av lusepåslag og luseindusert dødelighet for vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag fra NINA's vassdragsdatabase for årene 2012 til 2024.

Kolonneforklaringene i tabellen er:

- Kolonne 1, År.
- Kolonne 2, ID: Vassdragsnummer i REGINE-systemet for hovedvassdrag (har ikke nummerert sidevassdrag i denne fila, selv om de kan ha egne nummer i REGINE-systemet). Det eneste stedet hvor denne lista avviker fra REGINE-systemet er for Norddalselva i Åfjord som vi har gitt vårt «eget» nummer 135.Zb, men som i REGINE-systemet er angitt sammen med Stordalselva 135.Z, siden de to vassdragene renner ut i flomålet på samme sted.
- Kolonne 3, Objektnavn: Navn på vassdraget. For de fleste vassdrag er en kortform benyttet. Navnet på vassdrag er ikke unikt, mens vassdragsnumrene er unike. Det kan finnes flere synonyme navn på samme vassdrag (lokale vil ikke oppfatte navnene som synonyme), det er litt tilfeldig hvilket navn som er brukt her.
- Kolonne 4, PO: Produksjonsområde.
- Kolonne 5, lengde: Utvandringstid fra elveutløp til hav (antall 100-m piksler)
- Kolonne 6, Ant: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden beregnet utfra smittepresset. *NB! Dette er forskjellig fra i rapporter før 2024, da antall lus per fisk ved midlere utvandningsdata ble rapportert.*
- Kolonne 7, AntJ: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden korrigert til observasjonene av lus på postsmolt fra trål og/eller smoltbur i det gitte produksjonsområdet og året.
- Kolonne 8, AntB: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden i et beste scenario (5 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress).
- Kolonne 9, AntV: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden i et verste scenario (95 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress).
- Kolonne 10, Døde; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, beregnet utfra smittepresset.
- Kolonne 11, DødeJ; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, korrigert til postsmoltobservasjonene.
- Kolonne 12, DødeB; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, beste scenario.
- Kolonne 13, DødeV; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, verste scenario.
- Kolonne 14, Kategori; Hvilke kategorier av viktige og sårbare bestander vassdraget eventuelt faller innenfor (NL, Nasjonalt laksevassdrag; GB, Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial; S, Små og sårbare; R, Under reetablering).

Vedlegget finnes på nettsiden:

<https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2024/kvantifisering-av-luseindusert-dodelighet-av-villaks-for-2024/vedlegg>

Vedlegg 2. PO-tabell.

Under er en lenke med tabeller med beregnede lusepåslag og luseindusert dødelighet i alle produksjonsområder og år fra 2012 - 2024 (se Tabell 2 for forklaring; uvektet gjennomsnitt og vektet gjennomsnitt over vassdrag er markert med henholdsvis «.gj» og «.vgj» i slutten av kolonnenavnet). Kolonneforklaringene i tabellen er:

- Kolonne 1, År.
- Kolonne 2, PO: Produksjonsområde
- Kolonne 3, Ant: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden beregnet utfra smittepresset. *NB! Dette er forskjellig fra i rapporter før 2024, da antall lus per fisk ved midlere utvandningsdata ble rapportert.*
- Kolonne 4, AntJ: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden korrigert til observasjonene av lus på postsmolt fra trål og/eller smoltbur i det gitte produksjonsområdet og året.
- Kolonne 5, AntB: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden i et beste scenario (5 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress).
- Kolonne 6, AntV: Gjennomsnittlig antall lus per fisk gjennom utvandningsperioden i et verste scenario (95 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress).
- Kolonne 7, Døde.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag beregnet utfra smittepresset.
- Kolonne 8, DødeJ.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag, korrigert til postsmoltobservasjonene.
- Kolonne 9, DødeB.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag, beste scenario.
- Kolonne 10, DødeV.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag, verste scenario.
- Kolonne 11, Døde.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag beregnet utfra smittepresset vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene.
- Kolonne 12, DødeJ.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene, korrigert til postsmoltobservasjonene.
- Kolonne 13, DødeB.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene, beste scenario.
- Kolonne 14, DødeV.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene, verste scenario.

Vedlegget finnes på nettsiden:

<https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2024/kvantifisering-av-luseindusert-dodelighet-av-villaks-for-2024/vedlegg>

Frisk fisk



Sunne dyr



Trygg mat



Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!



Veterinærinstituttet
— Norwegian Veterinary Institute

Ås

Trondheim

Sandnes

Bergen

Harstad

Tromsø

postmottak@vetinst.no
www.vetinst.no