



*Ekspertgruppens leder og redaktør:*

**Knut W. Vollset**, *Forsker ved NORCE*

*Ekspertgruppens nestleder:*

**Frank Nilsen**, *Professor ved Universitetet i Bergen*

*Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):*

**Ingrid Ellingsen**, *Seniorforsker ved SINTEF Ocean AS*

**Bengt Finstad**, *Professor ved NTNU*

**Ørjan Karlsen**, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

**Mari Myksvoll**, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

**Leif Christian Stige**, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

**Harald Sægvog**, *Forsker ved Rådgivende Biologer AS*

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

**Lars Qviller**, *Forsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

*Ekspertgruppens sekretær:*

**Sussie Dalvin**, *Forsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Foto framside: Helge Skoglund

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Karlsen, Ø., Myksvoll M., Stige, L.C., Sægrov, H., Ugedal, O., Qviller, L., Dalvin, S. 2020. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

## Innholdsfortegnelse

1.	Bakgrunn .....	6
2.	Definisjoner og begreper .....	8
3.	Metodebeskrivelse og datagrunnlag .....	13
3.1.	Data fra oppdrett .....	14
3.2.	Overvåkingsdata .....	15
3.3.	Modeller .....	16
3.4.	Oppdatering av metoder for 2020 sesongen. ....	20
4.	Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen .....	22
4.1.	Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk .....	22
4.2.	Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus .....	23
4.3.	Mellomårlig variasjon og sesongutvikling .....	24
4.4.	Usikkerhet i kildeleddet .....	24
4.5.	Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus .....	24
4.6.	Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering .....	24
4.7.	Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering .....	25
4.8.	Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering .....	26
4.9.	Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere .....	26
4.10.	Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt .....	26
4.11.	Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn .....	28
4.12.	Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur .....	28
4.13.	Usikkerhet knyttet til tråling .....	29
5.	Vurdering av status i produksjonsområdene .....	31
5.1.	Fremgangsmåte i vurdering av produksjonsområdene .....	31
5.2.	Vurderinger for 2020 .....	34
5.3.	Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren .....	35
5.4.	Produksjonsområde 2: Ryfylke .....	39
5.5.	Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra .....	44
5.6.	Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt .....	50
5.7.	Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika .....	55
5.8.	Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag .....	60
5.9.	Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal .....	65
5.10.	Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø .....	70
5.11.	Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen .....	75
5.12.	Produksjonsområde 10: Andøya til Senja .....	79
5.13.	Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa .....	83
5.14.	Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark .....	87
5.15.	Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark .....	91
6.	Utvikling over tid .....	95
7.	Litteratur .....	102
8.	Appendiks .....	107

## Sammendrag

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon. 2017a) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder (POer), hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. I Forskrift om produksjonsområder [...] (FOR-2017-01-16-61) heter det «Produksjonskapasiteten i produksjonsområder for akvakultur reguleres i samsvar med områdets miljømessige bærekraft. Påvirkningen fra akvakultur på miljøet overvåkes etter de til enhver tid gjeldende miljøindikatorene [...]». I første omgang er det effekten lakselus produsert i oppdrett har på vill laksefisk, som er eneste miljøindikator. For å svare på dette har Nærings og Fiskeridepartementet (NFD) oppnevnt en styringsgruppe som igjen har oppnevnt en ekspertgruppe bestående av 10 forskere som skal evaluere lusepåvirkning fra oppdrett på villfisk. Mandatet til ekspertgruppen er som følger:

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

Denne rapporten er resultatet fra ekspertgruppens vurdering for 2020.

Ekspertgruppen har i sin vurdering benyttet data fra nasjonalt overvåkningsprogram for lakselus (NALO), resultater fra modellert smittepress og resultater fra modeller som beregner påslag og dødelighet på vill laksesmolt (virtuelle smoltmodeller).

I 2020 var lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i PO2 og PO3 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO4 og PO7 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10% og 30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO5, PO6, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12, PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

I hvert av produksjonsområdene har ekspertgruppen også vurdert hvordan smittepresset utvikler seg etter perioden som defineres som kritisk for utvandrende laksesmolt. Denne delen av vurderingen er ikke en del av hovedkonklusjonen for POene, men er gjort for å belyse om smittepresset endrer seg i perioden man forventer at sjørørret og sjørøye oppholder seg kystnært. Det er viktig å påpeke at det ikke er gjennomført en vurdering av lakselusindusert dødelighet for sjørørret eller sjørøye, ettersom det fremdeles er uklart hvilke kriterier man skal legge til grunn i en slik vurdering. Generelt øker smittepresset utover sommeren etter perioden smolten vandrer ut, med unntak av de nordligste POene (PO11-PO13). Det påpekes også at økningen i smittepress er spesielt høyt i PO6 utover sensommeren.

For å vurdere trender over flere år har vi sammenholdt ekspertgruppens vurderinger av lakselusindusert villfiskdødelighet med trendene i antall oppdrettslaks, biomasse, gjennomsnittlig antall hunnlus og totalt antall hunnlus for hvert PO. Ekspertgruppen har vurdert PO1, PO8, PO9, PO11, PO12 og PO13 til å ha lav påvirkning i alle årene siden 2016. Dette er de POene som gjennomgående har hatt lavest tetthet av oppdrettsfisk (målt som antall fisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen). I de resterende POene med høyere tetthet av oppdrettsfisk, har vurderingene av påvirkning variert mellom lav til høy, hvorav PO3 og PO4 aldri har blitt vurdert til å ha lav påvirkning. Ettersom oppdrettsfisk i hvert PO har vært relativt stabilt, er mellomårsvariasjonen i vurderinger innad i disse POene stor grad drevet av variasjon i antall lus per oppdrettsfisk. I tillegg er det mange faktorer som gjør at lakseluspåvirkningen

på villfisk kan variere, selv om den totale mengden lakselus i oppdrettsanleggene er konstant. Det er derfor nødvendig å vurdere påvirkningen over flere år.

I enkelte POer er det også klare tegn til toårige mønster i vurderingene (for eksempel PO7). Dette er hovedsakelig drevet av at smitteutbredelsen i området endrer seg i takt med at produksjonen er toårig og organisert i soner. Det er derfor ikke mulig å trekke en konklusjon om tilstanden i et PO har forbedret seg eller forverret seg hvis man kun ser på endringer i tilstand fra et år til et annet.

Ekspertgruppen er samstemt i sine konklusjoner.

## 1. Bakgrunn

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon. 2017a) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder (POer), hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. Avgrensingen av POene er basert på at det skal være minst mulig spredning av lakselus mellom områdene (Ådlandsvik, 2015). Stortingsmelding 16 (Anon. 2015) legger til grunn at status innen hvert PO i første omgang skal være basert på effekt av lakselus på vill laksefisk. Det vil si dødelighet på utvandrende postsmolt av laks, førstegangsutvandrende postsmolt av sjøørret og sjørøye, og på beitende sjøørret og sjørøye som en konsekvens av smitte med lakselus fra oppdrettsanlegg. Andre bærekraftsindikatorer skal eventuelt tillegges vekt i fremtidige arbeid.

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

Ekspertgruppen har siden 2016 mottatt årsspesifikke mandater fra NFD via styringsgruppen og har svart på disse henvendelsene i årsrapporter med en grundigere gjennomgang i hvert oddetallsår (2017 og 2019). I 2020 er det laget et mer generisk mandat som skal gjelde for flere år. I brevet fra departementet til styringsgruppen er det definert at:

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

Og videre i mandatet

### **«Mandat ekspertgruppe**

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

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

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

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

Som i tidligere rapporter starter rapporten med en detaljert diskusjon om definisjoner og begreper i kapittel 2. Denne teksten er i all hovedsak lik den som er skrevet i tidligere rapporter, men er oppdatert etter gjennomlesning og godkjenning av alle medlemmer av ekspertgruppen, inkludert de nye medlemmene Leif Christian Stige og Mari Myksvoll. Disse medlemmene har erstattet Kari O. Helgesen og Anne D. Sandvik fra fjorårets arbeid.

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

I mandatet påpekes det at «[r]apporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.». For å besvare denne problemstillingen har vi valgt å skrive et eget avsnitt i kapittel 6 som både peker på problemstillinger med tidstrendanalyser, peker på hva vi egentlig kan si om tidstrender, og diskuterer årsaker til årlig variasjon i smittepress.

Det påpekes også spesifikt i mandatet at ekspertgruppen skal «legge hovedvekt på påvirkningen på villaks inntil sjøørret og/eller sjørøye er inkludert i trafikklyssystemet.». Lakselusindusert villfisk dødelighet på sjøørret er derfor ikke vurdert i denne rapporten. I hvert av produksjonsområdene har vi derimot vurdert hvordan smittepresset utvikler seg etter perioden som defineres som kritisk for utvandrende laksesmolt. Denne delen av vurderingen er ikke en del av hovedkonklusjonen for POet, men er gjort for å belyse om smittepresset endrer seg i perioden vi forventer at sjøørret og røye oppholder seg kystnært.

## 2. Definisjoner og begreper

### Lakselusindusert dødelighet

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

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

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

*Risikobidrag* (RB) er prosentvis forskjell i størrelse på den overlevende gruppen individer med og uten dødelighet fra lakselus. Dette kan i denne sammenhengen regnes ut direkte fra sjøoverlevelsen som følger  $((0.05 - 0.04)/0.05) = 0.2$ . Dette betyr altså at 20 % færre fisk returnerer til elven når den påvirkes av lakselus, enn om den ikke gjør det. Ekspertgruppen er av den oppfatning at RB gir den mest fornuftige tolkning av dødelighetsbegrepet i Stortingsmelding 16 (Anon. 2015, Tabell 10.1.)

### Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

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

1. 100 % av individer med >0,3 lus per gram fiskevekt vil dø
2. 50 % av individer med 0,2-0,3 lus per gram fiskevekt vil dø
3. 20 % av individer med 0,1–0,2 lus per gram fiskevekt vil dø
4. 0 % av individer med < 0,1 lus per gram fiskevekt vil dø.

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



Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012) er basert på relativt få laboratorieforsøk og vurderinger av data fra felt, og verdiene må betraktes som veiledende og som førstegenerasjons indikatorverdier. I de fleste forsøk blir antall lus per gram fiskevekt beregnet ut fra alle stadier av lus. Vi vet at ikke alle lus overlever fram til de bevegelige stadiene. Antall lus blir derfor sannsynligvis overestimert i tilfeller der det hovedsakelig er fastsittende stadier på den innsamlede fisken. Som påpekt av Taranger mfl. (2012) behøves det flere forsøk for videre verifisering og validering, gitt viktigheten av disse grensene. Dødelighet på laksefisk i naturen kan være høyere eller lavere enn det som registreres i laboratorieundersøkelser med sammenlignbare infestasjoner. Effektene av lakselus har vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks som også er påvirket av andre faktorer, som for eksempel dårlig vannkvalitet (Finstad mfl. 2007), sykdom (Barker mfl. 2019) eller redusert vekst i havet (Vollset mfl. 2019). Videre kan svekket fisk i naturen utsettes for en økt predasjonsrisiko (Thorstad mfl. 2012), ha dårligere vekst eller endret risikovillighet, og dette vil påvirke blant annet alder ved kjønnsmodning og investering i reproduksjon (Miller mfl. 2014). Et redusert immunsystem kan resultere i økt dødelighet på grunn av tilleggsfaktorer i naturen som fisken er beskyttet mot i laboratoriet, og dette kan ha betydning for fastsettelse av kritiske terskelnivåer for dødelighet i naturen (Bjørn & Finstad 1997). På den andre siden kan imidlertid fisken ikke reagere atferdsmessig til lusepåslaget i laboratoriet, det vil si at den ikke kan søke til avlusingsområder med lav saltholdighet. Det er ikke dokumentert prematur tilbakevandring hos utvandrende postsmolt av laks. Det er likevel mulig at adaptiv atferd i naturen kan redusere dødeligheten i forhold til verdier funnet i laboratorieundersøkelser.

### **Faktorer som påvirker populasjonsvekst, men ikke dødelighet**

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

### **Hvordan tolker ekspertgruppen den estimerte lakselusinduserte dødeligheten basert på grenseverdier?**

Det er flere problemstillinger med å regne ut en *lakselusindusert dødelighet* basert på enkle terskelverdier. En av hovedproblemstillingene er at vi vet at effekten av lus er kontekstavhengig. Studier har vist at effekten av lus er direkte korrelert med den generelle overlevelsen i havet, slik at i år med dårlig overlevelse er effekten av lus stor, mens i år med god overlevelse er effekten av lus nesten ikke målbar (Vollset mfl. 2015). Tilsvarende er det vist at veksten til postsmolt bare er påvirket i perioder med dårlig sjøoverlevelse (Susdorf mfl. 2018a, 2018b; Vollset mfl. 2019). Grenseverdiene må altså sees på som gjeldende for gjennomsnittlige forhold i havet.

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

modelleringsarbeid av Vollset mfl. (2019) var det derimot ingen indikasjon at dette hadde store utslag i det endelige estimatet av *risikobidraget*.

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

### **Bestand, populasjon og populasjonskompleks**

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

### **Utfordringer ved å trekke konklusjoner over et helt produksjonsområde**

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

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

I mandatet til ekspertgruppen er det ikke lagt opp til at ekspertgruppen skal ta hensyn til viktigheten av elvene utfra politiske dokumenter eller grad av sårbarhet<sup>1</sup>. Dermed er den eneste muligheten vi har i dette dokumentet å framlegge utregninger som kan brukes til tilnærming A

---

<sup>1</sup> I mandatet til Styringsgruppen for 2019 ber NFD styringsgruppen vurdere spesifikt om det kan være hensiktsmessig å innføre en vektning av bestandene ut ifra visse kriterier (eks. sårbarhet, status).

og B (se ovenfor). Hovedproblemstillingen med tilnærming A er at det er knyttet stor usikkerhet til estimatene for hver enkelt elv. I tillegg legger vi stor vekt på empiriske data. Disse er, med unntak av tråldata med genetisk tilhørighetsdata, ikke knyttet opp til bestandseffekter på elvenivå, men vil kun brukes til å si noe om den potensielle effekten på alle bestandene i et område. I praksis vil derfor vurderingen være en mellomting mellom tilnærming A og B. Vi legger stor vekt på den overordnede tilstanden i området basert på modellkjøringer og empiriske data, men vil i noen områder legge spesielt vekt på elver som kommer ut som spesielt påvirkede eller viktige for den totale fiskeproduksjonen i et område (slik som for eksempel Lærdalselva i Sognefjorden, eller Altaelva i Finnmark).

Estimert potensiell smoltproduksjon fra hver bestand er beskrevet i Appendiks I, hvor antall smolt som en elv kan produsere er en funksjon av gytebestandsmålet (GBM). Ved behandling av resultatene fra modellkjøringene blir snittverdier av dødelighet både regnet uvektet av alle elver og vektet basert på smoltproduksjonen. Ekspertgruppen bruker disse verdiene for å vurdere om vektlegging av store vassdrag vil ha en påvirkning på den totale vurderingen i POet. I tilfeller hvor disse to estimatene avviker vil det være naturlig å vurdere om den geografiske spredningen av teoretisk smoltproduksjon og usikkerheten i disse estimatene vil ha stor påvirkning på den endelige konklusjonen for POet.

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

Forutsetningen for modellene som brukes i denne vurderingen er at det kun er voksne hunnlus på oppdrettsfisk i anlegg som produserer lakseluslarver. Selv om lus fra vill laksefisk og fra rømt oppdrettsfisk også vil bidra med produksjon av larver, kan det argumenteres for at i områder med oppdrettsanlegg med laksefisk er det hovedsakelig oppdrettsanleggene som er kilden til lakselus. På oppfordring av styringsgruppen har ekspertgruppen skrevet et notat om dette som er vedlagt som appendiks X.

En annen problemstilling er at økt produksjon av lus i et område ikke bare fører til direkte smitte fra oppdrett til villfisk, men en generell økning av antallet lus på villfisk, som medfører en endret smittedynamikk blant villfisken. «Skyldspørsmålet» i «dødelighetsandelen» blir dermed enda mer komplisert ettersom man må ta stilling til om lusesmitte fra villfisk som skyldes at de er blitt smittet av lus fra oppdrettsanlegg, skal regnes inn i «dødelighetsandelen som skyldes lus fra oppdrettsanlegg». Dette blir en teoretisk øvelse ettersom vi foreløpig ikke har informasjon som kan svare på slike spørsmål. I praksis er det to typer data vi må ta stilling til: (1) modellerte data som kun har tatt utgangspunkt i smitte fra oppdrettsanlegg, og (2) overvåkingsdata hvor man ikke kan skille mellom smitekildene *oppdrettsanlegg* og *villfisk*. Vår antagelse er at det er en god korrelasjon mellom disse og at vi dermed kan bruke modellestimer til å evaluere situasjonen utenfor områder der vi ikke har overvåkingsdata. Dette er vist i flere publikasjoner, selv om det også er tilfeller der modeller avviker fra observasjoner (Kristoffersen mfl. 2018; Serra-Llinares mfl. 2014; Sandvik mfl. 2016; Shephard mfl. 2016; Myksvoll mfl. 2018; Vollset mfl. 2018). Denne korrelasjonen beviser imidlertid ikke hva den direkte kilden til lusen er, og vår evaluering må derfor sies å være en vurdering av den totale lakselusmitten i et område gitt en produksjon av lakselus fra oppdrett.

### **Definisjon av risiko og usikkerhet**

I tidligere rapporter har uttrykket *risiko* blitt brukt noe inkonsekvent og på en ikke faglig måte. Dette er en ganske vanlig feil ettersom det er normalt å bruke uttrykket risiko i dagligtale på en

mer generell måte når man snakker om muligheten for at noe uønsket skal inntreffe. For å unngå forvirring har vi i den videre teksten unngått å bruke uttrykket risiko, med mindre det refereres til andre arbeid der risikouttrykket er brukt. Vi anser at vårt mandat er å gjøre en vurdering av i hvilken kategori av lakselusindusert villfiskdødelighet (0-10 %, 10-30 % eller > 30 %) det er mest sannsynlig hver PO er i, og hvor sikker vi anser denne vurderingen å være.

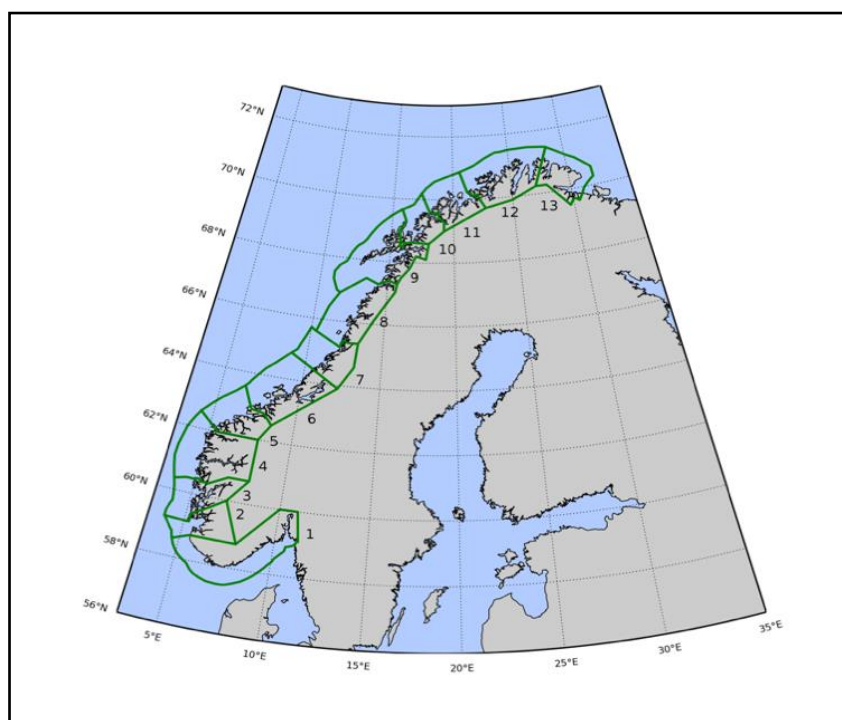
Med dette kommer vi inn på begrepet usikkerhet. Usikkerhet kan enten være knyttet til at man mangler informasjon, eller at det er variasjon i den kunnskapen man har (for eksempel variasjonen fra en modell)<sup>2</sup>. Vår definisjon av usikkerhet er en kombinasjon av disse, ettersom det i noen metoder er brukt variasjonen fra modeller, og i noen tilfeller er brukt usikkerhetsvurderinger knyttet til om det mangler data. I kapittel 5 beskriver vi i mer detalj hvordan usikkerhetsvurderinger er gjort i denne rapporten.

---

<sup>2</sup> Disse to målene på usikkerhet blir noen ganger omtalt som *epistemisk* og *stokastisk* usikkerhet.

### 3. Metodebeskrivelse og datagrunnlag

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



Figur 1. Inndeling av kysten i 13 produksjonsområder

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

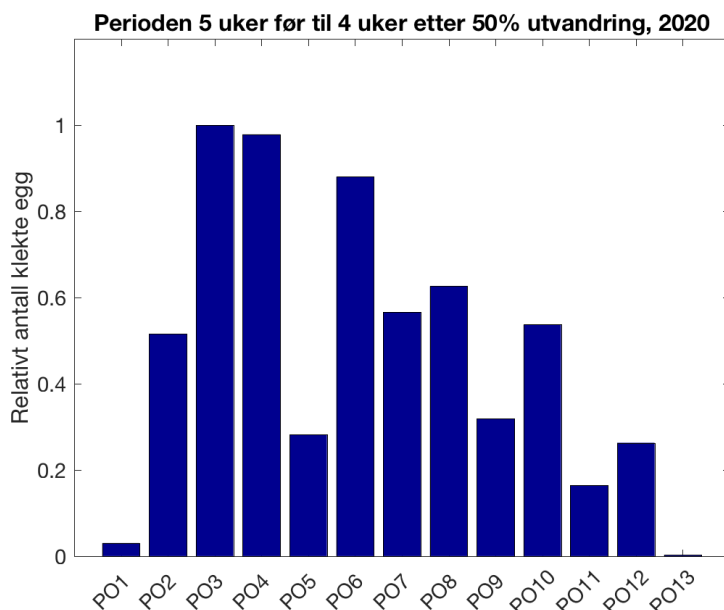
- Utslipp av klekte nauplier (eggproduksjon) fra oppdrett i tid og rom
- Overvåkingsdata fra NALO (Nasjonal overvåking av lakselus på vill laksefisk).
- Modellert smittepress og estimert smoltdødelighet

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

### 3.1. Data fra oppdrett

#### Nauplieproduksjon/Eggproduksjon

Fra hver kjønnsmodne hunn lus på oppdrettsfisk anslå det at det i gjennomsnitt klekkes 300 egg hver uke (ved 16 °C), og reproduksjonspotensialet er derfor stort (Stien mfl. 2005). I et oppdrettsanlegg med flere hundre tusen fisk vil selv få hunn lus på hver enkelt fisk (også antall som er tillatt i forhold til grenseverdier regulert av Mattilsynet) kunne føre til klekking av flere millioner nauplier hver uke. En oversikt over produksjon av egg fra lus på oppdrettsfisk i hele landet er vist i figur 2.



**Figur 2.** Produksjon av lakselusegg i alle produksjonsområder. Produksjonen av egg er beregnet rundt tiden hvor laksesmolten utvandrer. Estimatenes for hvert område er delt på verdien fra POet med høyest verdi, slik at tallet (0-1) er relativt til dette.

Nauplius 1 og 2 larver er ikke smittsomme. Først ved neste stadium utvikler lakselus seg til smittsomme kopepoditter. Varigheten av stadiene er avhengig av vanntemperaturen (Samsing mfl. 2016), og varer for de to naupliestadiene fra 7 dager ved 7 °C til 2 dager ved 15 °C, mens kopepodittstadiet varer i 13 og 10 dager ved hhv. 7 og 15 °C (Hamre mfl. 2019).

Antall nyklekte nauplier beregnes ut fra rapporterte data på antall fisk, antall hunn lus per fisk og temperatur ( $T$ , °C). Antall nyklekte nauplier per døgn beregnes fra formelen (Stien mfl. 2005):

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

Appendiks IV *Hydrodynamisk spredningsmodellering* inneholder figurer som viser antall klekte egg per måned, for årene 2012 – 2020. Det er som forventet stor variasjon mellom de ulike områdene, og figurene brukes først og fremst til å se på mellomårlig variasjon innen POene.

### 3.2. Overvåkingsdata

I overvåkingsprogrammet NALO (Nasjonal overvåking av lakselus på vill laksefisk) brukes tre metoder for å kartlegge smittepresset på vill laksefisk: tråling; ruser og garn; og vaktbur. Metodene er nærmere beskrevet i appendiks II. Resultatene fra disse metodene er oppsummert i tabell 1 og 2 under kolonnene Trålfangst, Sjørørret ruse og Vaktbur der effekten deles inn i tre kategorier, høy, moderat og lav som referer til om gruppen konkluderer med at metoden tilsier en kategorisering av POet i følgende lakselusindusert dødelighet: > 30 %, 10-30 % og < 10 % (Anon. 2015, Tabell 10.1.).

*Vaktbur* brukes primært for å sammenligne smittepresset innen ett fjordsystem i tid og rom. Vaktbur er ca. 1 m<sup>3</sup> lukkede merder som henger fra 0,5-1,5 m dybde (Bjørn mfl. 2011). I burene settes 30 laksesmolt som står ute i 14 dager før fisken tas ut og lus telles. Normalt settes det ut 18-20 vaktbur i hvert fjordsystem som overvåkes på relativt faste stasjoner, og som er ment å fange opp smittepresset i området. Oppdrettsmolten benyttet (80-100 g) er betydelig større enn villsmolt (15-25 g), og smittepresset vurderes derfor ut ifra antall lus per fisk, og ikke antall lus per gram fiskevekt. Tidligere ble grensene lav satt til 1 lus/fisk/14 dager, moderat fra 1-10 lus/fisk/14 dager, og høy til > 10 lus/fisk/14 dager. Fra 2019 er grenseverdien for lav endret til < 2 lus/fisk/14 dager, moderat fra 2-6 lus/fisk/14 dager og høy > 6 lus/fisk/14 dager. Dette er hensyntatt når en sammenligner med tidligere vurderinger. Årsaken til denne endringen er at det gjør det enklere å sammenligne denne metoden med de andre metodene ved å benytte de samme grenseverdiene (se kapittel 2). Dette kan leses som at om en 20 g laksesmolt står på samme posisjon som buret i 14 dager vil den risikere lav, moderat eller høy lakselusindusert dødelighet. Metoden er vurdert i kap. 3.12.

Det foretas prøvafiske av sjørørret og/eller sjørøye med *ruse og garn* i alle POene. Formålet med lusetellingene på sjørørret og sjørøye fra dette prøvafisket er å gi informasjon om smittepresset på utvandrende laksesmolt. Forutsetningene for en slik bruk av dette som mål på smittepress på laksesmolt er at det er en korrelasjon mellom lus på laksesmolt og sjørørret/sjørøye. Dette er vist blant annet i Vollset mfl. (2017) som konkluderer med at påslagene mellom artene korrelerer, men også at påslagene på ørret er høyere enn på laksesmolt når fisken fanges med samme redskap.

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

Det *tråles* etter utvandrende postsmolt av laks i 6 fjordsystemer (Bokna-, Hardanger-, Sogne-, Romsdals-, Trondheims- og Altafjorden). Målet med overvåkingen er å fremskaffe data på infestasjon av lakselus på utvandrende vill postsmolt av laks. Til trålingen benyttes en pelagisk overflatetrål, ca. 35 m bred og 5 m dyp. Det er montert en skillerist i trålen for å separere smolten inn i et akvarium for å minimere skjell- og lusetap (Holst & McDonald 2000). I analysen brukes bare laks. Fisk over 100 g og merket kultivert fisk benyttes ikke i analysene. Det tråles primært i de ytre delene av fjordene på dagtid med 2-4 knop, både med- og motstrøms.

Trålfangstene tas primært i de ytre delene av fjordene, men fisken fanges uansett alltid før den har fullført vandringen i fjordene og langs kysten. Derfor vil antall lakselus på fisken være underestimerer på den totale lusemengden smolten får på seg i løpet av vandringen fra elvemunning til åpent hav. Metoden er vurdert i kap. 3.13. Nylig har Havforskningsinstituttet utviklet en metode for å bestemme hvilken elv den trålfangete fisken kommer fra (Harvey mfl. 2019). Dette gir oss anledning til å vurdere effekten av elveposisjon på infestasjon av lakselus. Metoden er ikke i stand til å bestemme all fisken til vassdrag, men vi antar at utvalget som kan bestemmes er representativt for elvene siden antall fisk fanget med trål fra de ulike elvene i Hardangerfjorden samsvarer med teoretisk smoltproduksjon i disse elvene (Harvey mfl. 2019).

### 3.3. Modeller

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

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

#### **Beskrivelse av Havforskningsinstituttets (HI) modellsystem**

For å kunne regne ut hvor de smittsomme lakseluslarvene befinner seg til enhver tid, har Havforskningsinstituttet utviklet en modell (eller mer korrekt et system av modeller) som beskriver hvordan lakselus ved hjelp av vannstrømmer fordeles i vannmassene (se <https://github.com/bjornaa/ladim> og appendiks IV for flere detaljer).

Først beregnes utslipp (antall) av nyklekte larver fra alle rapporteringspliktige oppdrettsanlegg (Stien mfl. 2005). Disse larvene opplever de temperatur, saltholdighet og strøm (fra den hydrodynamiske modellen, Asplin mfl. 2020) i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om lakselusas utviklingshastighet, atferd og dødelighet blir det beregnet hvordan larvene sprer seg med strømmen, først som ikke-smittsomme nauplier og videre som smittsomme kopepoditter. Sluttproduktet er fordelingen av smittsomme kopepoditter i fjordene



og langs hele kysten time for time, noe som gir en god og detaljert oversikt over hvilke områder som til enhver tid har mye eller lite lakseluslarver. Kopepodtethetskartene (figur 4 i appendiks IV) viser stor romlig variasjon, med en klar tendens til oppsamling langs land, og i fronter og virvler. Det er også en kraftig økning utover våren/sommeren (figur 3 i appendiks IV) i de fleste produksjonsområdene. Kopepodttkonsentrasjonen er summert over 0-2 meters dybde, hvor det er antatt at postsmolten befinner seg. Hvor mye smitte villfisker utsettes for vil henge sammen med antall lakseluslarver i området.

Det har blitt produsert et arkiv med modellsimuleringer som inneholder geografisk fordeling av lakseluslarver (nauplier og kopepoditter) time for time for perioden 1/4 til 1/9 i årene 2012 til 2020. For å sikre at arkivet har best mulig kvalitet, oppdateres det fortløpende når ny kunnskap om lakselusens biologi er tilgjengelig (som beskrevet under ”Oppdatering av HI sine modell systemer” i Kapittel 5). I tillegg produseres det ukentlig 10-dagers gjennomsnittsverdier som publiseres på [www.lakselus.no](http://www.lakselus.no).

Kopepodtethetskartene gir et godt bilde på relative forskjeller innen et område, men kan være vanskelig å tolke i forhold til hvor og når lusemengden er så stor at den vil gjøre skade på de ville laksefiskene. Havforskningsinstituttet har derfor utarbeidet to produkter som er en **tolkning** av kopepodttkonsentrasjonen. Det ene produktet betegnes *HI kalibrert smittepress* eller *ROC (Relative Operating Characteristic)* etter metoden som er benyttet til å beregne smittepress fra tetthetskartet. ROC har blitt kalibrert mot observert lusepåslag på kultivert laksesmolt som har stått 2-3 uker i vaktbur i sjøen, beskrevet i Sandvik mfl. (2016), Sandvik mfl. (2020) og appendiks V. Det andre produktet er *HI virtuell smolt* der konsentrasjonen av kopepoditter er kalibrert mot observert lusepåslag på vill laksesmolt som er fanget med trål, som beskrevet i appendiks VI.

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

Verdien i kolonnen *HI smittepress* er satt på bakgrunn av en samlet vurdering: 1) horisontalt smittepresskart, 2) indeks som viser tidsutvikling og estimert sannsynlighet for høyt påslag (dødelig for små fisk) for hele området rundt beregnet utvandringstidspunkt.

1) Horisontale ROC-kart kan lettest tolkes som resultatet fra virtuelle vaktbur som har vært utplassert i et finmasket rutenett i alle fjordsystemene og langs kysten. Fargene tolkes som at villfisker som oppholder seg i områder med høyt smittepress (rødt) i hele den angitte perioden kartet gjelder for (30 dager, se appendiks V), mest sannsynlig vil få på seg mer enn 6 lus, mens laksefisk som oppholder seg i område med lavt smittepress (grønn) vil få på seg mindre enn 2 lus. I områder med middels smittepress vil den ville laksefisker få på seg mellom 2 og 6 lus, og det er antatt at sannsynligheten for høy påvirkning i det gule området er 50 %.

#### 2) Beregning av indeks

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

$$I = \frac{\text{Areal Rød}(30d) + 0,5 * \text{Areal Gul}(30d)}{\text{Areal antatt leveområde}},$$

der ”*Areal Rød (30d)*” og ”*Areal Gul (30d)*” er henholdsvis størrelsen på det røde og gule området summert over 30 dager, og ”*Areal antatt leveområde*” er totalarealet avgrenset av en linje som ligger 9,6 km fra land (se figurer i appendiks V for utbredelse). Indeksen er videre

beregnet som en 30 dagers glidende sum, og deles i tre kategorier: høy, moderat og lav, som referer til andel av areal med sannsynlighet for høyt påslag på  $> 30\%$ ,  $10-30\%$  og  $< 10\%$ .

Dette er et grovt anslag, men utfyller observasjonene på en god måte ved at indeksen beskriver både hvor i POet smittepresset er høyt, og i hvor stor del smittepresset er høyt over hele utvandningsperioden.

Definisjonen av fjordarealet vil påvirke resultatet slik at jo lenger til havs fjorden er definert jo større blir det totale arealet og jo mindre (relativt sett) blir de påvirkede områdene.

Grenseverdiene er usikre, og det ble derfor utført sensitivitetstester der grensen for rødt ble satt til 12 lus per fisk. Se appendiks V for flere detaljer.

#### *Kolonne: HI Virtuell smolt*

For å tallfeste hvor mange kopepoditter en virtuell postsmolt av laks får på seg når den svømmer gjennom den modellerte lusekonsentrasjonen, er det utviklet en vandringsmodell som følger postsmolten fra elv til hav. Antall lus på den virtuelle smolten er kalibrert mot antall lus på trålfanget laksesmolt. For å beregne dødelighet er terskelverdiene i kapittel 2 («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk») benyttet. Det er regnet ut en dødelighet for hver elv i POene. En detaljert beskrivelse av metoden og resultat er gitt i appendiks VI. Det er videre beregnet et uvektet og vektet (vassdragenes bidrag til den teoretiske smoltproduksjonen) gjennomsnitt innen hvert PO.

#### **Beskrivelse av Veterinærinstituttets (VI) modellsystem**

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

Steg 1, smittepressmodellen: Her beregnes smittepress med opphav i oppdrettsanlegg langs kysten. Dette gjøres ukentlig med bakgrunn i rapporterte tall for reproduktive hunnlus, antall fisk og temperatur ved alle aktive lokaliteter langs kysten. Disse dataene benyttes til beregning av eggproduksjon, utviklingstider til smittsomme luselarver og larvenes dødelighet i løpet av utviklingstiden (basert på estimater fra Stien mfl. 2005). Fra hvert anlegg spres så larvene ut i vannmassene med avtakende konsentrasjon med økende sjøavstand (Aldrin mfl. 2013; Kristoffersen mfl. 2014). Det resulterende smittepresset vises fortløpende i kart ([www.vetinst.no/lusekart](http://www.vetinst.no/lusekart)) og brukes som inngangsdata i påslagsmodellen.

Steg 2, påslagsmodellen: Her benyttes observerte lusepåslag på kultiverte laksesmolt i vaktbur (se avsnitt 4.12) til å beregne antall lusepåslag per fisk per uke (påslagsrate) som en funksjon av smittepress. Funksjonen for påslagsrate tilpasses som en negativ binomial regresjonsmodell. Regresjonsmodellen brukes senere til å simulere lusepåslag med negativ binomial variasjonsstruktur langs smoltens utvandningsrute. Variasjonen i påslagsrate mellom områder og tidspunkt for burforsøkene ble brukt til å beregne beste og verste scenario. Beste og verste scenario er ytterpunktene i et 90 % konfidensintervall, basert på forskjeller i forholdet mellom observerte lusetall og beregnet smittepress. Scenarioene representerer dermed erfaringsbasert variasjon i lusetall.

Steg 3, utvandringsmodellen: Her brukes påslagsmodellen til å beregne påslag på utvandrende smolt fra alle vassdragene. Modellen beregner påslaget for hvert vassdrag på tre ulike tidspunkt; ett ved utvandringsperiodens startdato, ett ved midlere dato for utvandring, og ett ved sluttdato. Det antas at smolten beveger seg korteste vei i sjøavstand fra elveutløp til hav, med en hastighet tilsvarende 20 mil på fire uker som tilsvarer 8,2 cm per sekund (Thorstad mfl. 2012). Langs sin vei oppholder smolten seg i kjente smittepress i en kjent tidsperiode, slik at akkumulerte påslag kan beregnes ved hjelp av påslagsmodellen.

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

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

Resultatene presenteres både på vassdragsnivå, og som vektete og uvektede gjennomsnitt for POene. Vektingen er hvert vassdrags potensielle smoltproduksjon. Resultatene kategoriseres deretter til: lav beregnet lakselusindusert dødelighet; dødelighet < 10 %, moderat beregnet lakselusindusert dødelighet; dødelighet 10 – 30 % og høy beregnet lakselusindusert dødelighet; dødelighet > 30 %. Usikkerheten i risikoestimatene beskrives som stor hvis verste scenario anslår høy beregnet lakselusindusert dødelighet, mens forventet scenario anslår lav beregnet lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten beskrives som middels hvis disse anslagene varierer med én klassifisering. Usikkerheten beskrives som liten når begge anslagene tilsier samme kategori. I tillegg til usikkerheten som fremgår av verste og beste scenario, er det foretatt sensitivitetsanalyser for å justere antakelser knyttet til utvandringsperioder, utvandringsprogresjon og dødelighet relativt til påslag. Detaljert beskrivelse av beregningsmodellen og sensitivitetsanalyser fremgår av appendiks VII og Kristoffersen mfl. (2018).

### **Beskrivelse av SINTEFs modellsystem**

SINTEF anvender modellsystemet SINMOD for å modellere spredning av lakselus og smittepåslag på utvandrende postsmolt. Spredning og utvikling av pelagiske stadier modelleres ved en strukturert populasjonsmodell som er koblet til SINMODs hydrodynamiske modul. Nauplier som slippes fra anleggsposisjonene spres med simulert strøm. Feltet av luselarver er i tillegg gitt en vertikal adferd der de svømmer oppover for å holde seg i de øvre 7 m av vannsøylen, eller nedover for å unngå for ferske vannmasser (mindre enn 20 promille i saltholdighet). Utviklingshastigheten fra nauplii til smittsomme kopepoditter avhenger av vanntemperatur og det er videre antatt en konstant dødelighet. Modellen bruker mest mulig realistiske inputdata (f.eks. vind, ferskvannsavrenning, tidevann osv) og data for hvor mange egg som slippes ut på ulike lokaliteter. Resultatet er en tidsutvikling av konsentrasjonsfelt av smittsomme kopepoditter som brukes for å beregne smittepress på utvandrende smolt. Smoltmodellen som SINTEF har brukt er også koblet til den hydrodynamiske modulen i SINMOD. Her er det antatt at den virtuelle smolten svømmer i de øverste 4 m med strømmen og med en svømmehastighet på en kroppslengde per sekund. I tillegg er smoltpartiklene gitt en drift utover mot kysten ut fra beregnet korteste avstand fra hvert gridpunkt til grunnlinjen. Metoden gir variasjon i utvandringsruter, men den forutsetter også at strømmen går utover i

overflaten i fra elvemunning til kyst. Dette er ikke alltid tilfelle. Modellen vil derfor mangle data for enkelte elver. Burdata fra 2018 og 2019 er brukt for å beregne sannsynlighet for påslag av lus ut fra modellert konsentrasjonsfelt. Påslag beregnes ut fra integrert smittepress under utvandring for hver virtuelle smoltpartikkel. Dødelighet beregnes deretter ut fra grenseverdiene i kapittel 2 («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk»). Modellen gir estimater for elver i PO 2 til 7. Mer informasjon om modellsystemet finnes i Appendiks VIII.

### **3.4. Oppdatering av metoder for 2020 sesongen.**

Det skjer stadig utvikling av metodene som blir brukt i vurderingene. I den følgende teksten oppsummerer vi de viktigste endringene i forhold til tidligere ekspertgrupperapporter som er gjort i de forskjellige metodene. Endringene fra tidligere år ansees som små og det er usannsynlig at de vil ha utslag på konklusjonene. Det er derfor ikke gjennomgått tidligere års vurderinger etter oppdateringer av metoder.

#### *Endring i innsamling av empirisk data*

Metodene for telling og innsamling av fisk er ikke endret fra tidligere år, men prøvetakingstidspunkt og stasjoner er noe endret fra tidligere år på grunn av lokale forhold og endringer i NALO programmet sine prioriteringer. Disse endringene er beskrevet i Appendiks II.

#### *Oppdatering av HI sine modellsystemer*

Den hydrodynamiske modellen som beregner strøm, saltholdighet og temperatur har blitt kvalitetssikret og validert i en ny artikkel, Asplin mfl. 2020.

Som et ledd i arbeidet med å videreutvikle modellsystemet ble partikkelspredningsmodellen (LADIM) til HI omprogrammert til et mer fleksibelt system våren 2017. Den nye modellversjonen er fritt tilgjengelig på (<https://github.com/bjornaa/ladim>). I en nylig publisert artikkel (Crosbie mfl. 2019) ble det i laboratorieeksperiment funnet at lakselus-kopepodittene i økende grad unnviker vann med saltholdighet fra 31 til 23. Dette ble implementert i Havforskningsinstituttet sin lakselusmodell, til erstatning fra den gamle saltholdighets unnvikelsen på 20 (Heuch 1995). Den nye metoden er validert mot vaktbursdata fra 2012-2017 og viste en betydelig forbedring av det estimerte smittepresset (Sandvik mfl. 2020).

Smittepressberegningene som er vist i denne rapporten er laget med ny modell for saltunnvikelse, med oppdatert LADIM, og med recalibrert smittepress og kan derfor avvike noe fra tilsvarende resultater i de to foregående rapportene.

Havforskningsinstituttets virtuelle smoltmodell er også oppdatert, både ved at de nye smittepresskartene er benyttet, men også ved at metoden for å beregne sammenhengen mellom predikert og observert påslag av lus på utvandrende postsmolt er endret (Johnsen mfl. 2020). I Myksvoll mfl. (2020) er begge metodene (HI kalibrert smittepress og HI virtuell smolt) anvendt i kombinasjon for å illustrere hvordan metodene utfyller hverandre.

#### *Oppdatering av VI sine modellsystemer*

Veterinærinstituttets virtuelle smoltmodell er også oppdatert, med følgende endringer etter rapporten fra 2019: 1) Påslagsmodellen som beregner sammenhengen mellom smittepress og påslag er validert mot data fra 2020. VI bruker som i forrige års rapport lusepåslag på smolt i bur fra og med 2012 til og med 2018 til kalibrering, men data fra både 2019 og 2020 til

validering av modellen. 2) Utvandringstider: I basisscenarioet brukes samme utvandringstider for vill laksesmolt som i fjorårets rapport, men som en sensitivitetsanalyse brukes estimer fra en statistisk modell beskrevet i Appendiks IX. 3) Det er rettet opp mindre feil i kildekoden.

*Oppdatering av SINTEF sine modellsystemer*

I SINTEF sin tilnærming brukes en hydrodynamisk modell koblet til en spredningsmodell for lus og en virtuell smoltmodell. Den hydrodynamiske modellen er under kontinuerlig utvikling, og det er gjort mindre tekniske justeringer siden arbeidet i 2017 og 2019. Den Eulerske modellen for spredning og utvikling av pelagiske stadier av lakselus er ikke endret. Modellering av drift for smolt er endret ved at det er lagt til en drift mot kystområde. Det brukes også samme metode for beregning av påslag. Parameterne er justert ut fra burdata fra 2018 og 2019. Burdata fra 2020 er brukt tilevaluering av modellresultat.

## 4. Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen

### 4.1. Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

Det ble av ekspertgruppen relativt tidlig påpekt at grenseverdiene bør gjennomgås og evalueres på nytt. Dette er både av hensyn til at de kan være meget avgjørende for estimatene av *lakselusindusert dødelighet* og fordi ekspertgruppen har påpekt svakheter med metodikken for å komme fram til grenseverdiene. For eksempel, i enkelte laboratorieforsøk er beregningene av luseindusert dødelighet benyttet på alle stadier av lus (fastsittende og bevegelige), mens i andre forsøk er disse verdiene basert kun på de fastsittende stadiene. Vi vet at dødeligheten av lus fra fastsittende stadier til bevegelige stadier ofte er i størrelsesorden 30-40 %, men vi kjenner også til forsøk hvor overlevelsen til lus har vært over 80 % og tilnærmet 0%, slik at dødeligheten til lusen må hensyntas i kommende forsøk og beregninger. Et eksempel på dette er at man hos rusefanget laksefisk (hovedsakelig sjøørret) bruker alle disse stadiene i beregningene for luseindusert dødelighet, mens man hos postsmolt av laks tatt i trål hovedsakelig foretar disse beregningene ut fra de fastsittende stadiene. I dette tilfellet kan sannsynligvis lusemengden på postsmolten være et overestimat sammenlignet med beregninger der man bruker alle lusestadiene til å beregne luseindusert dødelighet (gitt at det ikke tapes vesentlige antall lus i fangsten).

I 2019 ble det i vedlegg til Trafikklysrapporten vurdert om det var tilkommet ny informasjon som gjorde at man burde revurdere disse grensene. Siden 2012 er det gjort undersøkelser på oppdrettet, kultivert (1. generasjon villfisk), samt villfanget smolt. I 2019 ble det i vedlegg til Trafikklysrapporten vurdert om det var tilkommet ny informasjon som gjorde at man burde revurdere disse grensene (jfr. Appendiks XI, 2019). I dette appendikset er det vist at forsøk med oppdrettet og kultivert fisk kan indikere noe høyere grenseverdier for dødelighet enn hva som blir benyttet. Disse forsøkene indikerer dødelighet fra ca. 0,2 lus/g, og økende opp mot ca. 0,6 lus/g. Fysiologiske effekter ses fra ca. 0,2 lus/g, og det er observert tapt tilvekst. Nullvekst ble i det ene forsøket estimert fra 0,5 lus/g. Resultatene fra to av forsøkene med trålfanget vill laksesmolt, både naturlig og kunstig smittet, støtter opp under de grensene for dødelighet som er foreslått (Taranger mfl. 2012), mens det siste forsøket indikerer noe høyere grenseverdier (100 % dødelighet ved > 11 lus per fisk, dvs. ca. 0,6 lus/g fisk). Oppdrettet og kultivert fisk, samt de fôrete villfiskgruppene er større enn villfisk, og kondisjonen er i utgangspunktet bedre, og trolig er det forskjeller i fysiologi, skinntykkelse, og sammensetting. Overføringsverdien fra laboratoriet til naturen bør derfor vurderes med varsomhet. Det som ytterligere kompliserer overføringsverdien, er de vesentlige forskjellene mellom et liv i et beskyttet karmiljø og naturen. Det er flere faktorer som vil kunne underestimere dødeligheten i naturen som ikke fanges opp i karforsøk, eksempelvis predasjon, tapt evne til beiting, effekt av redusert vekst og adferdsendringer. Villfisk som tas ut av sitt naturlige miljø og settes i kar opplever trolig miljøendringen som et vesentlig stressелеment, og karforsøk med villfanget fisk kan derfor overestimere dødeligheten om denne fisken ikke tilvenner seg karforholdene.

Etter en gjennomgang av ny informasjon siden 2012 ble det derfor konkludert med at en ikke har grunnlag for å endre grenseverdiene foreslått av Taranger mfl. (2012). Det anbefales videre forskning på sammenhengen mellom luseinfestasjon og effekter (vekst, atferd, dødelighet, fysiologi) på vill laksefisk, og da resultater fra karforsøk vanskelig kan overføres til naturen, anbefales videre forsøk også gjort i naturen.

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

I denne rapporten har vi estimert dødelighet på utvandrende postsmolt av laks. Ved utregning av hvor stor andel av fisken som dør er dette uavhengig av hvor mange som vandrer ut. Utfallet av en påvirkning for bestanden vil imidlertid avhenge sterkt av bestandsstatus. For eksempel, hvis reduksjonen i fisk fører til at antall voksne laks som kommer tilbake er under gytebestandsmål (GBM), vil effekten ha en større negativ konsekvens for bestanden enn hvis gytebestandsmål uansett blir oppnådd med stor margin. En bestandsreduksjon som følge av lus, vil imidlertid ha konsekvenser selv om gytebestandsmål oppnås, fordi andelen av bestanden som kan høstes vil bli mindre. I Kvalitetsnormen for ville bestander av laks (Anon. 2013) er vurdering av normalt høstbart overskudd beskrevet som et viktig kvalitetselement.

Antall fisk som kommer tilbake til elven vil også være en indikator på om tilstanden for bestanden er bærekraftig. Bestander fra den samme regionen påvirkes i stor grad av de samme forholdene i havet (det vil si forhold etter fisken har forlatt kysten). Variasjon i tilbakevandringssrate mellom bestander i en region kan derfor i teorien gi informasjon om lakselusindusert dødelighet. En slik beregning er imidlertid komplisert fordi fisk fra forskjellige kohorter og bestander kommer tilbake etter forskjellige antall år i sjøen, vandrer ut på forskjellige tidspunkt, og har forskjellige utgangspunkt når det gjelder størrelse og utvikling. Vi mener likevel at det er grunn til å ta bestandsstatus med i betraktning når man evaluerer en eventuell effekt av lakselus. For eksempel kan det være grunn til å tvile på modellestimater som tilsier høy lakselusindusert dødelighet i et område dersom området har sterke høstbare bestander. På den andre siden kan dårlig bestandsstatus ha mange årsaker, og det er ikke nødvendigvis et misforhold mellom dårlig bestandsstatus og lav lakselusindusert dødelighet. Slike hensyn må tas når man gir råd angående påvirkning av lakselus.

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning gjorde i 2017 en nasjonal analyse av hvor stor del av variasjonen i bestandsstatus en eldre versjon av lusemodellen til VI (Kristoffersen mfl. 2018) kan beskrive (Anon. 2017b). De 169 bestandene som inngikk i beregningene var fordelt over hele landet, og dekket både oppdrettsintensive områder og områder der det er lite oppdrett (øst for Rogaland) eller hvor smittepresset var lavt (Troms og Finnmark). Dersom det antas at resten av bestandene i gjennomsnitt hadde samme lusepåvirkning som de som inngikk i analysen, og at kjønnene ble påvirket likt, kan tapet i antall laks på innsig til kysten av Norge illustreres. Hvis man tar utgangspunkt i det gjennomsnittlige innsiget i perioden 2010-2014 på ca. 475.000 laks tilsier regresjonsmodellen i disse beregningene, med de antagelsene som er gitt i Anon. (2017b), at innsiget ville ha vært ca. 528.000 laks uten lakselusindusert dødelighet, og at det årlige tapet var på ca. 50.000 laks. Det vil si et tap på 10 % av villaksen grunnet lakselus. Effekten var stor i Hordaland, og moderat langs kysten helt opp til Sør-Helgeland.

Siden rapporten i 2017 har også Vitenskapelig råd for lakseforvaltning oppdatert sin analyse av hvor god forklaringsgrad lusesmittemodellene til HI og VI har for å forklare romlig variasjon i bestandsstatus i norske lakseelver (Anon. 2019). I de oppdaterte modellene har de brukt både estimert høstingspotensiale og innsiget til hver bestand i prosent av gytebestandsmålet for 2018 som responsvariabler i regresjonsanalyser, og brukt data fra VI og HI virtuell smolt som forklaringsvariabler fra perioden 2016 og 2017 (avhengig av sjøalderfordelingen i bestandene). Vi fokuserer på prosent av gytebestandsmålet når vi diskuterer disse resultatene ettersom det er mer logisk kobling til det effektmålet vi er interessert i for produksjonsområdeforskriften. I analysen konkluderes det med at oppnåelse av gytebestandsmål og effekt av lakselus (Virtuell smolt estimerer) er viktige forklaringsvariabler. Forklaringsgrad av den endelige modellen var

i underkant av 30 % (for begge smittepressmodellene). Resultatene indikerer at reduksjon i høstbart overskudd på grunn av lakselus er i mange av elvene på Vestlandet (PO3-P05) over 10 %, mens også et fåtall hadde en reduksjon på over 30 %, mens det i Nord-Norge var liten eller ingen effekt av lakselus.

Ekspertgruppens vurdering av disse resultatene er at virtuell smoltmodellene virker til å være gode verktøy for å beskrive romlig mønster av dødelighet, men at det er viktig å se resultatene i sammenheng med empiriske data fra de forskjellige POene.

### **4.3. Mellomårlig variasjon og sesongutvikling**

I alle POer er det forholdsvis lite kopepoditter tidlig på våren, og mengden kopepoditter øker kraftig utover våren/sommeren i de fleste POene. Variasjon/usikkerhet i tidspunktet for når smolten fra de ulike elvene vandrer mot havet vil for enkelte POer være sammenfallende med det tidspunktet da antall kopepoditter øker mest. Tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter innen hvert PO gir derfor nyttig informasjon når usikkerheten i resultatet skal diskuteres.

### **4.4. Usikkerhet i kildeleddet**

Antall lakselus på oppdrett laksefisk rapportert fra alle anleggene i Norge er viktige inngangsdata for alle modeller som beregner smittepress. Kvaliteten på de innrapporterte tallene påvirker i stor grad kvaliteten på modellresultatene. Dette gjelder både presisjon i selve tellingen og nøyaktig tidspunkt for denne (se avsnitt 1.2 i Karlsen mfl. 2016). Det har ved flere anledninger blitt påpekt at det er behov for informasjon om eksakt dato for når de rapporteringspliktige observasjonene ble foretatt. Per dags dato rapporteres antall lus per fisk og temperatur i 3 m dyp en gang i uken (med ukenummer som tidsangivelse) og antall fisk en gang i måneden (også denne uten at dato er oppgitt). Da slakterier ikke rapporterer antall fisk eller antall lus per fisk i slaktemerdene, samt at anleggene er fritatt for telling av lus dersom all fisken slaktes ut innen 14 dager etter at tellingen skulle vært utført, bidrar dette til en unødvendig usikkerhet i modellestimatene.

### **4.5. Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus**

Kunnskap om naturlig dødelighet hos de pelagiske stadiene (nauplier, kopepoditter) til lakselus er begrenset. I denne fasen er lakselus utsatt for predasjon på lik linje med andre planktonorganismer, og det kan forventes til dels stor romlig og temporær variasjon i predasjon og dødelighet (se avsnitt 1.3.2. i Karlsen mfl. 2016 og diskusjon i Brooker mfl. 2018). For eksempel vil høy predasjon av de frittlevende lusestadiene føre til overestimering av smittepresset.

### **4.6. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering**

Kvaliteten på modellsystemet har blitt belyst i en rekke studier i ulike fjordsystem (Asplin mfl. 2014, 2020; Johnsen mfl. 2014, 2016; Skardhamar mfl. 2018), inkludert validering av lakseluspåslag på smolt i vaktbur (Sandvik mfl. 2016, 2020), mot lus på garn- og rusefanget fisk fra overvåkingsprogrammet (Myksvoll mfl. 2018) og mot lus på trålfanget postsmolt laks med kjent opphavselv (Johnsen mfl. 2020).



I utregningen av metoden «HI smittepress» er det ikke inkludert informasjon om hvor fisken befinner seg på et gitt tidspunkt, men integrert smittepress i et punkt over et gitt tidsrom. Metoden kan lettest tolkes som resultatet der vi har utplassert virtuelle vaktbur i et finmasket rutenett i hele fjordsystemet og langs kysten, og den har derfor samme styrker og svakheter som observasjonene fra vaktburene. Smittepresset på vill laksefisk har grovt blitt klassifisert som høyt, middels og lavt, der grenseverdiene 1 og 10 lus for lav og forhøyet smittepress har blitt benyttet i de publiserte arbeidene. I appendiks V viser vi resultat der grenseverdiene er satt til 2 og 6 lus, i samsvar med grenseverdiene som er benyttet i de andre vurderingene i denne rapporten (basert på Taranger mfl. (2015)). Grenseverdiene er valgt basert på tilgjengelig kunnskap, og vil bli justert når nye data kommer til. Grenseverdiene er usikre, og grensen på 6 lus per fisk for forhøyet smittepress vil sannsynligvis føre til at modellen overestimerer smittepresset når vi summerer over 30 dager. Resultatet av denne er rapportert for hvert PO.

Usikkerheten til metoden, når det kommer til å anslå sannsynlighet for høyt lusepåslag (dødelighet) for utvandrende smolt, er først og fremst tidspunktet for når smolten er i fjorden og dermed hvilken periode det skal integreres over.

Havforskningsinstituttet sin virtuelle smoltmodell inneholder en smitte modul som overfører modellert kopepodittfordeling til antall lus på trålfanget utvandrende postsmolt av laks (appendiks VI, Johnsen mfl. 2020). For å kalibrere påslagsraten og variansen, har vi benyttet observert antall lus på fisk fra tråltrekk gjort i 2015, 2016, 2017 og 2018. Fisken er analysert genetisk for å kartlegge opphavselv (metode beskrevet i Harvey mfl. 2019), og hver enkelt observert fisk kan da kobles til en gruppe virtuelle postsmolt som har gått fra den samme opphavselven i det samme tidsrommet. Det er godt samsvar mellom tråldata og modellresultat både med tanke på forventet antall lus og de beregnede dødelighetsestimatene (Johnsen mfl. 2020). Resultatene er følsom for når smolten vandrer ut og formen på den antatte utvandringsskurven. Dette diskuteres videre i appendiks VI.

#### **4.7. Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering**

Det er knyttet usikkerhet til en rekke antakelser i hendelseskjeden definert av Veterinærinstituttets risikomodel. Usikkerhet i smitteprosessen er delvis håndtert ved beregninger av verste og beste scenarioer. Scenarioene representerer erfaringsbasert variasjon i påslag av lus på laksesmolt i bur som ikke forklares av det beregnede smittepresset. Disse effektene er knyttet til område og tidsperiode for burforsøkene, og representerer derfor usikkerhet knyttet til systematisk variasjon i observerte påslag av lus på burfisk. Effektene av område og tidsperiode tallfestes ved såkalte tilfeldige effekter i smitte modellen. De tilfeldige effektene for de fleste områder og år faller på begge sider av null (Figur 1b i appendiks VII); det er med andre ord i liten grad systematiske trender mellom områder eller år i den uforklarte variasjonen. Smitte modellens usikkerhet varierer noe mellom produksjonsområdene, der særlig de observerte påslagene på fisk i Sognefjorden generelt er systematisk høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi. Smitte modellen viste en relativt god prediksjonskraft for observerte lus på fisk i 2019. I 2020 forelå det bare observasjonsdata fra burforsøk i Hardanger til å sammenlikne modellprediksjonene med. Observert påslag i Hardanger var i 2020 høyere enn predikert, men dette er ikke et systematisk avvik som sees over mange år og avviket var innenfor usikkerhetsintervallet for prediksjonene.

Usikkerheter knyttet til andre deler av hendelseskjeden i risikomodelen, slik som vandringsprogresjon fra elveutløp til hav, tidsperiode for utvandring og sannsynligheter for luseindusert dødelighet er belyst i sensitivitetsanalyser (Kristoffersen mfl. 2018). Det er også

usikkerhet knyttet til hvor representativ smitte modellen, som er utledet fra burfisk, er for smittepåslag på utvandrende smolt av villaks. Det er også knyttet en viss usikkerhet til valg av utvandningsrute (se under 4.10).

#### 4.8. Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering

SINMOD er et veletablert modellsystem for biologiske og hydrodynamiske prosesser. Se [www.sintef.no/SINMOD](http://www.sintef.no/SINMOD) for mer informasjon. Modellsystemet er anvendt for en rekke problemstillinger i fjord og kyststrøk (Broch mfl. 2017; Jansen mfl. 2018; Fossberg mfl. 2018). Populasjonsmodellen for lus følger rammeverket som er utviklet for andre biologiske arter (Alver mfl. 2016). Det er en rekke parametere som inngår i modellen, og det er usikkerheter knyttet til for eksempel utvikling og adferd av luselarvene. Det er imidlertid kildeledd og dødelighet av larver og kopepoditter i sjø som anses som de største usikkerhetsfaktorene. Observasjoner av pelagiske stadier av lus er svært utfordrende, og det finnes ikke data som kan brukes til å vurdere modellerte konsentrasjonsfelt. Modellen er derfor vurdert opp mot burdata fra 2018 og 2019. Det første steget i denne vurderingen er å estimere sannsynlighet for påslag av lus på smolt (Se appendiks VII). Sammenligningen mellom modell og burdata er videre brukt for å si noe om usikkerheten til resultatene i hvert PO. Sannsynlighet for påslag er videre brukt for å regne påslag av lus på utvandrende virtuelle smolt. Smoltutvandringen modelleres i SINMOD ved å la fisken svømme med strømmen i tillegg til en jevn drift i retning mot korteste avstand til grunnlinjen. Det gir dynamiske utvandningsmønstre. Utvandningsforløpene er ikke vurdert mot et større datasett. Oppholdstid og utvandringstid har mye å si for smitter, og det er derfor usikkerhet knyttet til resultatene fra smoltmodellen.

#### 4.9. Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere

I områder med få oppdrettsanlegg og mye villfisk kan lakselus på vill laksefisk bidra til det lokale smittepresset. For å eksemplifisere dette kan det sies at i 2016 var innsiget i henhold til Anon (2017b) 470 000 laks og antallet sjørret og sjørøye er tidligere grovt estimert til rundt 1 million (Heuch & Mo 2001). Dette er allikevel ubetydelige antall sammenlignet med et årlig estimert antall i overkant av 400 millioner oppdrettsfisk i merdene langs norskekysten (Svåsand mfl. 2016). Dette er i år diskutert i mer detalj i appendiks X.

#### 4.10. Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt

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

*Utvandningsruter:* Vandringsrutene til vill postsmolt er bare kartlagt for et fåtalls elver i Norge. Vi vet i tillegg lite om hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og grunnlinja (Mork mfl. 2012). Vandringshastighet i kombinasjon med vandringsavstand og utvandringstidspunkt kan brukes til å definere eksponeringstid for lakselus. Et viktig moment er derfor oppholdstiden til postsmolten i relevante fjord- og kyststrøk. Det er stor variasjon mellom individene med hensyn til vandringshastighet, men hastigheten ligger hovedsakelig i området mellom 0,8-1,5 kroppslengder per sekund (Thorstad mfl. 2012; Urke mfl. 2013a, b;

Vollset mfl. 2016). Dette utgjør om lag 10 km/dag. Dette kan eksemplifiseres med at vandringstid for merket villsmolt er om lag 10-14 dager fra den vandrer ut fra Lærdalselva til ytre deler av Sognefjorden (Urke mfl. 2015). Variasjon mellom fjordsystemer på grunn av topografiske forskjeller vil også påvirke vandringshastighet og progresjon.

*Tidspunkt for utvandring:* Alle utvandringsforløp ble standardisert med utgangspunkt i tidspunkt for 25 % utvandring. Start av utvandring er satt til 10 dager før, 50 % utvandring 10 dager etter 25% utvandring. Den totale utvandringsperioden ble satt til å vare i 40 dager. En 40 dagers utvandringsperiode er sannsynligvis et overestimat i en god del tilfeller, i spesielt i mindre vassdrag med lite variasjon i fysiske forhold I det siste tilfellet vil det innebære at dødelighet av lus kan bli overvurdert i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Størrelsen på en eventuell feilestimering vil avhenge av hvor godt samsvar det er mellom virkelig og antatt tidspunkt for utvandring. På den andre siden kan også den totale utvandringsperioden i vassdrag være lengre enn 40 dager. I slike bestander vil dødelighet av lus kunne undervurderes i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Hvor stor andel av bestanden som vandrer sent vil dermed være viktig for størrelsen på feilen i slike tilfeller. I appendiks 1 går vi noe mer i detalj på disse problemstillingene.

I rapporten fra 2019 i Appendiks IX “Vurdering av tidspunkt for utvandring av laksesmolt i elver i Norge: status for utvikling av prediksjonsmodeller for produksjonsområde forskriften” ble det referert til et pågående arbeid for å bruke temperatur og vannføring for å modellere utvandringsforløpet til laksesmolt. Dette arbeidet er sendt inn til publisering, men er fremdeles ikke publisert. I Appendix IX til denne rapporten oppsummerer vi hovedfunnene fra dette arbeidet. Resultatene viser at utvandring i norske elver i stor grad kan beskrives av geografisk plassering og gjennomsnittlig lufttemperatur i forkant av smoltutvandring ( $R^2 = 0,83$ ). Dette betyr ikke at andre prosesser ikke er viktige, men at disse forklaringsvariablene er gode nok til å beskrive utvandringsforløpet på en skala som er relevant for trafikklyssystemet. Resultatene fra denne modelleringen er brukt til å sensitivitetsteste smoltmodellene fra Havforskningsinstituttet (HI), Veterinærinstituttet (VI) og SINTEF for å vurdere om de oppdaterte dataene og modellene vil ha en stor påvirkning på konklusjonene i ekspertvurderingen i 2020 (se egne rapporter). Sensitivitetsanalysene viser kun små endringer i estimatene for dødelighet med disse alternative utvandringstidene.

En kort oppsummering av tidspunkt for årets smoltutvandring basert på tilgjengelige data fra et fåtall elver og resultater fra tråling etter postsmolt er gitt i Appendiks Ib. I sum kan det virke som en uvanlig kald mai måned og sen snøsmeltning har påvirket utvandringstidspunktet i noen vassdrag langs kysten i 2020. Dette virker til å ha ført til at enkelte elver har hatt stort avvik fra tidligere år (senere utvandring), men at det er stor variasjon hva slags utslag dette har hatt på enkelte elver. Dette fører også til at det er vanskelig å gjøre noen klare konklusjoner rundt hva som har skjedd i regioner hvor vi har lite data. Samtidig peker denne usikkerheten mot at det er sannsynlig at en andel av laksesmolten har vandret senere ut enn i normalår. Gitt et økt smittepress utover sesongen (slik vi ser i de fleste POer) vil dette føre til at enkelt elver kan ha blitt mer påvirket av lakselus enn antatt.

#### 4.11. Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn

Alle redskaper som benyttes for å fange fisk er selektive, og kan påvirke utfallet av de målingene som foretas. Ruse har den fordel at fisken fanges levende, og at den ikke setter seg fast i garnmasker noe som kan føre til tap av lus. Tap av lus er generelt mindre, og sammenligninger indikerer at antall lus på rusefanget sjøørret er høyere enn på garnfanget (Grøn 2016). Vi har valgt å utelukkende benytte tellinger av fisk i felt da sammenligninger indikerer et betydelig tap av lus, spesielt de minste stadiene, på fisk som er frosset og tas inn til lab for telling av lus. Undersøkelser indikerer at en andel av de minste stadiene av lus på sjøørret og sjørøye er skottelus. Disse kan vanskelig skilles fra lakselus, og selv om en vanligvis får økte tettheter med skottelus på oppdrettsfisk først utover høsten, kan det medføre at spesielt i nordlige fylkene overestimeres antall lakselus. Foreløpige data kan indikere at innslaget av skottelus i de fastsittende stadiene utgjør opptil 12 % i de nordlige fylkene (Elvik mfl. 2016).

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

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

I tidligere risikovurderinger av oppdrett (Svåsand mfl. 2016), har lakselus på sjøørret mindre enn 150 gram fanget rett etter forventet median smoltutvandring blitt brukt som en indikator på potensielle effekter på utvandrende laksesmolt. Dette er problematisk siden disse to artene har forskjellig atferd. I et nylig arbeid ble lakselusmitte på sjøørret og laksesmolt fanget samtidig i trål de siste 10 årene studert for å evaluere hvor god en slik tilnærming er til å forutse mengder lus på laksesmolt (Vollset mfl. 2017), altså om det er en korrelasjon mellom lus på sjøørret og laksesmolt. Studiet tilsier at det er en klar sammenheng mellom smittepresset på de to artene, men at det generelt sett er mindre lus på laksesmolt enn på sjøørret. Vi vurderer derfor at lakselus på sjøørret ikke kan brukes til å direkte estimere lakselusindusert dødelighet på laksesmolt, men i tilfeller der det observeres store mengder lus på sjøørret er dette en klar indikasjon på at også utvandrende laksesmolt er mer utsatt for lusesmitte i et gitt område.

#### 4.12. Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur

Vaktburene er forankret på bunn, og henger fra blåser rett under overflaten. Undersøkelser indikerer at det er mest lus i de øverste vannlagene, og siden vill utvandrende postsmolt laks oftest svømmer på 1-3 m dybde fanger burene opp smitte på denne dybden. Hvis området er

sterkt påvirket av ferskvann, noe lakselus vil unngå, kan dette reflekteres i lusepåslagene i vaktburene.

Påslag vil variere med transport av vann gjennom buret da fisken her er låst i tid og rom. Det er gjort undersøkelser av variasjon i påslag av lakselus i burene ved å sette to og to bur sammen like ved siden av hverandre (50-100 m avstand) i indre og ytre deler av Hardangerfjorden i 2010, med totalt 13 slike par. I 7 av disse parene var infestasjonen nær 0, mens de øvrige settene viste samme trend, men det var en signifikant forskjell i 4 av settene (Bjørn mfl. 2011). Årsaken til denne forskjellen kan være lokale strømmer, begroing av bur som reduserer gjennomstrømmingen, ulik atferd til fisken i burene, tilfeldigheter eller annet. Burene dekker normalt ikke de midtre delene av fjorden da dette er praktisk vanskelig. Burene representerer derfor smittepresset relativt nært land, men ikke nødvendigvis i hele fjordens bredde. På den annen side står fisken i ro og all kontakt mellom fisk og lus er basert på vannstrømmene. I naturen vil fisk bevege seg og kontakten mellom fisk og lus er trolig høyere. I så fall underestimeres påslagene, tilsvarende om lus skrapes av på notveggen i burene. Resultatene fra vaktburene brukes derfor primært for å sammenligne smittepress i tid og rom, og ikke som et direkte estimat av infestasjonen på villfisk.

I vurderingen er grensene for lavt og høyt smittepress satt til hhv. 2 og 6 lus/fisk/14 dager. Dette er gjort for å ha tilsvarende grenser som ellers brukes («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk» i kapittel 2) om dette omregnes til lus/g fisk og en antar at fisken veier 20 g. Tolkningen opp mot effekt på laks må derfor hensynta hvor smittepresset er, hvor stort dette er, og holde dette opp mot antatte vandringsruter for laks. En antar her at om smittepresset er høyt og/eller at en stor del av vandringsruten har forhøyet smittepress medfører dette større sannsynlighet for dødelighet på utvandrende postsmolt laks. Høyt smittepress i ett begrenset område vektlegges derfor i liten grad.

#### **4.13. Usikkerhet knyttet til tråling**

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

Postsmoltens vandring gjennom fjordene i forhold til dag/natt, saltholdighet og vannstrømmer er begrenset beskrevet (Drenner mfl. 2012), og resultatene er ikke konsistente. Data indikerer at smolt bruker hele fjorden i utvandringen, inkludert bruk av bukter langs land og på øyer. I hvilken grad trålingen fanger opp et representativt utvalg av fisken har vært diskutert. Det har vært diskutert at laksesmolt smittet med lus kan ha en avvikende atferd ved at de svekkes, bryter stimstrukturen og dermed fanges lettere i trålen enn fisk som ikke er lusebefengt. Trållunnvikelse baserer seg da på evne til å oppfatte og svømme bort fra trålåpningen. Effekten av lus på laksens kritiske svømmehastighet (et mål på maksimal svømmehastighet og utholdenhet) har vist at lusebefengt laks har noe lavere verdier (Wagner mfl. 2003, 2008), og at det er en økende effekt også for de tidligste stadiene av lus med økende infestasjon (Bui mfl. 2016). Om de relativt små forskjellene har noen praktisk betydning for trållunnvikelse vites ikke. En redusert svømmeevne vil kunne medføre økt risiko for å miste kontakt med gruppen og

derved øke risikoen for predasjon. Dette betyr at laks lusebefengt inne i fjordene kan ha en høyere risiko for predasjon, og derfor bli underrepresentert i trålfangstene.

Nylig har Havforskningsinstituttet utviklet en metode for å bestemme opphavslev til den trålfangete fisken (Harvey mfl. 2019). Dette gir oss anledning til å vurdere effekten av elveposisjon. Metoden er ikke i stand til å bestemme all fisken, men vi antar at utvalget som kan bestemmes er representativt for elvene. I dette arbeidet ble det også funnet at antall fisk fanget med trål fra de ulike elvene i Hardangerfjorden samsvarte med teoretisk smoltproduksjon i disse elvene (Harvey mfl. 2019).

Trålfangstene tas primært i de ytre delene av fjordene, men fisken fanges uansett alltid før den har fullført vandringen i fjordene og langs kysten. Derfor vil antall lakselus på fisken være underestimerer på den totale lusemengden smolten får på seg i løpet av vandringen fra elvemunning til åpent hav. Det er derfor vurdert hvor fisken er fanget, og der dette er gjort relativt langt inne i fjordene festes mindre tiltro til estimatene.

## 5. Vurdering av status i produksjonsområdene

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

Lav: < 10 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Moderat: 10-30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Høy: >30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

### 5.1. Fremgangsmåte i vurdering av produksjonsområdene

Ekspertgruppen har gått igjennom alle metodene beskrevet i kapittel 4 og som har vært tilgjengelig for hvert PO, og gjort en samlet vurdering. Generelt er det enighet i ekspertgruppen om at tråldata, rusefangst sjøørret og vaktbur har lavest usikkerhet (gitt en representativ dekning i tid og rom), og at modellprodukter generelt har høyere usikkerhet.

#### *Usikkerhetsvurderinger av metode*

For å vurdere status i de enkelte POene, og hensynta usikkerheten til de ulike metodene, har ekspertgruppen utviklet et system der man går gjennom standardiserte spørsmål for hver metode (Appendiks XI), og basert på svarene på disse spørsmålene konkluderer med hvilken kategori metoden støtter at POet er i (lav, moderat eller høy lakselusindusert dødelighet). Skjemaene er brukt retningsgivende i løpet av vurderingene av POene. Tilsvarende metode er benyttet for å vurdere hvor usikker vi er på at kategoriseringen er korrekt (liten, middels eller stor usikkerhet).

De forskjellige metodene har i utgangspunktet noe forskjellig måter å definere usikkerhet, og det har vært opp til hver metodeeier, det vil si den institusjonen som har levert resultater fra metoden inn til ekspertgruppen, å definere hvordan man kategoriserer usikkerheten. Det foregår en prosess innad i ekspertgruppen for å komme til et omforent begrepsbruk rundt usikkerhet mellom metoder. Per nå er ikke usikkerhetsbegrepet brukt likt for alle metodene. Dette er delvis på grunn av at metodene er så ulike at det er komplisert å definere likt begrepsbruk, men også delvis fordi det er faglige uenigheter om hvordan man skal beregne usikkerhet.

For å gjøre dette mer oversiktlig har ekspertgruppen som et kompromiss laget en tabell hvor hver metode beskriver kort hvordan hver usikkerhetskategorisering skal defineres for hver metode (Tabell 1). Dette har vi gjort for at lesere raskt skal kunne få en oversikt over hva de forskjellige begrepene som gjelder usikkerhet i kapittel 5 betyr.

**Tabell 1.** Metodevis definisjon av usikkerhetsbegrep

Metode	Usikkerhets definisjon		
	Liten	Middels	Stor
Trål	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God geografisk dekning</li> <li>• Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden</li> <li>• Adekvat antall fisk i hver prøvetakning</li> <li>• Genetisk tilhørighetsanalyse endrer ikke på konklusjonen</li> <li>• Størst fangst ikke i slutten eller starten av trålperioden</li> <li>• Dødelighetsestimatene har liten usikkerhet, og ligger ikke i grensen mellom kategori (lav, moderat, høy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>
Sjøørret ruse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God geografisk dekning ift smittepress</li> <li>• Adekvat antall fisk fanget</li> <li>• Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden</li> <li>• Dødelighetsestimatene har liten usikkerhet, og ligger ikke i grensen mellom kategori (lav, moderat, høy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>
Bur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God geografisk dekning</li> <li>• Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden</li> <li>• Dødelighetsestimatene er konsistente innenfor en større del av området (lav, moderat, høy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>
HI virtuell smolt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liten variasjon i dødelighet mellom elver innad i området</li> <li>• utvandringstidspunkt (10 dager før eller etter midlere utvandring)</li> <li>• vektet/uvektet gjennomsnitt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Middels variasjon i dødelighet mellom elver innad i området</li> <li>• utvandringstidspunkt</li> <li>• vektet/uvektet gjennomsnitt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stor variasjon i dødelighet mellom elver innad i området</li> <li>• utvandringstidspunkt</li> <li>• vektet/uvektet gjennomsnitt</li> <li>• Og den gjennomsnittlige dødeligheten ligger helt på grensen mellom to kategorier.</li> </ul>
HI smittepress	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liten variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden.</li> <li>• Små endringer i smittepresset vil ikke medføre endret kategori.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Middels variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden, altså at smittepresset ligger relativt nær en annen kategori.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stor variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden, altså at smittepresset varierer mellom flere kategorier (fra lavt til høyt), eller at smittepresset ligger helt på grensen mellom to kategorier.</li> </ul>
VI virtuell smolt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forventet verdi for villfiskindusert dødelighet og estimat for verste scenario er i samme kategori (lav, moderat eller høy).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimater for verste scenario er én kategori høyere enn den forventede verdien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimater for verste scenario er to kategorier høyere enn den forventede verdien.</li> </ul>
SINTEF virtuell smolt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det er lite variasjon i kategorisering av villfiskindusert dødelighet mellom de ulike elvene.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det er variasjon i kategorisering av villfiskindusert dødelighet mellom de ulike elvene innenfor to nivå</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det er stor variasjon i kategorisering av villfiskindusert dødelighet (varierer fra lav til høy).</li> </ul>



### Usikkerhetsvurdering av PO

For usikkerhetsvurderinger av konklusjonen for hele POet har ekspertgruppen kommet til en omforent definisjon. Dette ble spesifikt etterspurt av NFD i 2019 og ble oppsummert i et vedleggsnotat. Vi repeterer teksten i dette notatet her.

Usikkerhetsvurderingene for hvert PO er gjort basert på en samlet vurdering av (1) hvor ulike konklusjonen er mellom de forskjellige metodene; (2) hvor stor usikkerhet det er i konklusjonen gjort for hver metode; (3) hvor mye data vi har fra hvert PO og (4) hvor nært en annen kategori hovedkonklusjonen ligger. Samlet har vi fra dette vurdert en usikkerhet for hver konklusjon i hvert PO til enten å være liten, middels eller stor. Vi har fått forespørsel spesifikt å beskrive hvordan disse usikkerhetsvurderingene forholder seg til begrepet «sannsynlighetsovervekt».

### Sannsynlighetsovervekt

Per definisjon er gruppen samstemt om at det er sannsynlighetsovervekt for hovedkonklusjonen gjort for hvert PO. Med sannsynlighetsovervekt definerer vi at det er størst sannsynlighet for at den faktiske dødeligheten ligger i denne kategorien.

Sannsynlighet kan beskrives som en prosent verdi fra 0 til 100 %. Det er derimot viktig å påpeke at rapporten ikke har kvantitativt regnet seg fram til et slikt tall, men har gjort en samlet vurdering av kvantitativ og kvalitativ informasjon. Vurderingene av POet vil være en kombinasjon av data, modeller og annen kunnskap, slik at det ikke vil være mulig å regne seg ut til et omforent kvantitativt mål på usikkerhet og dermed sannsynlighet. Samtidig er det viktig å ha et omforent standpunkt om hva usikkerhetsvurderingene betyr i forhold til sannsynlighet for kategorisering.

### Ekspertgruppens kvantitative definisjoner av usikkerhetsbegrepene

I et scenario der man har 2 kategorier vil sannsynlighetsovervekten være definert med at en kategori har høyere sannsynlighet enn 50 %. Det er derimot slik at når man har tre kategorier å forholde seg til blir sannsynlighetsovervektbegrepet noe mer komplisert. Ekspertgruppen har imidlertid ikke for noe produksjonsområde vurdert at flere enn to kategorier var sannsynlig. Kategoriene vi har vurdert som sannsynlige har vært enten lav/moderat eller moderat/høy. Dermed har en potensiell tre-kategorisituasjon i praksis blitt en to-kategorisituasjon. Basert på denne argumentasjonen kan en forstå usikkerhetsbegrepene ved hjelp av en kvantitativ definisjon:

- |                    |                                                                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Stor usikkerhet    | = det er mer enn 50 % men mindre enn 65 % sannsynlig at kategorien er riktig definert. |
| Middels usikkerhet | = det er mellom 65 og 80 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.                |
| Liten usikkerhet   | = det er mer enn 80 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.                     |

Vi vil påpeke at usikkerheten til en satt dødelighet for et produksjonsområde er en ekspertvurdering, og ikke er et kvantitativt resultat fra et regnestykke.

Med denne måten å definere usikkerhet på er det per definisjon slik at usikkerhetsvurderingen vil alltid peke nedover hvis man har definert lakselusindusert villfiskdødelighet i et PO som høy, og oppover hvis man har definert lakselusindusert villfiskdødelighet i et PO som lav. Det

er derimot viktig å påpeke i hvilken retning usikkerheten peker i de tilfeller der kategoriseringen er moderat. Dette er tatt stilling til og definert som piler i tabell 2.

## 5.2. Vurderinger for 2020

I den følgende teksten følger vurderingene som er gjort for 2020. Resultatene er oppsummert i tabell 2.

**Tabell 2.** Resultater fra modeller og observasjoner i de ulike produksjonsområdene og ekspertgruppens overordnede konklusjon. Metodene er beskrevet i detalj i kapittel 4. Kategorien er indikert med usikkerhet i superscript. ↑↓ Piler indikerer om usikkerheten for konklusjonen «moderat» peker mot kategorien over eller under.

Vurderingen 2020 (konklusjon<sup>usikkerhet</sup>)

2020	Trål	Ruse/garn	Bur	HI smitte	HI VS	VI VS	SINTEF VS	Hovedk.
1		Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>
2	Høy <sup>mid</sup>	Høy <sup>mid</sup>		Høy <sup>mid</sup>	Høy <sup>mid</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>lit</sup>	Høy <sup>mid</sup>
3	Høy <sup>lit</sup>	Mod <sup>stor</sup> ↑	Høy <sup>mid</sup>	Mod <sup>stor</sup> ↑	Høy <sup>lit</sup>	Mod <sup>mid</sup> ↑	Mod <sup>stor</sup> ↑	Høy <sup>mid</sup>
4	Mod <sup>mid</sup> ↑	Høy <sup>lit</sup>		Mod <sup>mid</sup> ↑	Mod <sup>mid</sup> ↑	Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>mid</sup> ↑
5	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>mid</sup> ↓		Lav <sup>lit</sup>	Mod <sup>stor</sup> ↓	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>
6	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>stor</sup> ↑		Lav <sup>mid</sup>	Mod <sup>mid</sup> ↑	Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>
7		Høy <sup>stor</sup>		Mod <sup>stor</sup> ↓	Mod <sup>stor</sup> ↓	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>stor</sup> ↓	Mod <sup>stor</sup> ↓
8		Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>mid</sup>
9		Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>
10		Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>stor</sup>
11		Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>
12	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>
13		Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>

### 5.3.Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

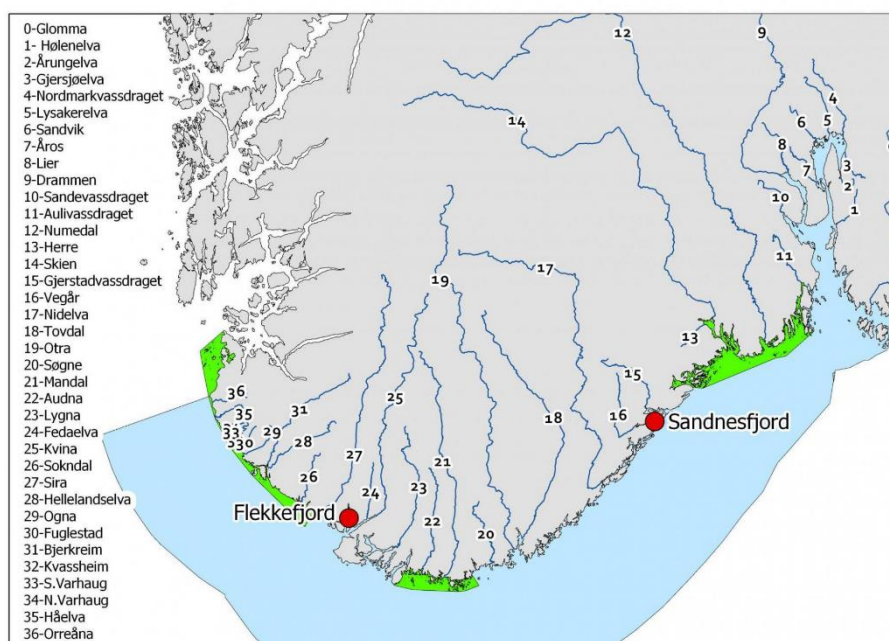
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

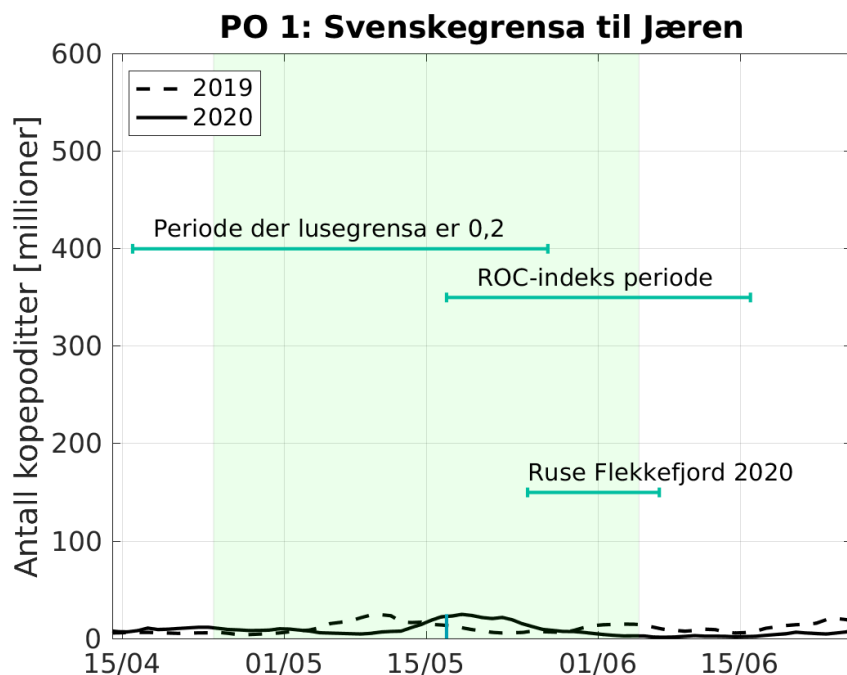
Det ble fanget sjørørret i ruse ved to stasjoner i dette POet. Som i 2019 påpekes det at det var noe forhøyet smittepress fra lakselus observert på sjørørret i Flekkefjord. Dette er det eneste området hvor det er oppdrettsaktivitet av betydning. Utvandringsrutene fra denne fjorden er korte og dødelighetsestimaterne fra elver i og rundt Flekkefjord var lave. Flekkefjordsområdet ansees heller ikke som representativt for hele POet ettersom smittepresskartet indikerer liten utbredelse av smitte. En viktig observasjon i år er at 17 laksesmolt fanget i trål inne i Boknafjorden i PO2 har sitt opphav fra PO1 (basert på genetiske analyser). Disse laksesmoltene hadde i snitt moderate nivåer av lakselus, og det er dermed ikke usannsynlig at bestander av laks kan påvirkes av luseutslipp fra anlegg i POer lenger nord.

**Tabell 3.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

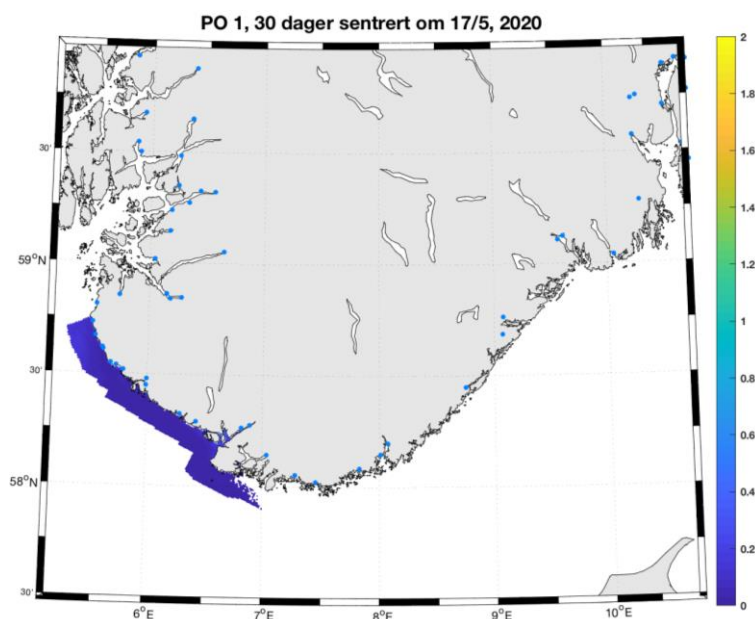
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	9	38	2 182 000 (21,7 %)
2017	8		
2018	6		
2019	7		
2020	6		



**Figur 3.** Oversikt over elvene (tall) samt ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 1. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 4.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 1 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørørret ruse.



**Figur 5.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 1 i smoltutvandningsperioden. Områder uten farge har ingen forekomst av kopepoditter.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 5. juni, med 50 % utvandring satt til 17. mai (uke 20).

## Resultater 2020

Sjøørret ruser: Som tidligere år ble stasjonene i Sandnesfjord og Flekkefjord undersøkt med ruse. I Sandnesfjord viste undersøkelsen i ukene 22 og 24 lite lus på fiskene, og det ble estimert ingen dødelighet. I Flekkefjord i ukene 22 og 23 hadde en større andel av fiskene lus, og som i 2018 og 2019 hadde disse også flere lus enn i Sandnesfjord. Det ble estimert lav til moderat dødelighet i begge ukene. Stasjonene ble overvåket fra ca. 2 uker etter estimert median utvandring, og gitt de økende utslippene av lakselus utover våren, representerer dataene trolig smittepresset i siste halvdel av utvandringen. Området ved Flekkefjord er det eneste i dette PO med forhøyet smittepress, og området som helhet anses derfor å ha lav lakselusindusert dødelighet, og de relativt lave utslippene som også er konsentrert i det overvåkede området gjør at vi anser at kategoriseringen har liten usikkerhet. I tillegg har smolten kort vandringsvei gjennom fjordene i dette området, og derfor kort oppholdstid i områder med forhøyet lusepress. Et fåtall laks (17, og derfor vektlegges ikke disse resultatene) fra enkelte elver i PO1 (Håelva, Oгна, Bjerkreim og Sokndal) ble fanget i Boknafjorden i trål. Disse laksesmoltene hadde moderate nivåer av lakselus.

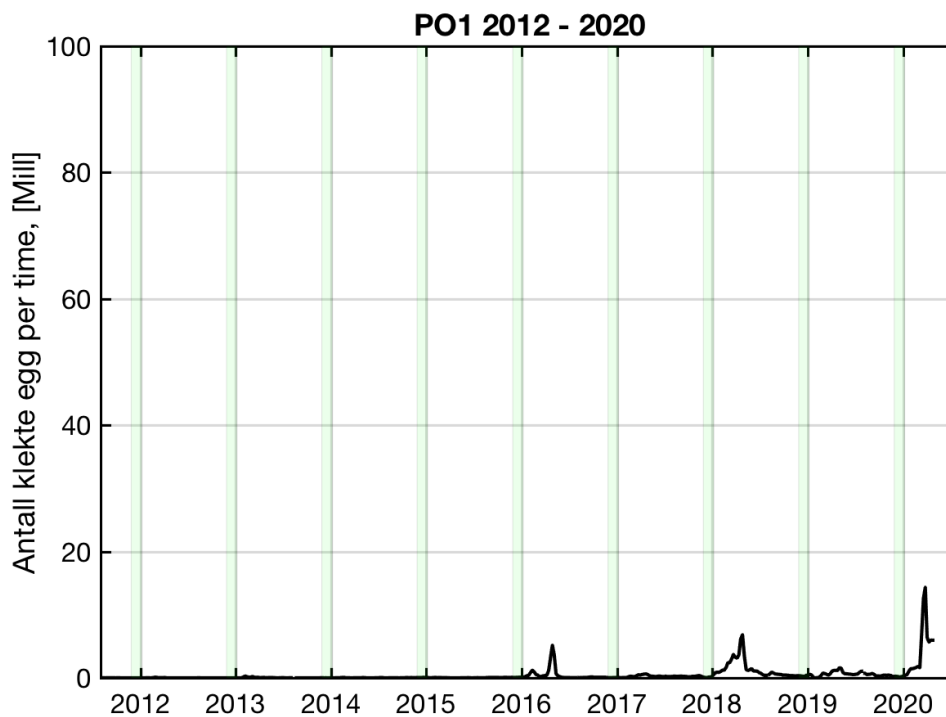
### Smittepress HI:

Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør < 1 % av det kystnære arealet. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon, var under 1 % samtlige år i perioden 2012 – 2020. Den estimerte dødeligheten var lav i hele området, og varierte i 2020 fra 0 – 2 % mellom elvene. Smittepresset var noe forhøyet fra området rundt Flekkefjord og nordover. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som lav i 2020. Grunnet den lave variasjonen i modellresultat mellom år, elver og tidsforløp for utvandring vurderes usikkerheten som liten.

VI virtuell smolt: Både vektet og uvektet gjennomsnitt av estimert dødelighet var svært lave (< 0,1%) og estimatene basert på det verste scenarioet i modellen var også svært lave (< 1%). Modellen er ikke kalibrert eller validert mot burdata for området, men det er liten grunn til å tro at dette kan påvirke konklusjonen. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Konklusjonen anses som å ha liten usikkerhet ettersom det verste scenarioet ikke går inn i moderat kategori.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 6.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 1), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandningsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg har vært generelt lav i perioden 2012 til 2020, men viser en økende trend i etterkant av smoltvandringen i partallsår 2016-2020.

## 5.4. Produksjonsområde 2: Ryfylke

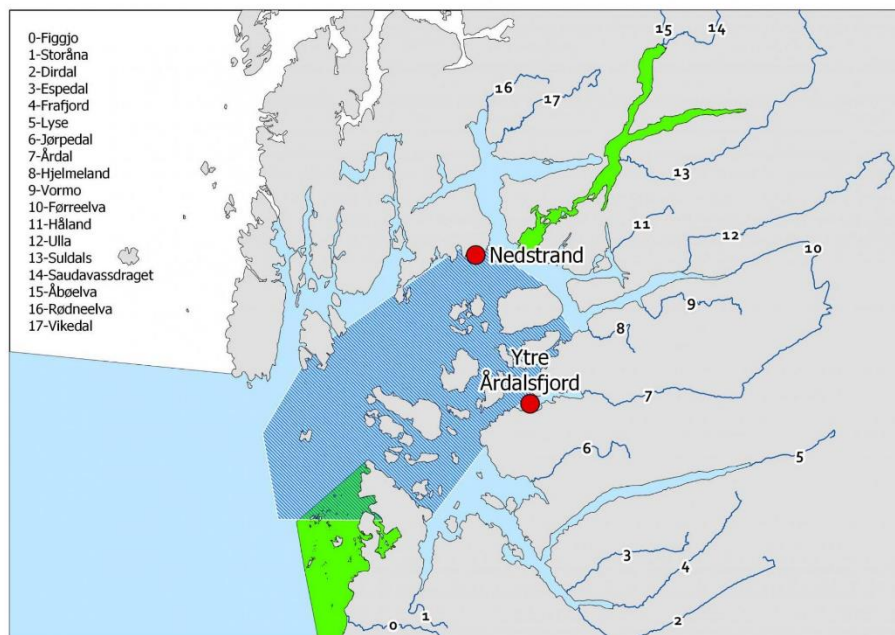
**Konklusjon:** Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

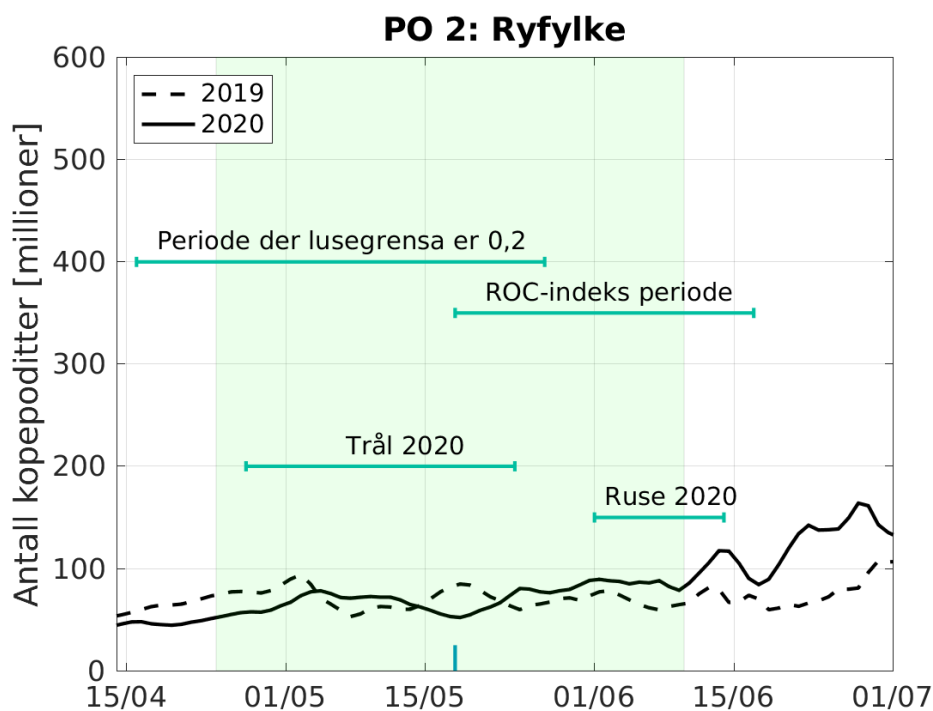
Observasjonene basert på trålfangst og sjøørretruser indikerer begge høy lakselusindusert villfiskdødelighet. Det var kun to sjøørrestasjoner, men disse ansees som representative for det utbredte smittepresset. Trålfangsten ansees som representativ og indikerer høy lakselusindusert dødelighet. Både HI smittekart og HI virtuell smolt indikerer høy lakselusindusert dødelighet. Selv om totalt antall kopepoditter i området holder seg relativt konstant (Fig. 5) så gjør en innstrømningsperiode at lusene opphopes innover i fjorden og HI smittepress øker kraftig gjennom smoltutvandringsperioden. VI virtuell smolt ga et estimat som ligger i kategori lavt, men på grensen til moderat, og har et verste scenario som ligger i kategori høy. Et av usikkerhetsmomentene i resultatene er om elven Figgjo som ligger på Jæren blir påvirket. SINTEF virtuell smolt indikerer i snitt moderat påvirkning basert på sin modell, men viser også at med en smoltutvandringsmodell som følger havstrømmene vil også en del av smolten fra Figgjo påvirkes av smittepresset som er lenger nord. Gruppen legger stor vekt på observasjonsdataene fra trål og sjøørret. Usikkerhetsvurderingen vektlegger at modellresultatene til VI og SINTEF indikerer lavere lakselusindusert dødelighet, men på grunn av de klare resultatene fra overvåkningsdataene er usikkerheten kun satt til middels.

**Tabell 4.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	36	18	438 000 (4,4 %)
2017	38		
2018	33		
2019	40		
2020	35		

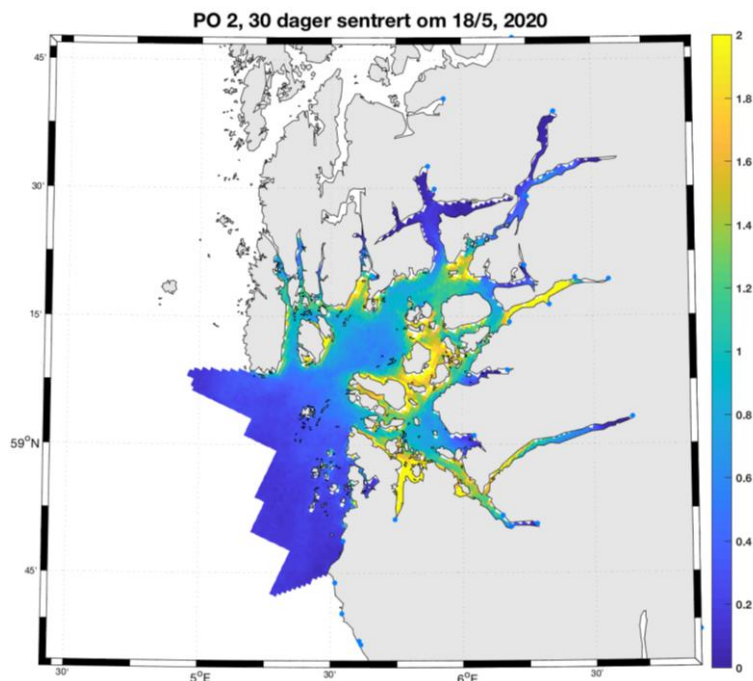


**Figur 7.** Produksjonsområde 2. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 2. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 8.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 2 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuelle tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjøørret ruse).





**Figur 9.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 10. juni, med 50 % utvandring satt til 18. mai (uke 21).

## Resultater 2020

Trålfangst: Det er trålt i Boknafjorden ukene 18-21, 27. april – 24. mai. Estimert dødelighet for området var høy i ukene 18 og moderat/lav uke 21. I dette området ble opphavslev til en del av den trålfangede fisken bestemt. Fangsten fra de nordlige elvene var dominert av Suldalslågen, med fangst nesten utelukkende de to første ukene. Det ble estimert høy dødelighet på disse. Fra de sørlige og østlige elvene var fangsten god de to første ukene, betydelig lavere uke 20, og høyere igjen i uke 21. For laksen fra de sørlige elvene ble det estimert moderat til høy dødelighet, mens for laks fra de østlige elvene ble det estimert høy dødelighet. Fangsttinningsraten var relativt lik alle ukene, og derfor anses det at trålingen fanget et representativt utvalg fra de nordlige elvene. Det ser ut som om det var en todelt utvandring fra de sørlige og østlige elvene, hvor en del av fisken vandret ut i starten av mai, en annen del etter midten av mai. Fangsten ble avsluttet i uke 21 (24. mai). Siste dato for utvandring i PO2 er 10. juni, noe som betyr at en ikke ubetydelig del av smolten kan ha gått etter at trålingen var avsluttet. Fisk kan ha vandret ut både før og etter trålperioden. Vi anser at data fra observasjoner indikerer en kategorisering i høy

dødelighet for PO2. Trålperioden anses å fange opp et representativt utvalg av fisk fra alle områdene, men usikkerheten vurderes som middels fordi en ukjent andel av fisken kan ha gått ut etter at trålperioden er avsluttet.

Sjøørret ruser: To stasjoner ble undersøkt i Boknafjorden i ukene 23 og Nedstrand. På begge stasjonene ble det estimert høy lakselusindusert dødelighet i begge ukene. Dette indikerer relativt høyt smittepress for laksen som passerer disse områdene. Det er rimelig god overenstemmelse mellom smittekartene og observasjonene, og ROC-kartene indikerer relativt store områder med forhøyet smittepress, som øker etter median tid for smoltutvandring. Den romlige dekningen av fangster ansees som god, og fangstperioden burde fange opp smittepresset i perioden laksesmolt vandrer ut av elvene. Det var generelt gode fangster i Ytre Årdalsfjord, mens den var dårligere i Nedstrand. Høyt smittepress i uke 23 og 24 vil kunne overlape med siste halvdel av utvandringen i noen bestander. Det var en overvekt av fastsittende stadier av lus på fisken i uke 23. Data fra sjøørret ruser tilsier en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker.

HI smittepress: Smittepresset var moderat eller høyt i en stor andel av produksjonsområdet, spesielt i sørlige og midtre områder. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 34 % av det kystnære arealet. Indeksen stiger raskt gjennom utvandningsperioden, fra moderat til høy påvirkning. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI Virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten for normal utvandring, varierte mellom 2 og 32 % i perioden 2012 – 2020. Gjennomsnittet vektet (22 %) etter elvenes potensielle smoltproduksjon var lavere enn det uvektede snittet (32 %) i 2020. Dette reflekterer at den estimerte lusepåvirkningen er lavere for Figgjo, som ligger på Jærkysten med ingen oppdrettsanlegg i nærheten av utvandningsruten.

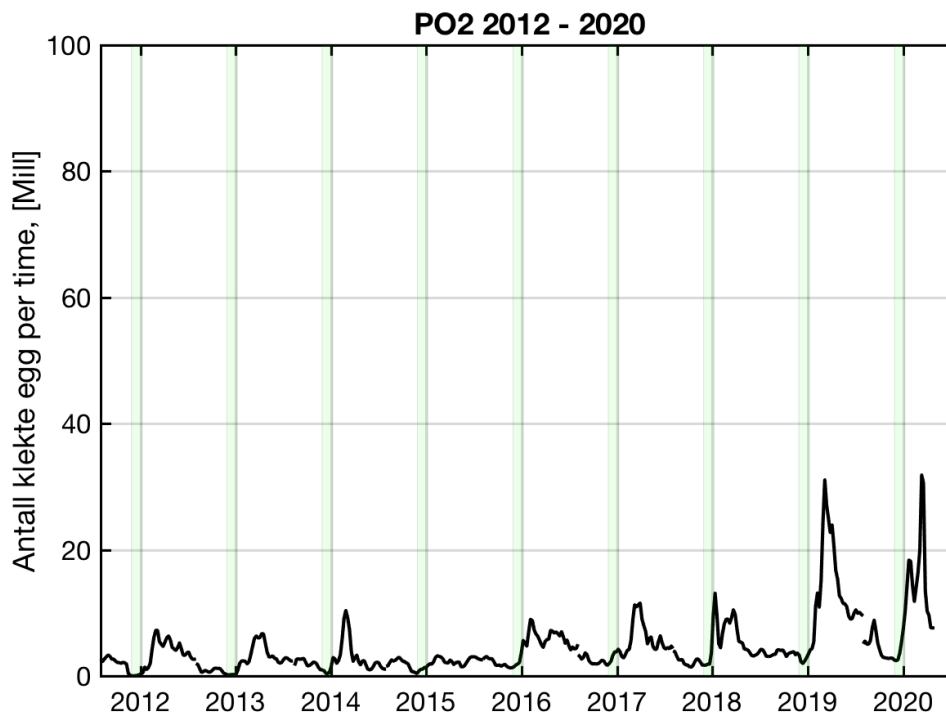
Den estimerte dødeligheten for de enkelte elvene i 2020 varierte mellom 1 og 47 %. Med unntak av Figgjo ble samtlige elver vurdert til å ha moderat eller høy dødelighet. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som høy i 2020. Den estimerte dødeligheten varierte mellom år, men har økt siden 2012 – 2014. Grunnet variasjonen i modellresultat mellom år og elver, samt ulik klassifisering av vektet/uvektet gjennomsnittlig påvirkning ble usikkerheten vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 9 og 6 %, mens for de verste scenarioene var gjennomsnittlig dødelighet over 30 %. Modellen er kalibrert og validert mot bur fra POet fra tidligere år, og det vurderes derfor at modellresultatene er representative for området. Dødelighet i tråldata ligger to kategorier over våre estimater, men innenfor usikkerhetsintervallet. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Siden snittdødeligheten i verste scenario er over 30 % vurderes imidlertid usikkerheten som stor.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt 17 %. Estimert luseindusert dødelighet var moderat bortsett fra for Figgjo (8 %) og Orreåna (8 %) som ligger ute ved kysten. De virtuelle smoltene fra disse elvene føres delvis inn i Boknafjorden og inn i områder med smittsomme kopepoditter. Modellresultatene ga moderate nivå for utvandrende smolt fra Suldalsvassdraget (16 %). Det konkluderes at modellen gir området en moderat kategorisering av lakselusindusert villfiskdødelighet. Det var liten variasjon i estimatene i området. Det foreligger ikke data fra

bur for 2020 som gjør det mulig å vurdere årets modellering, men det er data fra tidligere år i denne regionen. Usikkerheten settes dermed til middels.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 10.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 2), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandingsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser en generell trend i tidsperioden 2012 til 2020, med et økende smittepress i etterkant av smoltutvandringen. Det er høyere smittepress i de siste to årene (2019 og 2020) enn i tidligere år.

## 5.5. Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

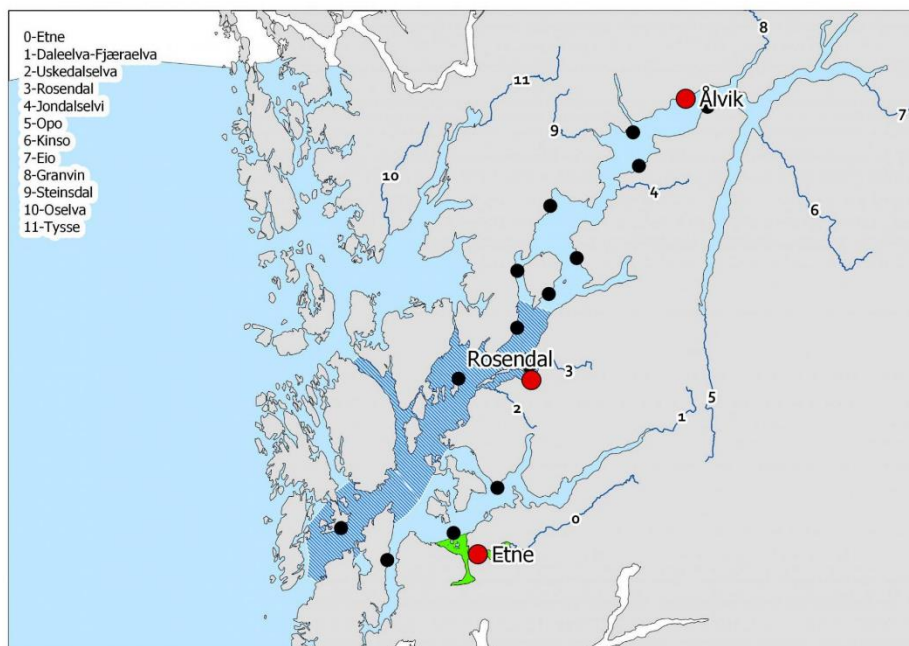
**Konklusjon:** Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

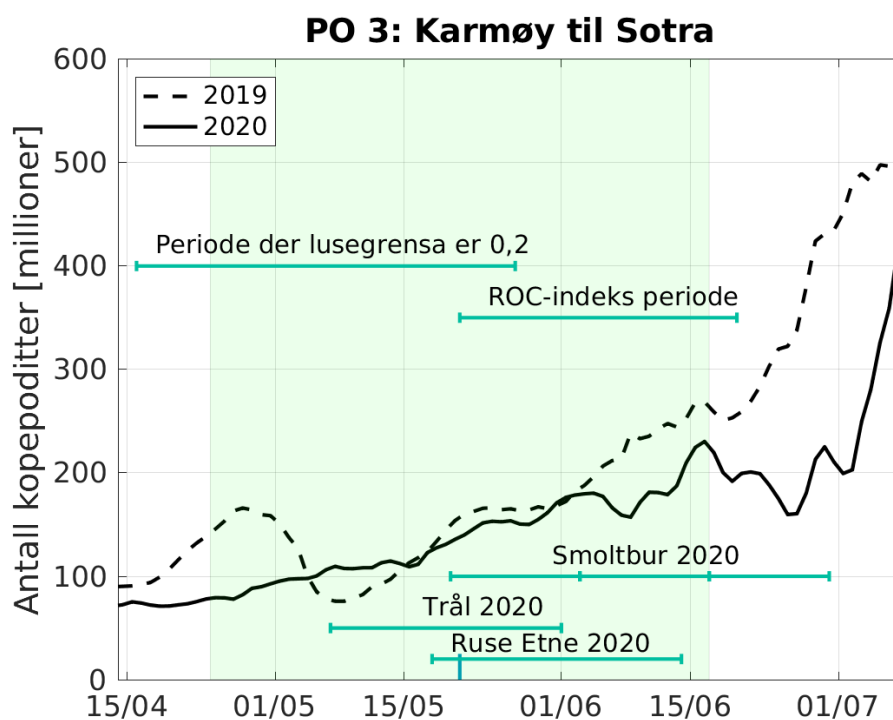
Resultater fra sjørretruser indikerer lavt smittepress i indre fjord (Hardanger), men høyt i de ytre delene av Sunnhordland, og gjenspeiler smittepresset beregnet fra HI sin modell. Tråldataene var sterkt dominert av smolt fra Etne (utfra genetisk tilhørighetsanalyse) som har relativ kort utvandningsrute, men snittet av lakselus ligger likevel i høy kategori. Bur ble satt ut noe sent, men reflekterer et høyt smittepress i de ytre områdene relativt sent i utvandningsperioden. HI smittepress kategoriserte påvirkningen som moderat, men var helt på grensen til høy. HI virtuell smolt indikerer at nesten alle bestandene hadde høy påvirkning. VI og SINTEF sine modeller kategoriserer påvirkningen som moderat, men usikkerheten peker mot høy påvirkning. Gruppen anser det som sannsynlig at en stor andel av bestandene i POet må gjennom et område med høyt smittepress i de ytre områdene, og gitt overvåkningsdataene fra fisk som har oppholdt seg i dette området er usikkerheten ansett som middels.

**Tabell 5.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

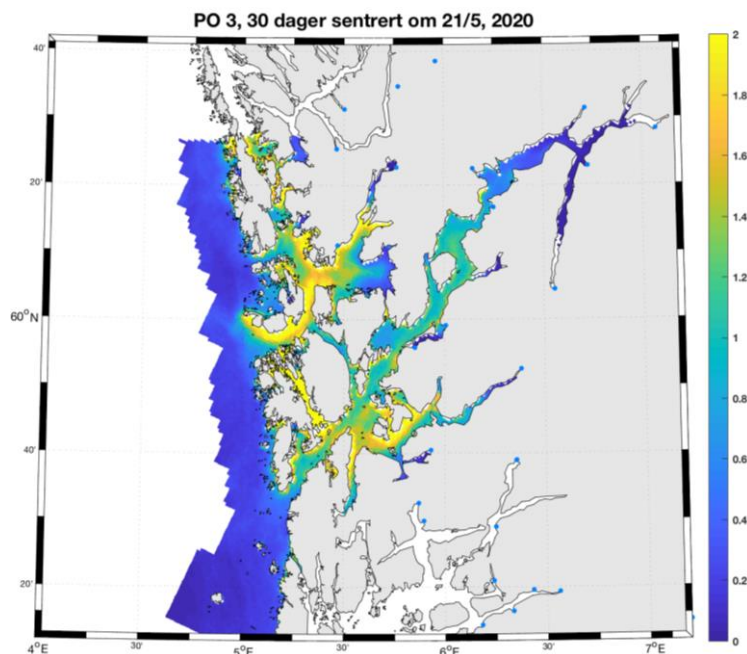
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	120	12	162 000 (1,6 %)
2017	111		
2018	115		
2019	107		
2020	112		



**Figur 10.** Produksjonsområde 3. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 3. Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 11.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 3 i smoltutvandingsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandingsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert Trålfangst, Sjøørret ruse og Vaktbur)



**Figur 11.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Etne har minst 30 % av teoretisk smoltproduksjon i dette området, og Uskedalselva har også en betydelig produksjon. Laksesmolt fra de innerste elvene i Hardangerfjorden, Opo, Kinso, Eidfjord og Granvin, har lang vandringsvei til kysten. Oselva i Bjørnefjorden har 15 % av teoretisk smoltproduksjon. Det var god overenstemmelse mellom teoretisk smoltproduksjon i de ulike elvene og antall laksesmolt fanget under tråling i fjorden (basert på genetiske tilhørighetsanalyser).

Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 17. juni, med 50 % utvandring satt til 21. mai (uke 21).

## Resultater 2020

Trålfangst: Det ble trålt i Hardangerfjorden med Langenuen fra 7. mai til 1. juni, ukene 19-22 (samt en dag i uke 23). Det ble estimert moderat de to første trålukene og høy lakselusindusert dødelighet de to siste trålukene på utvandrende postsmolt av laks. I snitt over hele perioden ble det estimert høy dødelighet. Fangstene var dominert av fisk fra Etne, dernest Uskedal, mens det er få fisk fra indre deler av fjorden. Fangsten var høyest siste uken med tråling. Dette kan indikere at trålperioden er avsluttet for tidlig til å fange opp det høyeste smittepresset, og trålfangsten ikke inkluderer fisk fra de indre elvene som utsettes for det høyeste kumulative smittepresset. Data indikerer derfor at det er høy luseindusert dødelighet på laks fra Hardangerfjorden i 2020. Trålperioden dekker ikke slutten på utvandringen. I tillegg er det ikke gjennomført tråling i Bjørnafjorden. På grunn av den romlig og temporære utbredelsen av smittepresset vil dette med overhengende sannsynlighet ha økt heller enn redusert smittepresset på utvandrende laksesmolt, og usikkerheten i kategoriseringen ansees derfor som liten.

**Sjøørret ruser:** Tre stasjoner i Hardangerfjorden ble undersøkt. Dødelighetsestimatene indikerer fra lav til moderat dødelighet i indre (Ålvik, ukene 22 og 23), moderat til høy i midtre (Rosendal, ukene 22 og 26) og fra moderat ukene 21 og 22 til høy ukene 23-25 i ytre (Etne) deler av Hardangerfjorden. Plasseringen av rusene dekker Hardangerfjorden godt, mens det ikke var stasjoner i Bjørnafjorden. Antall kopepoditter i PO3 ble fordoblet fra starten av mai til midten av juni. Smittekartene sentrert rundt estimert median tid for smoltutvandring indikerer høyest smittepress i ytre deler av Hardangerfjorden og i Bjørnafjorden, med minkende smittepress innover Hardangerfjorden. Smittepresskartene indikerer videre betydelig økt smittepress de to ukene etter median tid for smoltutvandring. Smittekartene samsvarer derfor relativt godt med observasjonene. Antall fisk fanget, og tidspunktet for innsamling virker å ha god dekning. Det skal bemerkes at stasjonen i Etne ligger i den nasjonale laksefjorden, og typisk øker smittepresset noe senere her enn stasjoner som ligger i selve Hardangerfjorden. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser tilsier en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, men at denne konklusjonen har stor usikkerhet. Kategoriseringen ble basert på antagelsen om en normal utvandningsperiode (dvs. median utvandring uke 21), samtidig som trålfangstene kan indikere at utvandringen har vært noe senere. Da det er en betydelig økning av lus utover overvåkningsperioden, vil laks som vandrer ut sent, eller ankommer sent i de ytre delene på grunn av lang vandringsrute, trolig oppleve et høyt smittepress. Det var ingen stasjoner i Bjørnafjorden, samtidig som smittekartene indikerer like høyt smittepress i utvandningsruten for fisk fra de to lakseførende elvene i dette området som i PO3 for øvrig.

**Vaktbur:** Det ble satt ut vaktbur i Hardangerfjorden i tre perioder, 20. mai - 3. juni, 3.-17. juni og 17.-30. juni. Smittepresset den første perioden, som dekker de to ukene etter estimert median utvandring, viser høyt smittepress i de ytre delene, moderat i de midtre.

**HI smittepress:** Smittepresset var moderat og høyt i store deler av produksjonsområdet, spesielt i Bjørnafjorden og ytre del av Hardangerfjorden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 28 % av det kystnære arealet. Indeksen holdt seg innenfor moderat påvirkning gjennom hele utvandningsperioden, men lå helt på grensen til høy påvirkning. Burdata fra området viser høyt smittepress og resultater fra modellen ligger litt lavere enn observasjonene i vaktbur. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, men denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi indeksen ligger nær grensen til høy påvirkning.

**HI virtuell smolt:** Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten for normal utvandring varierte mellom 25 og 54 % i perioden 2012 – 2020. Gjennomsnittet som er vektet (38 %) etter elvenes potensielle smoltproduksjon var lavere enn det uvektede snittet (39 %) i 2020. Årsakene til dette er at den estimerte lusepåvirkningen var lavere for elver nær havet enn for elver med lengre utvandningsruter, og at den potensielle smoltproduksjonen er større i elvene som har kort vandringsrute.

Den estimerte dødeligheten varierte i 2020 fra 27 til 47 % mellom elvene. Med unntak av Oselva hvor den estimerte dødeligheten var moderat (27 %) var den estimerte dødeligheten høy (>30 %) for samtlige elver. Etne, som er den største elva i området, hadde høy dødelighet i modellen (36 %), noe som samsvarer med trålfanget fisk. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som høy i 2020.

Den estimerte dødeligheten varierer mellom år, og estimatene var i snitt noe lavere i årene 2018-2020 (uvektet snitt 39 %) i forhold til i perioden 2014-2017 (uvektet snitt 50 %). Usikkerheten ble vurdert som liten da den estimerte dødeligheten er høy for 11 av de 12 elvene

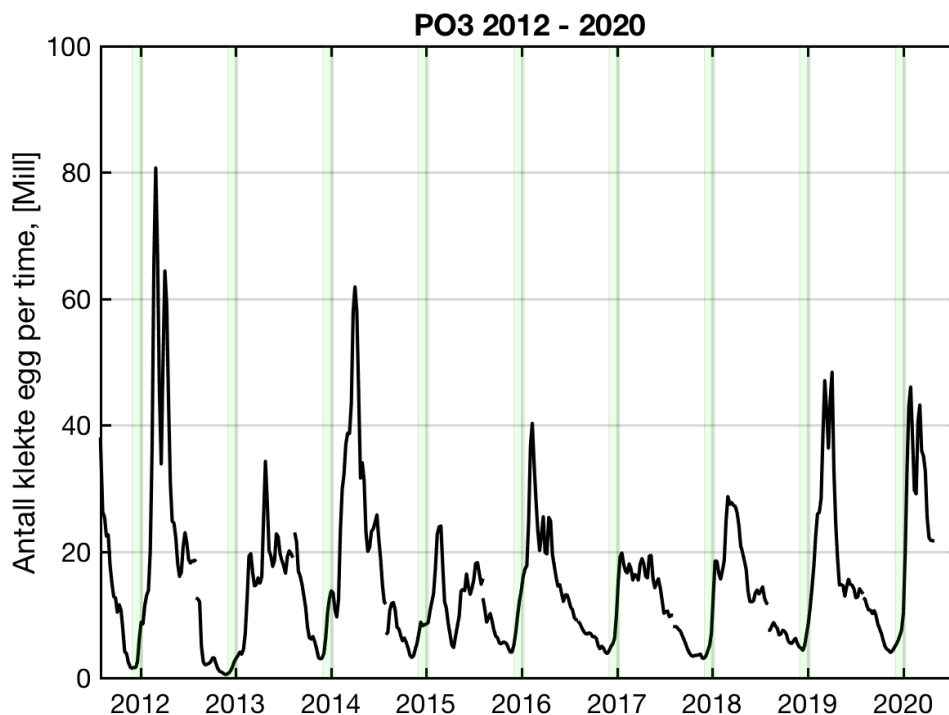
i produksjonsområdet, og dette har vært tilfelle over mange år. Dette blir ytterligere underbygd av at dødeligheten i disse 11 elvene er høy ved både tidlig og sent utvandringsforløp.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 24 og 16 %, og for de verste scenarioene var gjennomsnittlig dødelighet over 50 %. Modellen ble kalibrert mot burdata fra dette området fra tidligere år. Burdata fra Hardanger fra 2019 og 2020 ble brukt til validering. Observert påslag av lus på laksepostsmolt var under disse burforsøkene noe lavere enn estimert i 2019. Påslaget var da omtrent som i det beste modellsenarioet. Påslaget var høyere enn estimert i 2020, og tilsvarte det verste modellsenarioet. Tråldata ligger en kategori over våre modelldata, men som en helhetsvurdering kan man si at den ligger innenfor usikkerhetsintervallet. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har middels usikkerhet fordi verste estimatet er over 30 %.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt 28 %. Modellen viser moderate til høye estimat av lakselusindusert villfiskdødelighet. Høyeste estimat ble beregnet for elvene lengst inne i Hardangerfjorden. Det mangler resultat fra Opo. I ytre deler av Hardangerfjorden ga modellen estimater innenfor moderat kategorisering, for eksempel ble luseindusert dødelighet for Etne 21%. I Bjørnafjorden gir modellen et estimat på 22 % for Oselva. Sammenligning av estimat fra modellen med resultat burforsøk for de tre periodene viser betydelig mindre modellerte påslag av lus på smolt i bur sammenlignet med observasjoner i periode 2. Det er bedre overenstemmelse i periode 1. Ettersom burdata viser høyere påslag av lus enn modellresultatene og at kategoriseringen av luseindusert dødelighet varierer fra moderat til høyt, konkluderes det med at modellen gir en moderat påvirkning, men med stor usikkerhet.



### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 12 .** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 3), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.6. Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

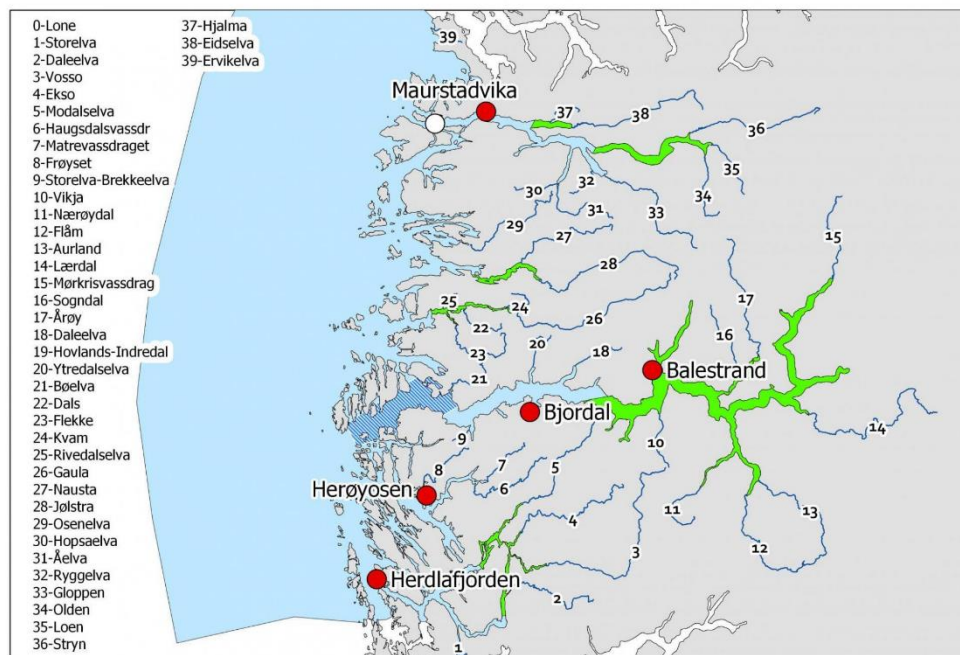
**Konklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020. Kategorien ligger nærmere høy enn lav lakselusindusert dødelighet.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

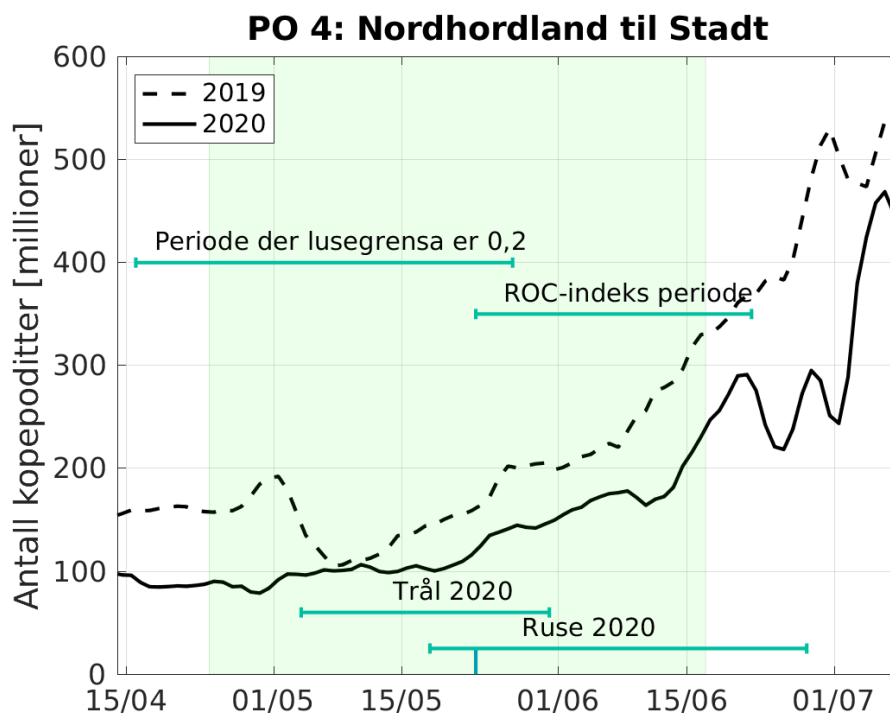
På samme måte som i 2019 skyldes usikkerhetsvurderingen delvis at området er stort og dekningen av observasjoner ikke er jevnt fordelt. Data fra sjørretruser indikerer høye påslag av lus sent i utvandringen i de ytre områdene av Sognefjorden og Nordfjord, og svært høyt i Nordhordland. Utbredelsen av smittepresset var derimot ikke så stort som tidligere, og dette reflekteres også i at data fra trål indikerer kun moderate nivåer av lakselus på utvandrende laksesmolt. I snitt kategoriserer både HI smittepress og HI virtuell smolt POet i moderat påvirkning, men usikkerheten i begge metodene peker oppover. Både VI og SINTEF sine modeller kategoriserer POet i lav lakselusindusert dødelighet, men med stor usikkerhet. Vår konklusjon legger vekt på at en stor andel av laksesmolten må vandre gjennom et forhøyet smittepress, noe som reflekteres i overvåkningsdataene. Smittepresset er på vei oppover gjennom smoltens utvandningsperiode samtidig som fangsten i trål var størst de tre siste dagene, noe som gir økt usikkerhet som peker oppover.

**Tabell 6.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

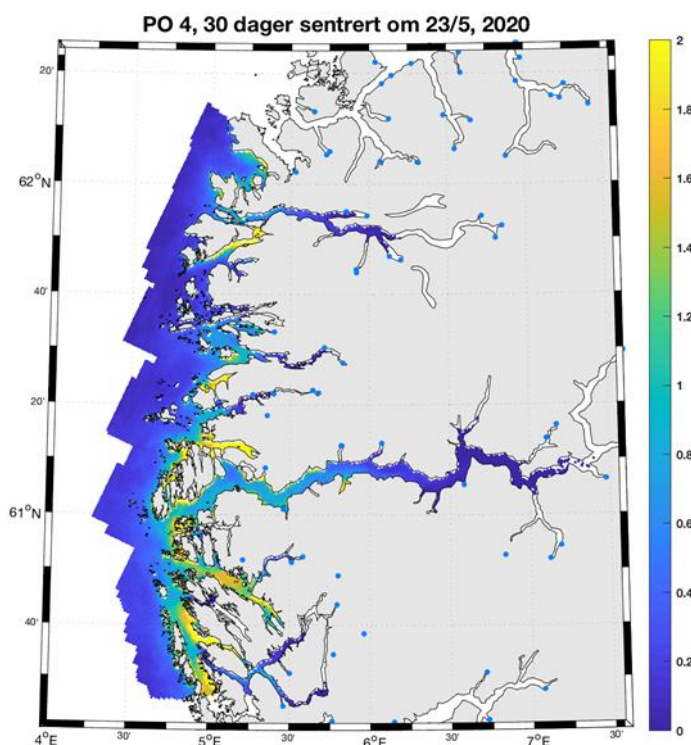
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	96	40	724 000 (7,2 %)
2017	101		
2018	96		
2019	102		
2020	105		



**Figur 13.** Produksjonsområde 4. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), lakseruse (hvit sirkel), samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 4. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 14.** Antall copepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og, sjøørret ruse).



**Figur 15.** Kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 17. juni, mens 50 % utvandring er beregnet til 23. mai (uke 21).

## Resultater 2020

Trålfangst: Det ble trålt i Sognefjorden fra 4. til 31. mai, ukene 19-22. Det ble nesten ikke fanget fisk de to første ukene, og høyest antall ble fanget de siste to-tre dagene. I de to siste ukene ble det estimert moderat dødelighet på trålfanget laks. Fangstdata indikerer at lite fisk har vandret ut før median utvandring, og at utvandringen derfor trolig var noe sen i 2020 i forhold til estimert tid for utvandring. Fangstene domineres av fisk fra de indre elvene (hovedsakelig Lærdal), og sene fangster indikerer at trålperioden var for kort til å fange opp smittepresset for laks som vandrer ut sent. Smittepresset økte i PO4 på slutten av trålperioden. Trålposisjonen i disse fjordene var langt ute i fjorden, og det vurderes derfor at trålfanget smolt har vandret en relativt stor del av utvandringsruten sin. Det konkluderes med at tråldataene i snitt støtter kategoriseringen at det er moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i POet. Det mangler data

fra området med relativt viktige elver fra både Nordhordland og Sunnfjord, det var dårlig dekning i Nordfjord, samt at trålperioden var for kort til å fange opp smittepresset på sent utvandrende postsmolt. Totalt sett anser vi derfor konklusjonen til å ha middels usikkerhet.

Sjøørret ruser: To stasjoner i Nordhordland ble undersøkt (Herdlafjorden uke 22, Herøysosen sammenhengende fra uke 23 til uke 26, to i Sognefjorden ved Balestrand og Bjordal ukene 22-24, og en i Nordfjord (Maurstadvika) sammenhengende ukene 20-25). I Nordhordland ble det estimert høy dødelighet på begge stasjonene alle ukene undersøkt, mens på den innerste stasjonen i Sognefjorden (Balestrand) ble det estimert lav dødelighet. På den ytterste (Bjordal) ble det estimert fra moderat til høy dødelighet, og i Nordfjord økte estimatene fra moderat ukene 20 og 21 til høy ukene 22 til 25. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker da dekningen av ruser vurderes som god med unntak av Sunnfjord, og antall fisk fanget på hver stasjon vurderes som adekvat.

HI smittepress: Smittepresset var moderat og til dels høyt i relativt store deler av produksjonsområdet. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 18 % av det kystnære arealet. Indeksen holdt seg innenfor moderat påvirkning i nesten hele utvandningsperioden, med stigende trend. Det var stor geografisk variasjon innad i produksjonsområdet med høyt smittepress i Nordhordland og ytre Sogn, mens Nordfjord hadde lavt smittepress. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet som peker oppover mot høy kategori.

HI Virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 7 til 39 % i perioden 2012 – 2020. Det var ingen forskjell på uvektet (27 %) og vektet (27 %) gjennomsnittlig estimert dødelighet i 2020. Med unntak av 2013 ble gjennomsnittlig estimert dødelighet kategorisert som moderat (10-30 %) eller høy (>30 %) i perioden 2012 til 2020.

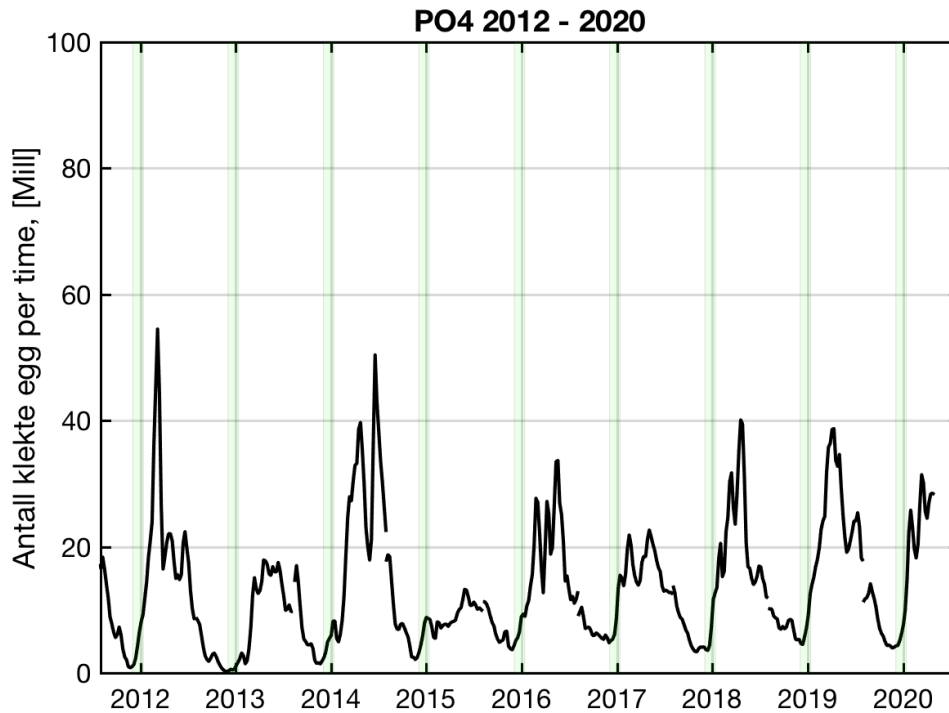
Den estimerte dødeligheten varierte i 2020 fra 1-43 % mellom elvene. Den estimerte dødeligheten var høyere for elvene i sør, og særlig i indre elver, enn for elvene lenger nord. Den estimerte dødeligheten var lav (< 10 %) kun for Ervikelva som har kort avstand til havet. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som moderat i 2020. Grunnet stor variabilitet innad i området og mellom utvandningsforløp (tidlig/normal/sein utvandring) anses usikkerheten som middels som peker oppover mot høy kategori.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 9 %, mens dødeligheten i det verste scenarioet var over 40 %. Tidligere års data fra bur i Sognefjorden har blitt brukt til kalibrering av modellen. Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på smolt i bur tyder på at lusetettheten, og dermed dødeligheten til smolt som vandrer ut gjennom Sognefjorden, ble underestimert i VIs modell. Dødelighet i tråldata lå en kategori over våre estimater, men innenfor usikkerhetsintervallet. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioet ligger to kategorier høyere.

SINTEF virtuell smolt: Det uvektet gjennomsnitt fra modellen var 7 %. Estimerer for luseindusert dødelighet varierer mellom lave og moderate verdier. Daleelva og Storelva i Arna hadde relativt høy dødelighet (hhv. 26 og 17 %). Det mangler estimerer fra Vosso fordi ikke nok modellert smolt vandret ut av fjorden. Det ble estimert 13% lakselusindusert dødelighet for

Lærdalselva og 11 % for Daleelva i Sognefjorden. Smolten som vandrer gjennom Sognefjorden ble estimert til å ha en moderat påvirkning. Nord for Sognefjorden i PO5 var verdiene lave, men unntak av Jølstra (12 % dødelighet). Resultatene gir en kategorisering av området til lavt. Disse faktorene i tillegg til at data fra Vosso mangler gjør at usikkerheten vurderes å være stor.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 16.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 4), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.7. Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

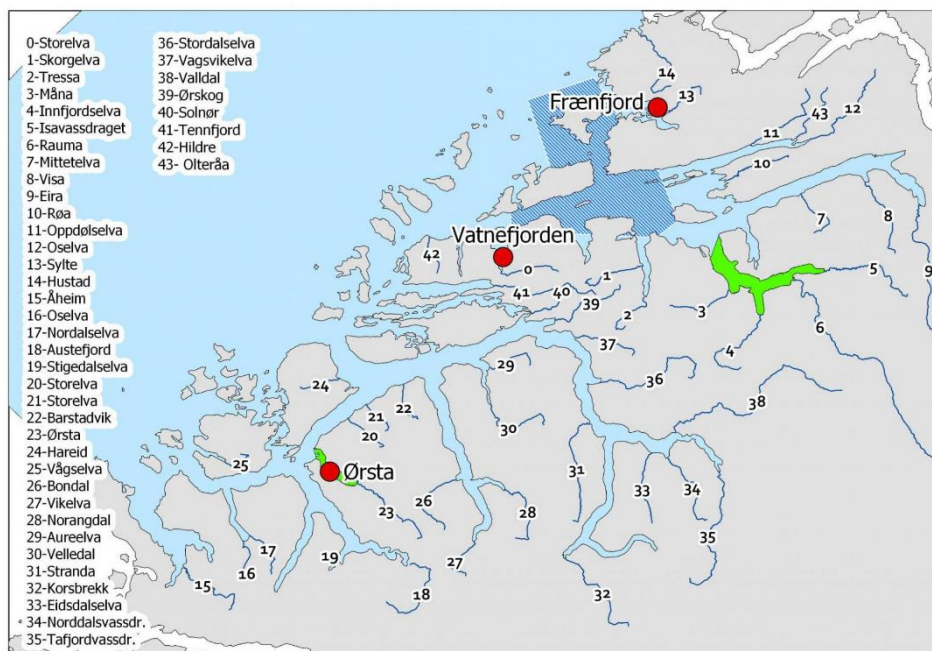
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

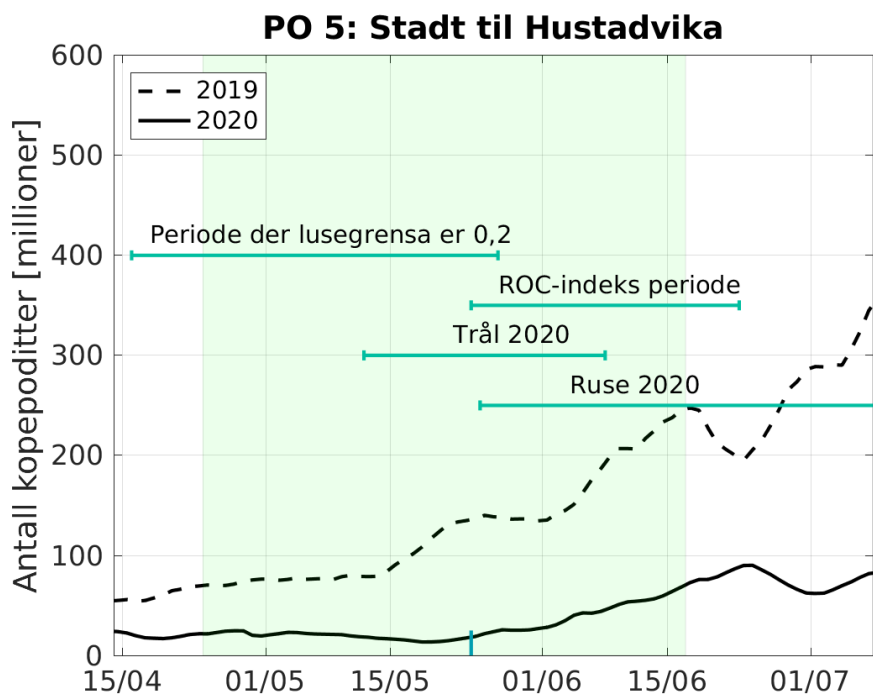
I motsetning til i 2019 var smittepresset lavt i mesteparten av POet med unntak av en del av Storfjorden hvor smittepresset var høyt. Data fra sjøørretruser i perioden laksesmolten vandrer indikerer lav eller moderat effekt av lakselus, med stigende påvirkning senere i sesongen. Tråldata fra Romsdalsfjorden indikerer svært lave lusetall på smolten. HI virtuell smolt indikerer moderat effekt, men dette er sterkt drevet av det lokale smittepresset i Storfjorden. Modellene fra VI og SINTEF indikerer lave effekter. Usikkerheten blir satt til middels samlet sett på grunn av den lokale effekten av smittepress i Storfjorden som kan påvirke noen bestander.

**Tabell 7.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

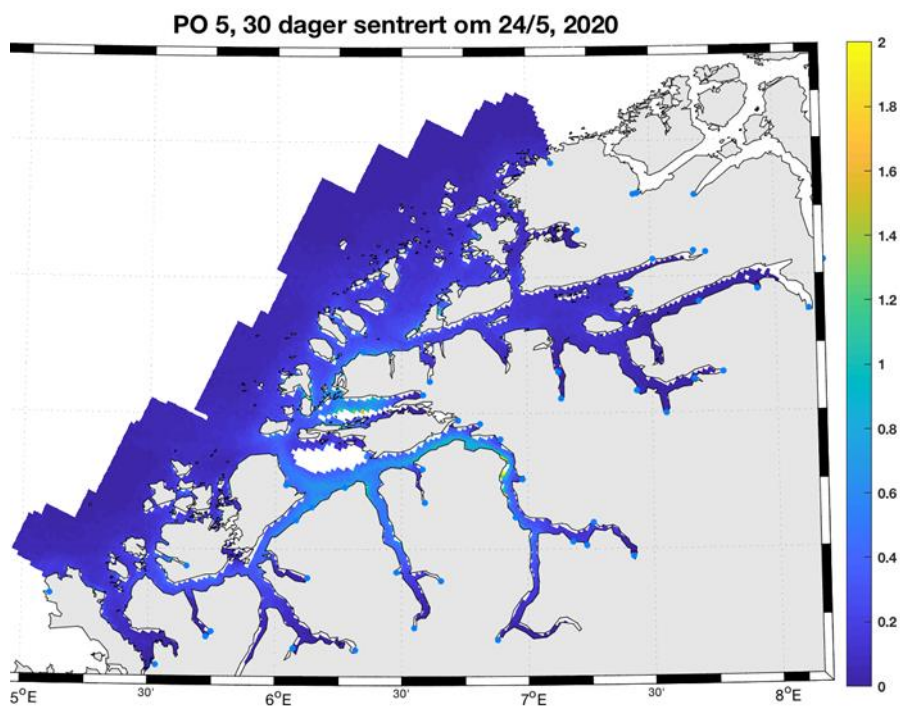
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	44	529 000 (5,3 %)
2017	33		
2018	33		
2019	37		
2020	29		



**Figur 17.** Produksjonsområde 5. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 5. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 18.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 5 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skraveret område markerer hele utvandringstidspunktet. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjøørret ruse).



**Figur 19.** Kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 5 i smoltutvandringsperioden.



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

Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 17. juni, med dato for 50 % utvandring beregnet til 24. mai (uke 21).

## Resultater 2020

Trålfangst: Det ble trålt i Romsdalsfjorden fra 13. mai til 8. juni, ukene 20-23. Snitt estimert dødelighet var lav. Trålfalene ble tatt i ytre deler, og anses som relativt godt egnet til å vurdere smittepress på laksesmolten. Antall laksesmolt fanget var lavt i uke 20, men godt i ukene 21-23. Dette indikerer at utvandringen er relativt godt dekket, men med mulighet for utvandring etter at trålingen er avsluttet. Genetisk tilhørighetsanalyse ble utført, og disse viser at elvene som renner ut på både sør-, øst- og nordsiden alle hadde estimert dødelighet under 10 %. Rauma inngikk ikke i analysene. Det konkluderes med at tråldata støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Selv om tråldata fra Romsdalsfjorden anses som dekkende, vurderes det på grunn av dårlig representativitet for hele regionen (det mangler for eksempel data fra Storfjorden) at denne konklusjonen har stor usikkerhet.

Sjøørret ruser: En stasjon i Storfjorden (Ørsta uke 22) og to i Romsdalsfjorden (Frænfjorden uke 24 og 26, Vatnefjord sammenhengende ukene 23-28) ble undersøkt. I Ørsta ble det estimert lav lakselusindusert dødelighet uke 22. Storfjorden hadde relativt lavt lusepress rundt median utvandring, men dette økte betydelig utover juni. I Romsdalsfjorden ble det estimert moderat smittepress på sørsiden (Vatnefjord) uke 23, som økte til høy de øvrige ukene. På nordsiden (Frænfjorden) var estimert dødelighet lav i uke 24, men den økte til høy uke 26.

Fordelingen av stasjonene i tid og rom anses relativt godt dekkende for smoltutvandringen. Sammenholdt med smittekartene sammenfaller smittepress og smittekart relativt godt for Ørsta og Frænfjorden, men observasjonene i Vatnefjorden virker jevnt over å indikere høyere smittepress enn smittekartene (jfr. smittekart under ROC-perioden). Antall kopepoditter i POet ble nesten doblet de to ukene etter tidspunkt for median utvandring. Fangstene på stasjonene var generelt god, og tidspunktet virker å overlappe godt med tidspunktet smolten vandrer. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselus indusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker (peker nedover), grunnet få stasjoner i Storfjorden.

HI smittepress: Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 3 % av det kystnære arealet. Kun i Storfjorden økte smittepresset utover sommeren. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

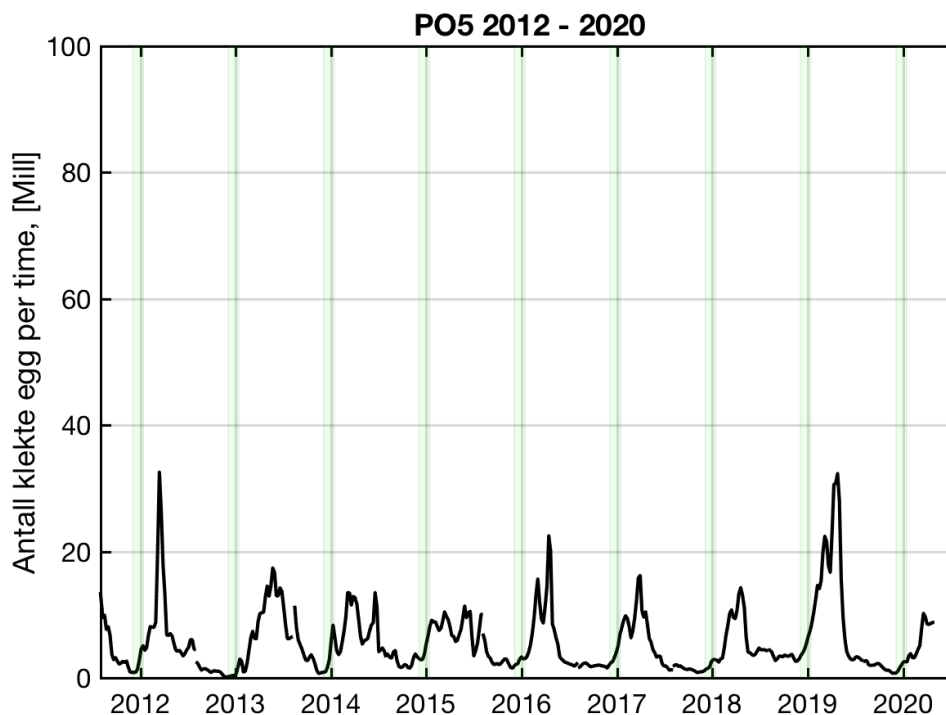
HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 5-33 % i perioden 2012 – 2020.

Den estimerte dødeligheten varierte i 2020 fra 1-40 % mellom elvene, og totalt 11 % for vektet og 13 % for uvektet gjennomsnitt. Det er i stor grad elvene i indre del av Storfjorden som hadde høy påvirkning. Elvene lengst sør og lengst nord i produksjonsområdet ble klassifisert med lav påvirkning i 2020. Den estimerte dødeligheten for hele området ble vurdert som moderat for 2020. Grunnet den store variabiliteten mellom elvene i området ble usikkerheten vurdert som middels, samtidig lå vurderingen på grensen til lav påvirkning, og derfor ble usikkerheten totalt vurdert som stor. Siden 2012 var det bare i 2013 at den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten var lav. Vedvarende påvirkning over flere år underbygger vurderingen om at området er moderat påvirka av lakselus.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 2 %, mens gjennomsnittlig dødelighet i verste scenario lå på over 10 %. Tidligere års data fra bur i Romsdalen har blitt brukt til kalibrering av modellen, og modellresultatene vurderes derfor som representative for området. Tråldata og modellresultater stemmer godt overens. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020. Denne konklusjonen har middels usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioet er én kategori høyere.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt ga 6 % lakselusindusert dødelighet. Estimert lakseluseindusert dødelighet var lav for smoltbestandene i store deler av produksjonsområdet. Unntakene er smolt som kommer ut fra elvene i Nordalsfjorden og Synnulvsfjorden som får en moderat påvirkning. Dødeligheten var over 20 % for 2 elver med Tafjordvassdraget (25 %) og Korsbekk (20 %). I Romsdalsfjorden fikk Mittelva 10 % dødelighet. Rauma og Eira ble lavt påvirket (hhv 3 og 7 %). Det vurderes at modellresultatene gir en lav kategorisering av lakseluseindusert villfiskdødelighet. Det var noe variasjon i estimert dødelighet i POet fra lav til moderat påvirkning og det vurderes at usikkerheten er middels.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 20.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 5), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.8. Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

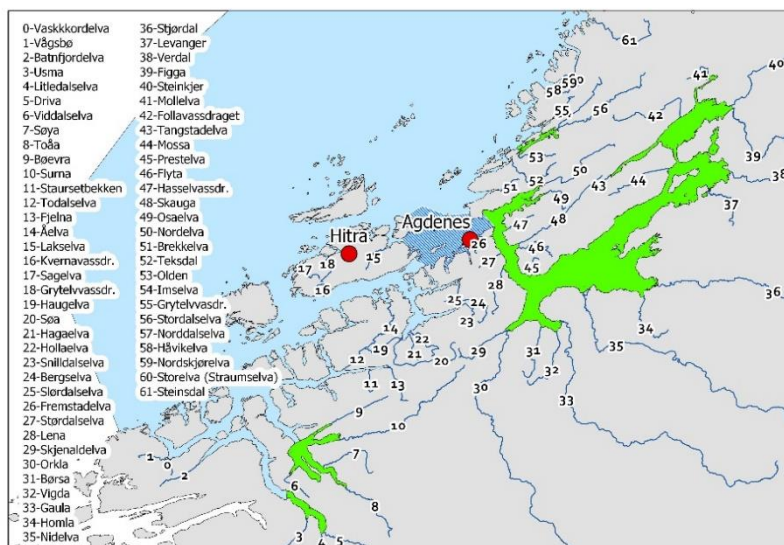
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha stor usikkerhet.

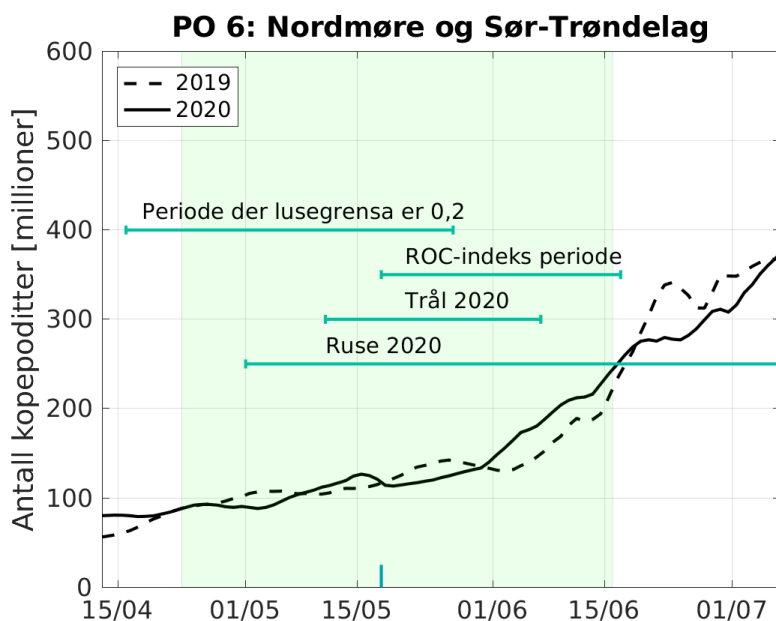
Trålfangst indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet med liten usikkerhet, men ettersom fisken ble fanget før de eventuelt møtte et forhøyet smittepress ga dette oss relativt lite informasjon om påvirkning på laksesmolten. Blant annet viser modellert dødelighet fra HI virtuell smolt lav dødelighet når molten kun har vandret ut til trållokaliteten, men høy hvis man modellerer en smoltutvandring ut som krysser Frohavet. Data fra sjøørretruser indikerer moderat smittepress som økte utover sesongen ved Agdenes, mens data fra Hitra ble samlet inn så sent at det ikke er relevant for lakseutvandring. HI smittepress kategoriserer POet som lavt på tross av et lokalt forhøyet smittepresset utenfor Trondheimsfjorden. HI virtuell smolt kommer i kategori moderat ettersom en stor andel av bestandene i og rundt Trondheimsfjorden vandrer gjennom området med forhøyet smittepress. Vis modell kategoriserer POet i lav kategori, men har også en stor usikkerhet. SINTEFs modell kategoriserer påvirkningen som lav og har en stor usikkerhet som peker ned. På grunn av vektlegging av overvåkningsdata klassifiseres POet i lav lakselusindusert dødelighet, men det er svært stor usikkerhet knyttet til om det lokalt forhøyede smittepresset påvirker bestandene fra Trondheimsfjorden.

**Tabell 8.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

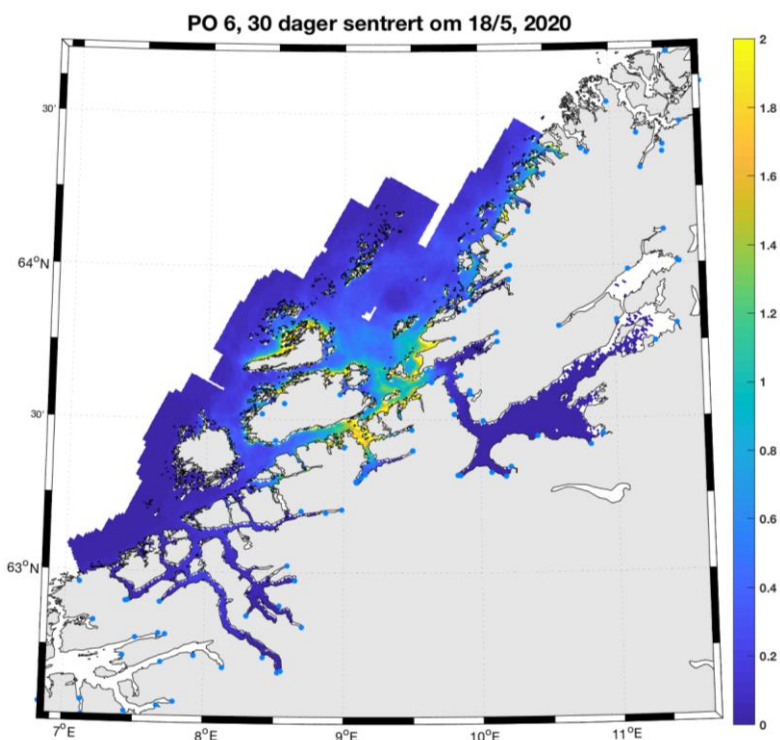
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	95	62	2 389 000 (23,8 %)
2017	101		
2018	98		
2019	91		
2020	106		



**Figur 21.** Produksjonsområde 6 Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 6. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 22.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjøørret ruse).



**Figur 23.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 23. april – 16. juni, med dato for 50 % utvandring beregnet til 18. mai (uke 20).

## Resultater 2020

Trålfangst: Det ble trålt i Trondheimsfjorden fra 11. mai til 7. juni, ukene 20-23. Det ble estimert lav dødelighet i alle ukene. Det ble ikke gjort analyser av tilhørighet til elv, men de lave lusetallene på all fisken indikerer at dette ikke ville endret konklusjonen. Det ble fanget fisk i alle ukene med tråling, høyest antall på slutten av trålperioden. Tidligere år (2017-2019) ble høyest antall fanget ukene 21 og 22, og kan derfor indikere en noe sen utvandring fra elvene i dette området i 2020. Sammenholdt med økende utslipp i området utover juni, kan dette indikere at trålingen ikke fanget opp fisk utvandret fra omtrent uke 23. I dette området var det også høyest smittepress utenfor området det er trålt, og disse forholdene gjør at vi anser at kategoriseringen har stor usikkerhet.

Sjørret ruser: Det var to stasjoner i dette POet. Agdenes ble undersøkt sammenhengende i ukene 23-27, i tillegg ble en stasjon på Hitra undersøkt uke 27. Dødelighetsestimater ved

Agdenes indikerer økende smittepress fra uke 23-25. De bevegelige lusene dominerte i populasjonen ukene 23 og 24. Smittekartet rundt median smoltutvandring indikerer høyest smittepress i Agdenesområdet, med mindre smittepress på Nordmøre. Rusedasjonen fanget derfor trolig opp området med høyest smittepress. I PO6 var det relativ stor variasjon i utvandringstidspunkt mellom elvene, og tråldata indikerer noe sen utvandring i 2020. Rusedata fra Agdenes er derfor relativt dekkende for utvandringsperioden for laksen fra Trondheimsfjorden. Det konkluderes med at data fra sjørret ruser tilsier en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Gruppen la vekt på dårlig dekning i Nordmøre og setter derfor usikkerheten til stor.

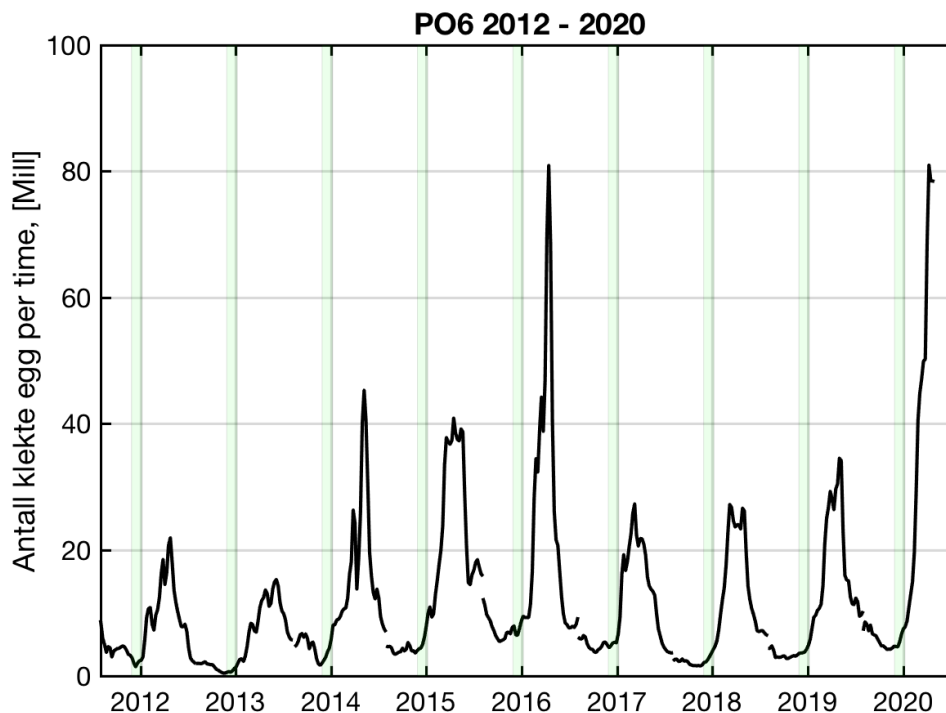
HI smittepress: Smittepresset var lavt i store deler av produksjonsområdet, men moderat til høyt i området sør og øst for Hitra. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 6 % av det kystnære arealet. Indeksen steg i løpet av utvandringsperioden og gikk over i moderat kategori. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI Virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 5 og 20 % i perioden 2012 – 2020. Den estimerte dødeligheten varierte i 2020 fra 1 til 33% mellom elvene, og det var liten forskjell på vektet (14,7 %) og uvektet (14,5 %) gjennomsnitt. Den estimerte dødeligheten var moderat til høy for elvene innafor Hitra og inne i Trondheimsfjorden. Storparten av den estimerte smitten på fisken fra Trondheimsfjorden skjedde nord for Hitra, utenfor området definert som nasjonal laksefjord. Den estimerte dødeligheten for hele området ble vurdert som moderat for 2020. Grunnet den store variabiliteten mellom elvene i området ble usikkerheten vurdert som middels. Siden 2012 var det bare i 2013 at den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten har vært lav. Vedvarende påvirkning over flere år underbygger vurderingen om at området er moderat påvirket av lakselus.

VI virtuelle smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 4 og 5 %, mens dødelighet for verste scenario var over 30 %. Tidligere års data fra bur rundt Trondheimsfjorden har blitt brukt til kalibrering av modellen. Tråldata indikerer litt lavere dødelighet enn modellert, men innenfor samme kategori. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioet ligger to kategorier høyere.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt 9 %. Estimert luseindusert dødelighet var lav i store deler av området og høyt for smolt som kom ut i Sunndalsfjorden og Snillfjord. I disse områdene ga modellresultatene for eksempel høye estimat for Snilldalselva (76 %) og Driva (51 %). Smolten som kom fra elvene i Trondheimsfjorden ble lite påvirket av lus. Det vurderes at modellresultatene gir en lav kategorisering av lakseluseindusert villfiskdødelighet. Vandringsrutene videre ut mot havet er ikke kjent, og det er stor usikkerhet rundt lusepåslag gjennom Frohavet eller eventuelt gjennom Froan området. Usikkerheten settes dermed til stor.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 24.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 6), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen. Det er også viktig å merke seg at 2016 og 2020 hadde en spesielt kraftig økning i klekte egg utover sommeren.



## 5.9. Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

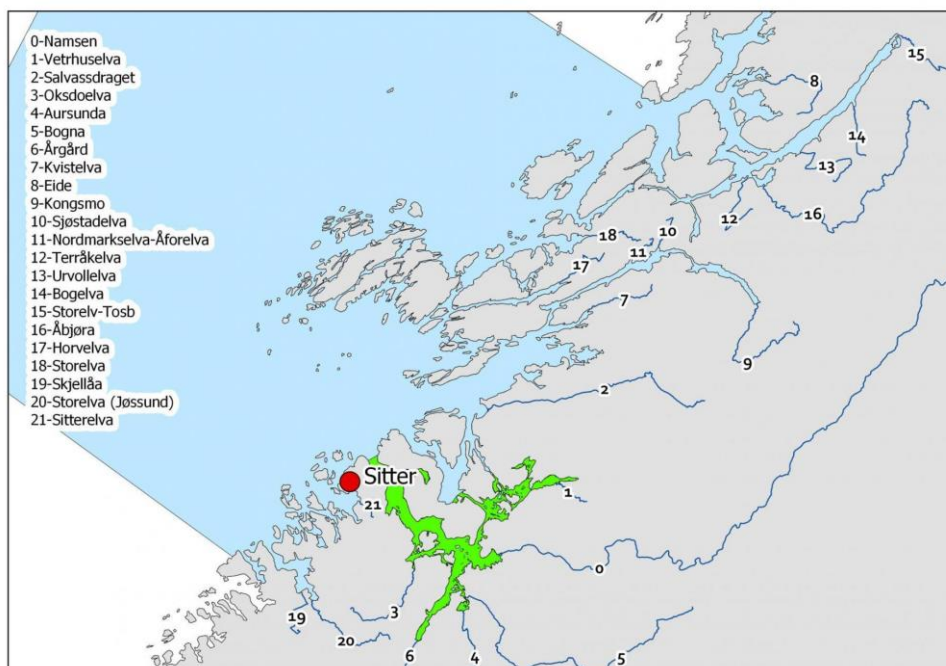
**Konklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020. Kategorien ligger nærmere lav enn høy lakselusindusert dødelighet.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha stor usikkerhet.

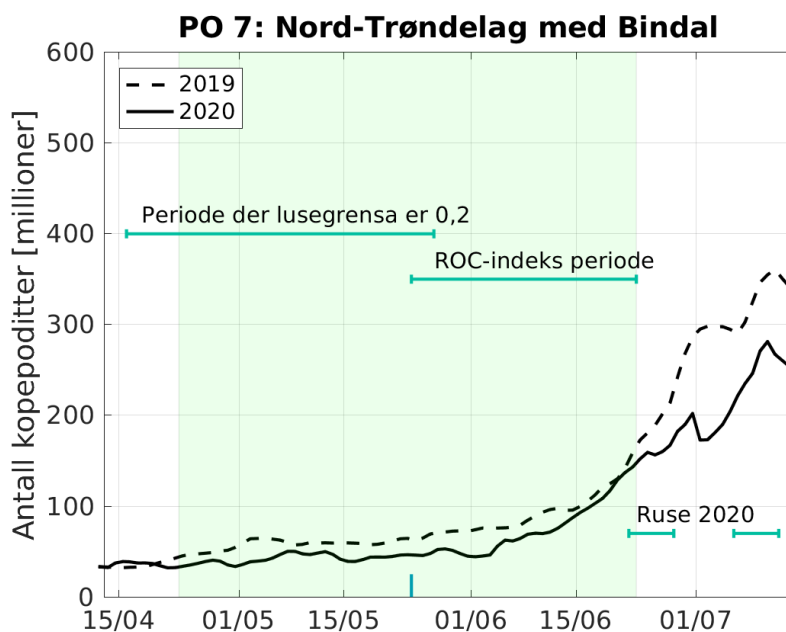
Det foreligger lite overvåkningsdata fra dette POet, med kun en sjøørretstasjon med to uttak av ørret som ble gjort relativt sent. Smittepresset var igjen forhøyet sør for Vikna, slik det virker å være annethvert år. HI smittepress kategoriserer POet i moderat på grensen mot lavt, men med en sterk økende trend utover sesongen. HI virtuelle smolt har i uvektet snitt en moderat kategorisering, mens vektet snitt har en lav kategorisering. VI har lav kategorisering med høy usikkerhet. SINTEF sin modell indikerer moderat kategorisering sannsynligvis fordi en andel av den modellerte smolten vandrer inn i det høye smittepresset sør for Vikna. I sum peker de fleste metodene mot moderat til grensen mot lav. Det er svært høy usikkerhet knyttet til denne kategoriseringen på grunn av manglende overvåkningsdata, og fordi modellene er svært sensitive til om smolten vandrer gjennom det forhøyede smittepresset sør for Vikna.

**Tabell 9.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

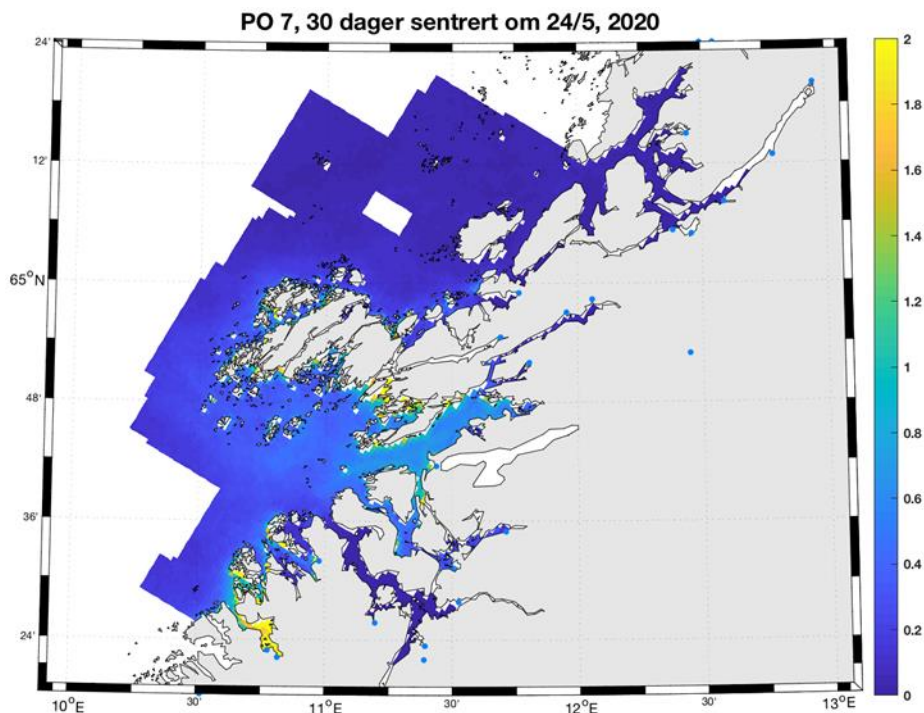
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	31	22	902 000 (9,0 %)
2017	37		
2018	39		
2019	44		
2020	45		



**Figur 25.** Produksjonsområde 7. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 7. Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 26** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 7 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjøørret ruse.



**Figur 27.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 7 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 23. april – 23. juni, med dato for 50 % utvandring beregnet til 24. mai (uke 21).

## Resultater 2020

Sjøørret ruser: Det ble undersøkt en rusestasjon i PO7, på sørsiden av Namsenfjorden i ukene 26 og 28. Estimert dødelighet var høy begge ukene. Undersøkelse ble gjort så sent at de bare dekker opp smittepresset for sent utvandrende laks. Påslått lus i uke 26 ble dominert av bevegelige stadier, hvor 50 % av fisken hadde mellom ca. 20 og 35 bevegelige lus. Ca. 50 % av ørreten hadde mellom 10 og 20 fastsittende lus. Det konkluderes med at sjøørretruser støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, men det er stor usikkerhet knyttet til estimatene siden det bare var en stasjon, ingen stasjoner som dekker Vikna, og fordi undersøkelse ble utført ca. 4 uker etter median utvandring.

HI smittepress: Smittepresset var lavt i store deler av produksjonsområdet, men høyest i området sør for Vikna og i den antatte vandringsruten for laksesmolten fra Namsen. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 12 % av det kystnære arealet. Indeksen steg mye i løpet av utvandringsperioden, fra lav påvirkning i begynnelsen og til høy påvirkning mot slutten. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har stor usikkerhet som peker nedover mot lav kategori.

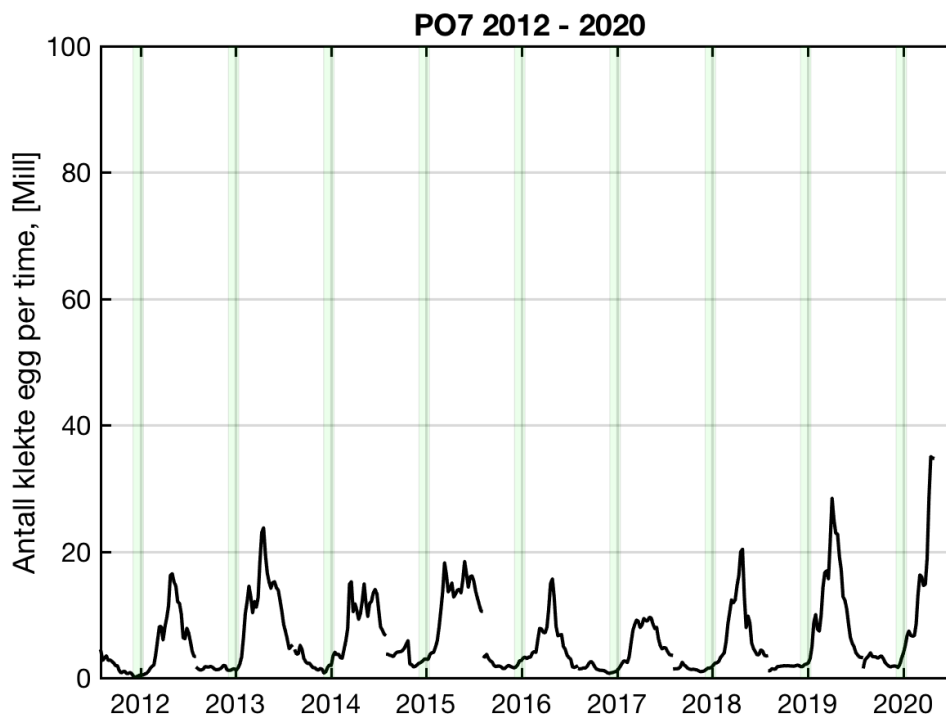
HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 1 og 18 % i perioden 2012 – 2020. Namsen, som har den største potensielle smoltproduksjonen i området, påvirker resultatet for vektet gjennomsnittlig påvirkning og hadde 4 % dødelighet i 2020.

I 2020 varierte den estimerte dødeligheten fra 1 til 36 % mellom elvene, og det vektet (6 %) gjennomsnittet var lavere enn det uvektet (11 %). 14 av 22 elver ble klassifisert med lav estimert dødelighet i 2020. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som moderat for 2020. Stor variabilitet mellom elvene i området, mellom ulike utvandringstidspunkt og at vektet/uvektet gjennomsnitt er i ulike kategorier gjør at usikkerheten blir vurdert som stor, og peker nedover mot lav kategori.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet er henholdsvis 4 og 6 %, mens dødelighet for verste scenario er over 30 %. Tidligere års data fra bur rundt Namsen og Vikna har blitt brukt til kalibrering av modellen. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioet er to kategorier høyere.

SINTEF virtuell smolt. Uvektet gjennomsnitt 11 %. Estimert luseindusert dødelighet for ulike vassdrag ligger mellom lav og moderat. Namsen ligger på grensen med estimert 10 % dødelighet og Årgårdsvassdraget på 14 %. Den høyeste og eneste over 20 % var Salvassdraget med 27 % beregnet dødelighet. Resultatene viser dermed en moderat lakselusindusert dødelighet. Kategoriseringen ligger mot lav påvirkning, inkludert Namsen, og usikkerhet settes til stor.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 28.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 7), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.10. Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

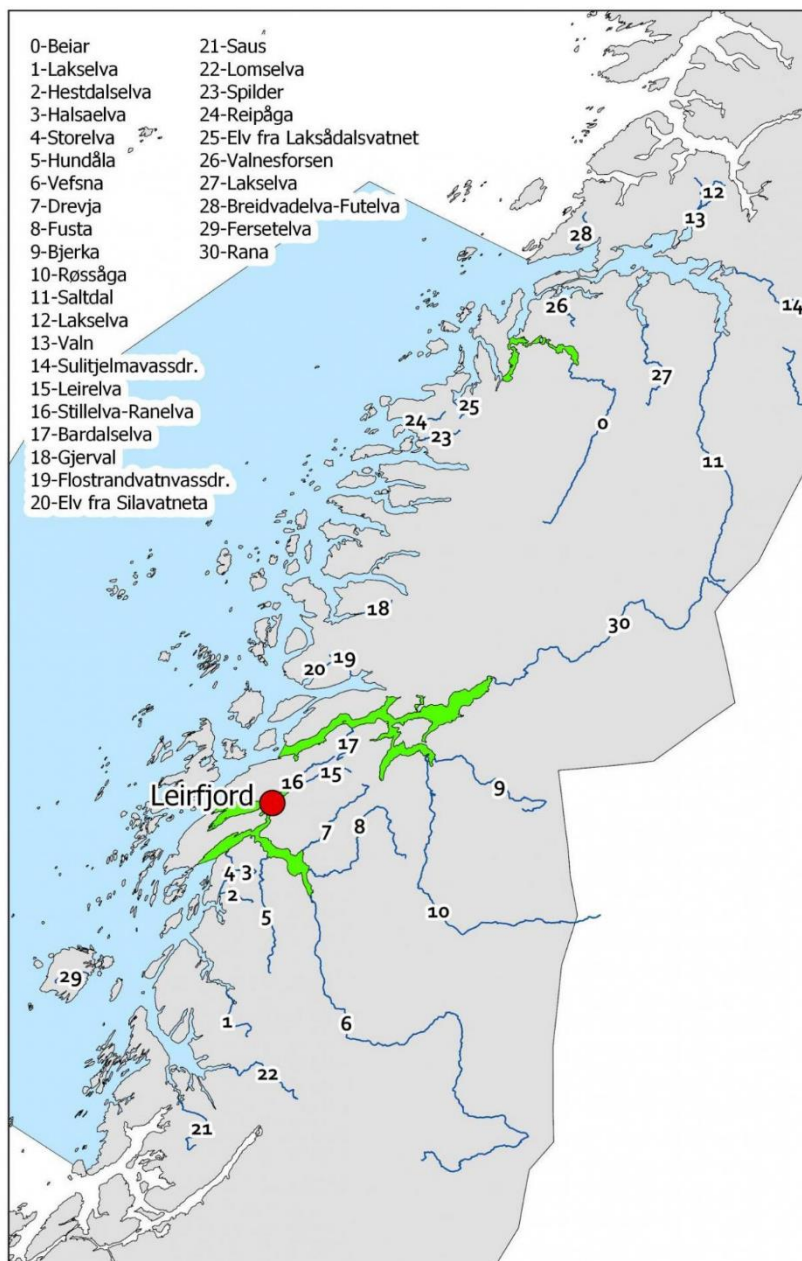
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

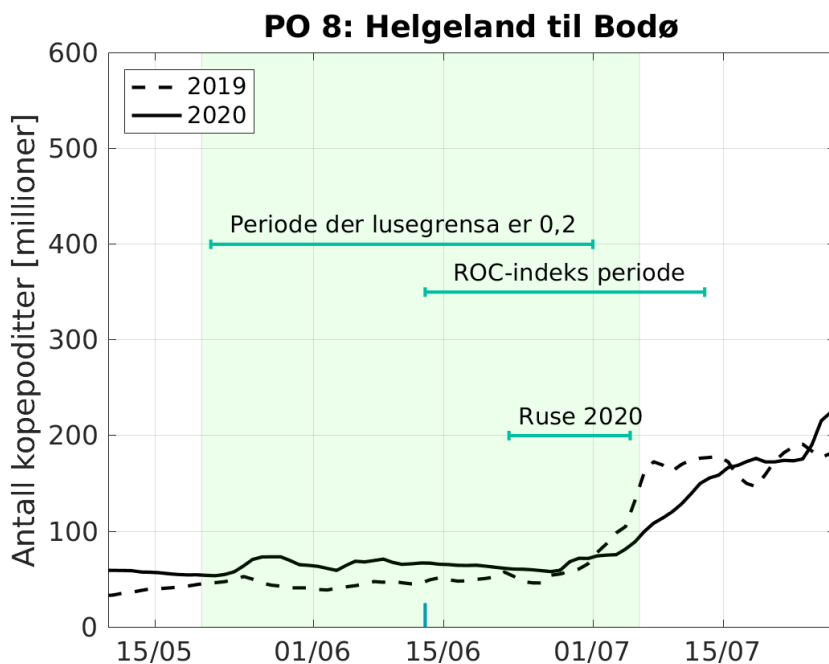
Det var svært få overvåkningsdata fra området med kun en sjøørretruse ved Leirfjord. Smittepresskartet indikerer små lokale områder med forhøyet smittepress, men det foreligger ikke overvåkningsdata for å bekrefte disse. Det er uansett slik at både modellene til HI og VI indikerer at det totale smittepresset og påvirkning på laksesmolt er lavt. VI sin virtuelle smolt indikerer derimot at usikkerheten til denne konklusjonen er høy. På grunn av generelt manglende overvåkningsdata setter vi usikkerheten til middels.

**Tabell 10.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

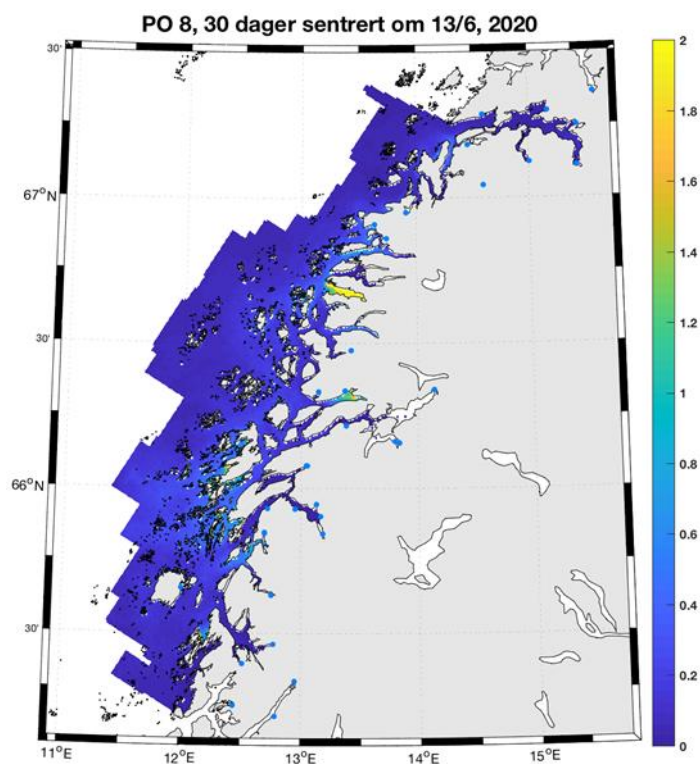
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	53	30	364 000 (3,6 %)
2017	55		
2018	67		
2019	73		
2020	70		



Figur 29. Produksjonsområde 8. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn-stasjonen (rød sirkel) i produksjonsområde 8. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 30.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørørret ruse.



**Figur 31.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden.



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

Antatt tidspunkt for utvandring: 20. mai – 6. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 13. juni (uke 24).

## Resultater 2020

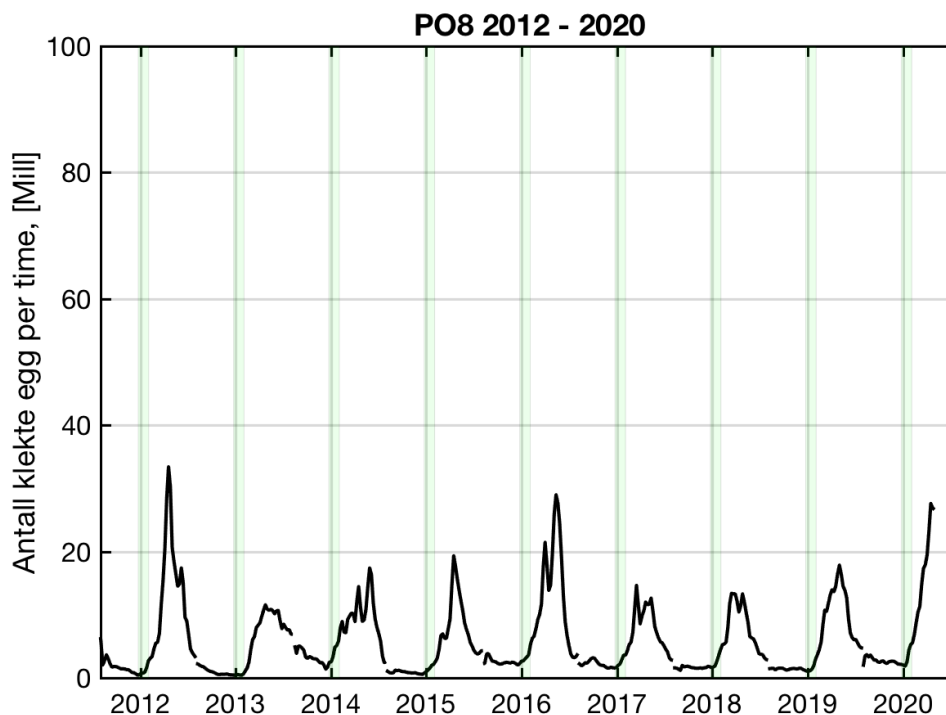
Sjøørret ruser: Det var en sjøørretstasjon i området, Leirfjord, undersøkt i uke 27, hvor estimert dødelighet var lav. Smittepresskartet indikerer at dette området også hadde et lavt smittepress. Gruppen konkluderer at snittverdiene peker på lav lakselusindusert dødelighet, men vurderer det sannsynlig at enkelte deler av området hadde høyere dødelighet. Det konkluderes med at sjøørretruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, men at konklusjonen har stor usikkerhet grunnet få stasjoner, og at overvåkningsdataene ikke dekker områdene med høyest estimert smittepress.

HI smittepress: Smittepresset var lavt i produksjonsområdet. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 2 % av det kystnære arealet. Indeksen steg noe utover utvandringstiden, men fortsatt innenfor kategorien for lav påvirkning. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har lav usikkerhet.

HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 2 og 15 % i perioden 2012 – 2020. I 2020 varierte den estimerte dødeligheten fra 1 til 19 % mellom elvene, og det var liten forskjell mellom vektet (8 %) og uvektet (7 %) gjennomsnitt. Ti av 30 elver ble klassifisert til moderat estimert dødelighet. Disse elvene er i hovedsak lokalisert rundt Mosjøen. Den estimerte dødeligheten for elvene lenger sør og nord i området er lav. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som lav. Variabilitet mellom elvene, med estimert dødelighet opptil 19 % for enkelte elver, gjør at usikkerheten ble vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 2 og 4 %, mens dødelighet for verste scenario var over 30 %. Det finnes ikke data til å validere eller kalibrere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioet ligger to kategorier høyere.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 32.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 8), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.11. Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

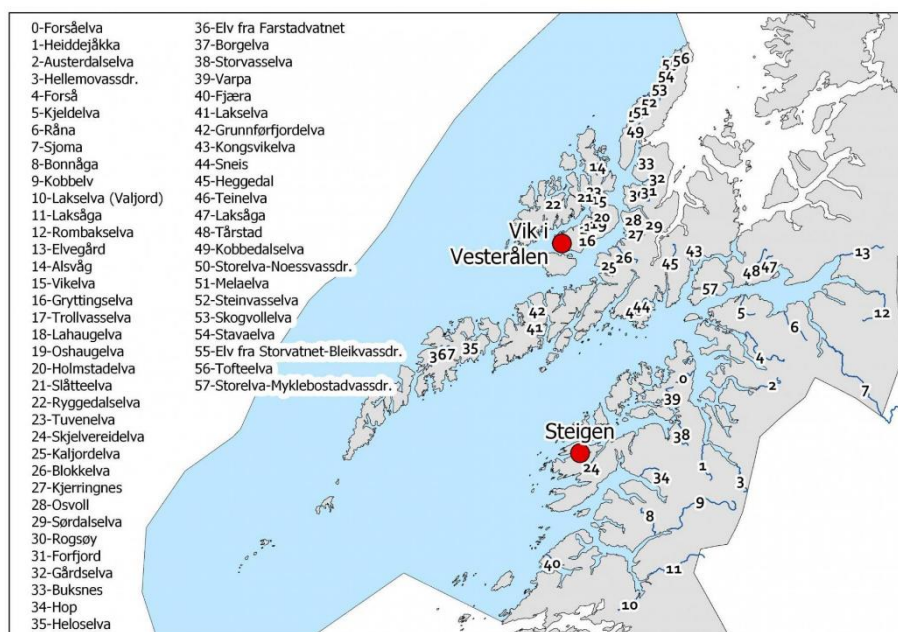
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

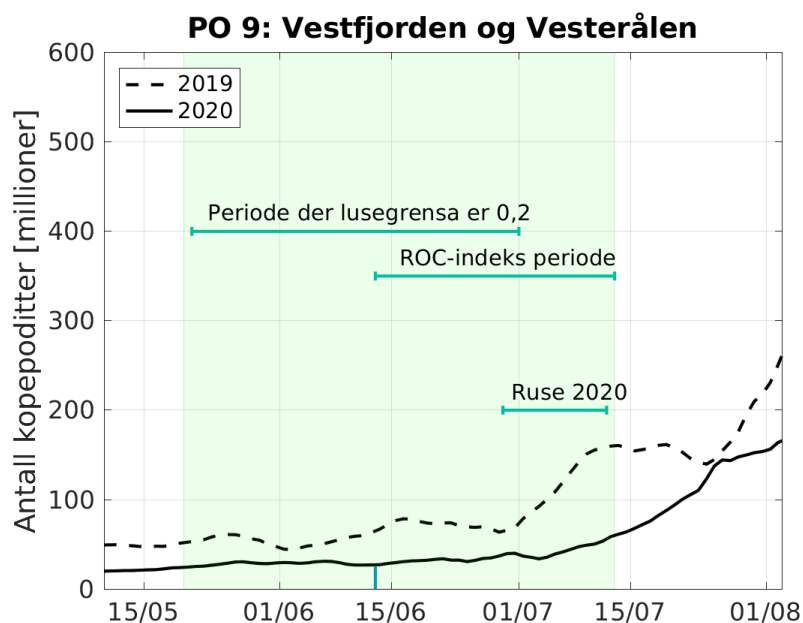
Det var to ruser i POet, hvor en (Vik) var plassert i nærheten av et lite område med lokalt forhøyet smittepress. Dette reflekteres i at de få fiskene som ble tatt her hadde høye nivåer av lus. Denne observasjonen er ikke representativt for hele POet, som generelt hadde lavt smittepress. Alle modeller indikerer lavt påvirkning. Usikkerheten defineres som middels på grunn av generelt lite overvåkningsdata.

**Tabell 11.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

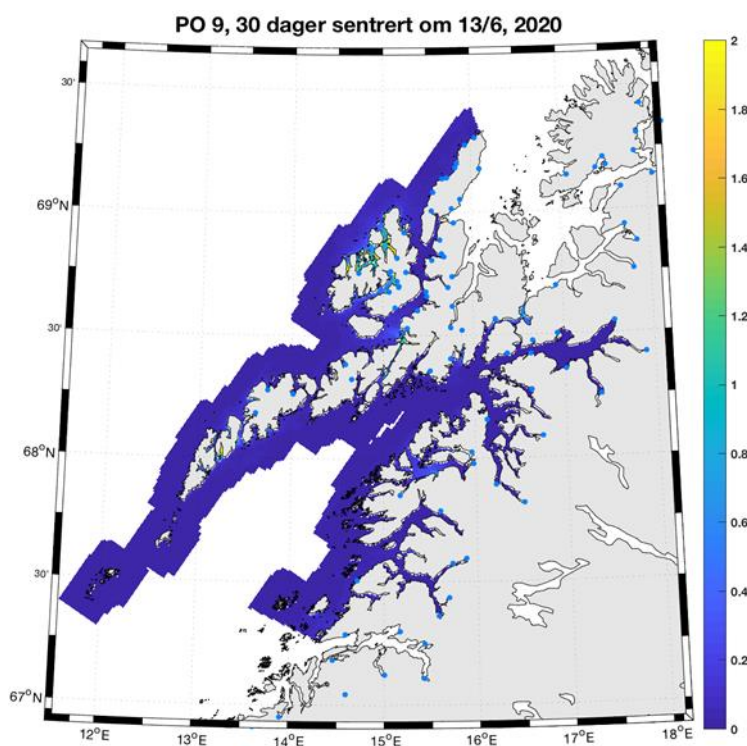
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	44	58	193 000 (1,9 %)
2017	57		
2018	54		
2019	64		
2020	68		



**Figur 33.** Produksjonsområde 9. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 9.



**Figur 34.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjøørret ruse..



**Figur 35.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 20. mai – 13. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 13. juni (uke 24).

## Resultater 2020

Sjøørret ruser: Det var to stasjoner i området, Steigen og Vik i Vesterålen. Dekningen med kun to stasjoner er lite for et så stort område, og i tillegg var antall fisk fanget ved stasjonene noe lavt. Estimert dødelighet varierte fra lavt i Steigen i ukene 27 og 28, til høyt i Vik i uke 28. Undersøkelsene ble utført 3-4 uker etter median utvandring, og vurderes som noe sent til å være veldig relevant for utvandrende laksesmolt. Smittepresskartene indikerte få områder med forhøyet smittepress rundt median utvandring av laks, og en økning i antall kopepoditter i området ble modellert først utover i juli. Det konkluderes med at sjøørret ruser tilsier en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Usikkerheten til konklusjonen er stor på grunn av at verdiene ligger opp under moderat, relativt lite fisk, og dårlig geografisk dekning.

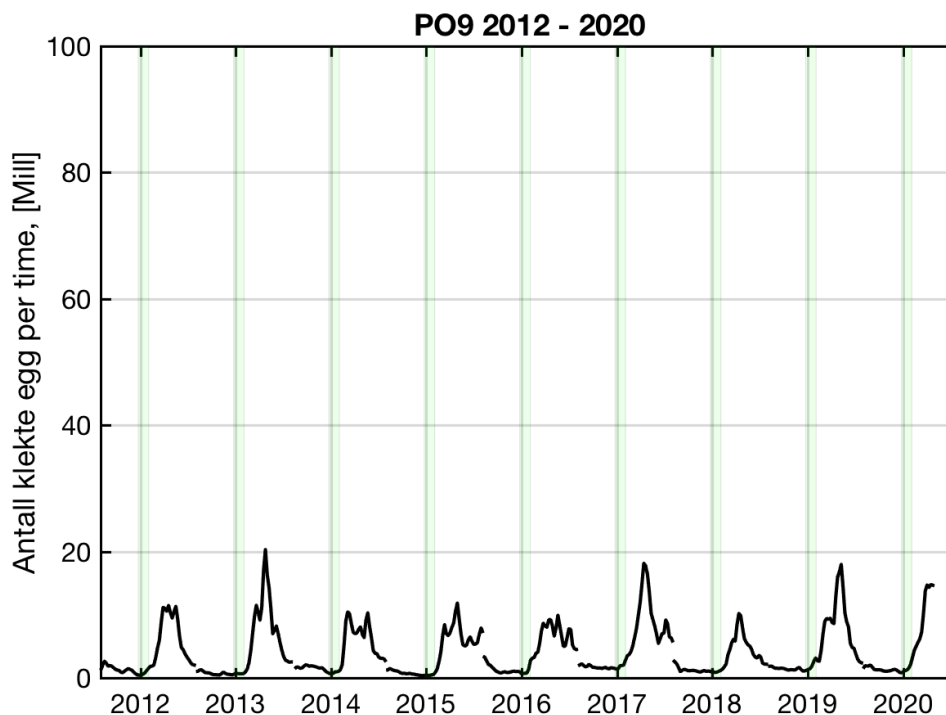
HI smittepress: Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 1 % av det kystnære arealet. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 2 og 8 % i perioden 2012 – 2020.

I 2020 varierte den estimerte dødeligheten fra 1 til 16 % mellom elvene, og det var liten forskjell mellom vektet (2 %) og uvektet (3 %) gjennomsnitt. Av 58 elver var den estimerte dødeligheten kategorisert som lav for 54 av dem. Den estimerte dødeligheten var vurdert som moderat for de resterende fire elvene. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som lav i 2020. Grunnet det store antallet elver kategorisert med lav estimert dødelighet, samt liten variasjon mellom de ulike utvandringsforløpene, er usikkerheten vurdert som liten.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 2 %, mens dødelighet for verste scenario var over 10 %. Det finnes ikke data til å validere eller kalibrere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen er middels usikker fordi dødeligheten i det verste scenarioet er én kategori høyere.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 36.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 9), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.12. Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

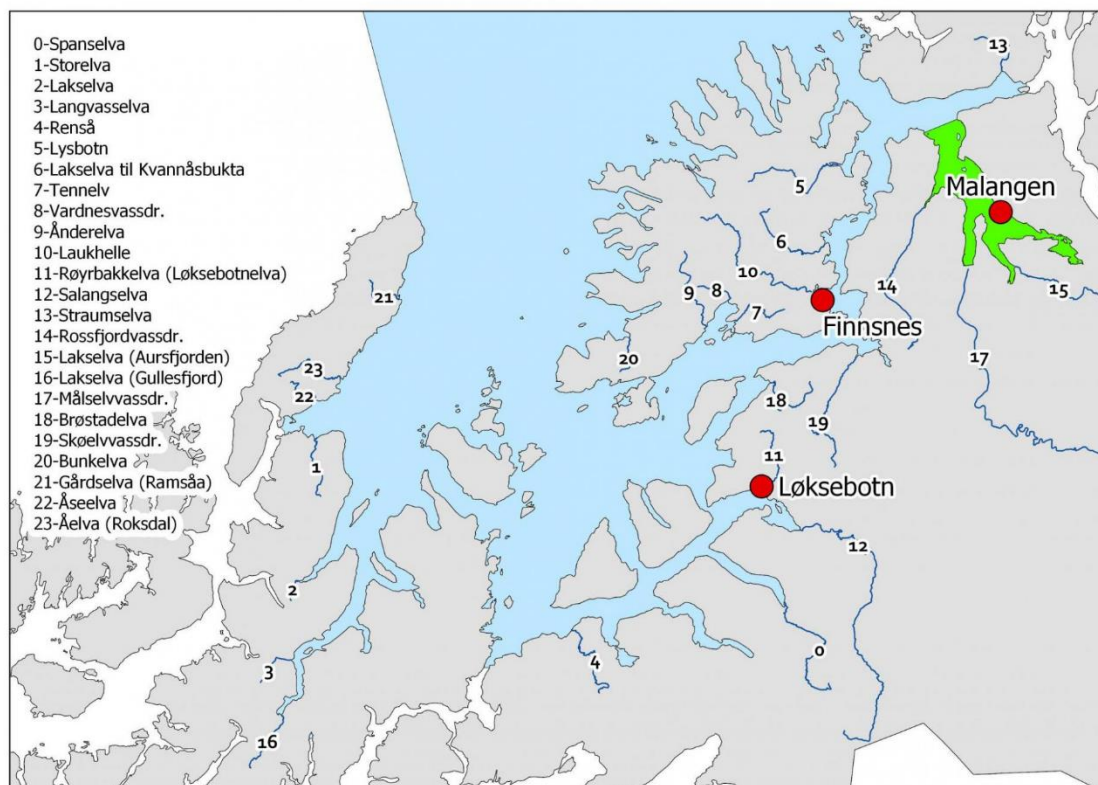
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha stor usikkerhet.

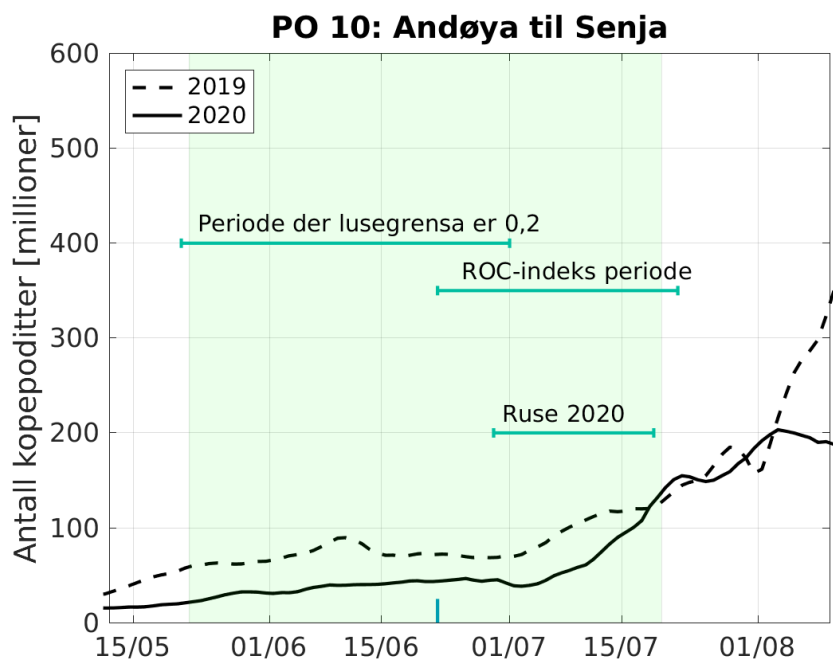
Data fra sjøørretruser indikerer fra lavt til moderate påslag, og kategoriseres derfor i lav kategori med stor usikkerhet. HI smittepress indikerer at området med forhøyet smittepress økte raskt rett etter median utvandring. HI virtuell smolt viser at flere elver i området med økt smittepress er kategorisert som moderat påvirket, men i snitt er kategoriseringen lav. VI virtuell smolt indikerer lav kategorisering med middels usikkerhet. Usikkerheten er satt som stor på grunn av det økende smittepresset utover sesongen.

**Tabell 12.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

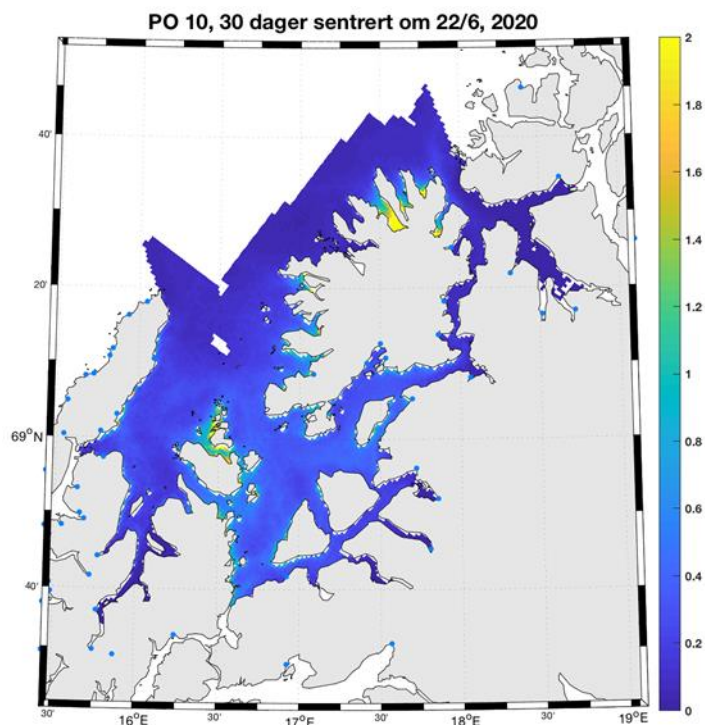
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	41	24	328 000 (3,3 %)
2017	45		
2018	43		
2019	48		
2020	49		



**Figur 37.** Produksjonsområde 10. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 10. Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 38.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skraveret område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørørret ruse.



**Figur 39.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden.



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

Antatt tidspunkt for utvandring: 22. mai – 20. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 22. juni (uke 25).

## Resultater 2020

Sjøørret ruser: Det var tre ruser i området og estimert dødelighet varierte, med lav i Malangen i utvandningsruten for laksen fra Målselv, moderat ved Finnsnes og lavt i Løksebotten (i vandringsruten for smolt fra Salangsvassdraget). Antall fisk og tidspunktet for fangst (ukene 27-29) fanget opp smittepresset den perioden vi antar smolten vandrer fra området. Usikkerheten ligger i at det var relativt få ruser for et så stort område. Samtidig virker data fra rusene å stemme relativt godt overens med smittepresskartet. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har stor usikkerhet da verdiene ligger nært moderat, samt at det er områder med høyere smittepress hvor det ikke er fangstet.

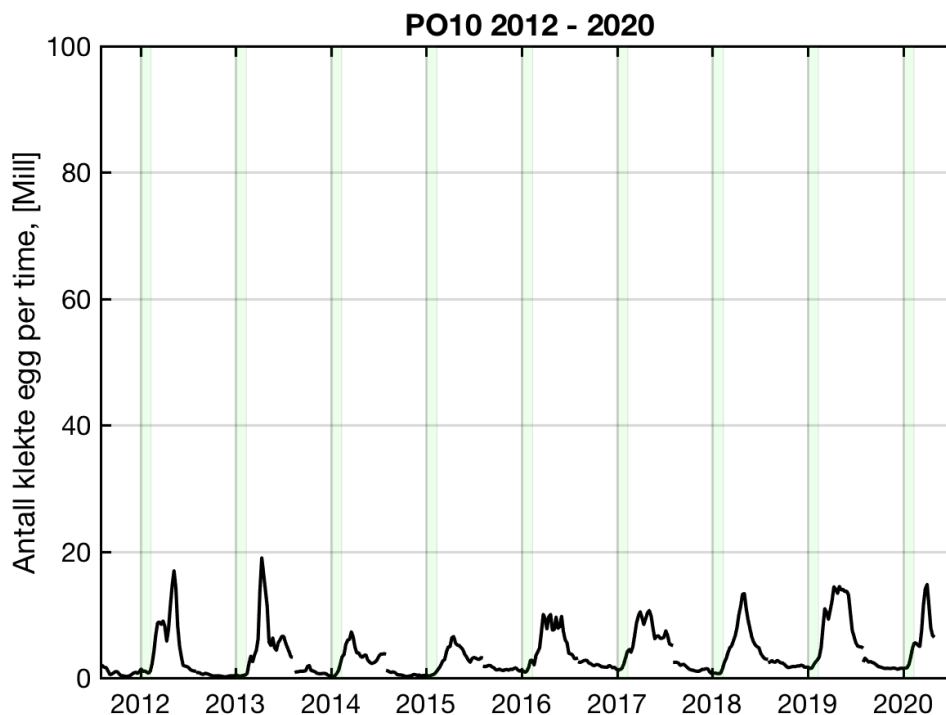
HI smittepress: Smittepresset var lavt i store deler av området, men moderat og høyt enkelte steder. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 10 % av det kystnære arealet. Indeksen ligger helt på grensen mellom lav og moderat påvirkning, og smittepresset steg raskt mot slutten av utvandningsperioden, helt opp i høy påvirkning. Produksjonsområdet kategoriseres derfor med lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har stor usikkerhet.

HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon varierte mellom 2 og 13 % i perioden 2012 – 2020. Gjennomsnittet vektet etter elvenes potensielle smoltproduksjon var høyere enn det uvektede gjennomsnittet i alle år. Dette tyder på at elvene med høy potensiell smoltproduksjon har lavere påslag av lus enn elvene med lav smoltproduksjon.

I 2020 varierte den estimerte dødeligheten fra 1 til 20 % mellom elvene, og 7 % og 9 % for vektet og uvektet gjennomsnitt. Den estimerte dødeligheten var kategorisert som moderat for 9 av 24 elver, resterende 15 elver var kategorisert med lav estimert dødelighet. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som lav. Grunnet variasjonen i modellresultat mellom elver, i tillegg til noe forskjell med varierende utvandringstidspunkt, er usikkerheten vurdert som middels.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet er begge 3 %, mens dødelighet for verste scenario er over 20 %. Det finnes ikke data til å validere eller kalibrere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen er middels usikker fordi dødeligheten i det verste scenarioet er én kategori høyere.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 40.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 10), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2020, med et økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

### 5.13. Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

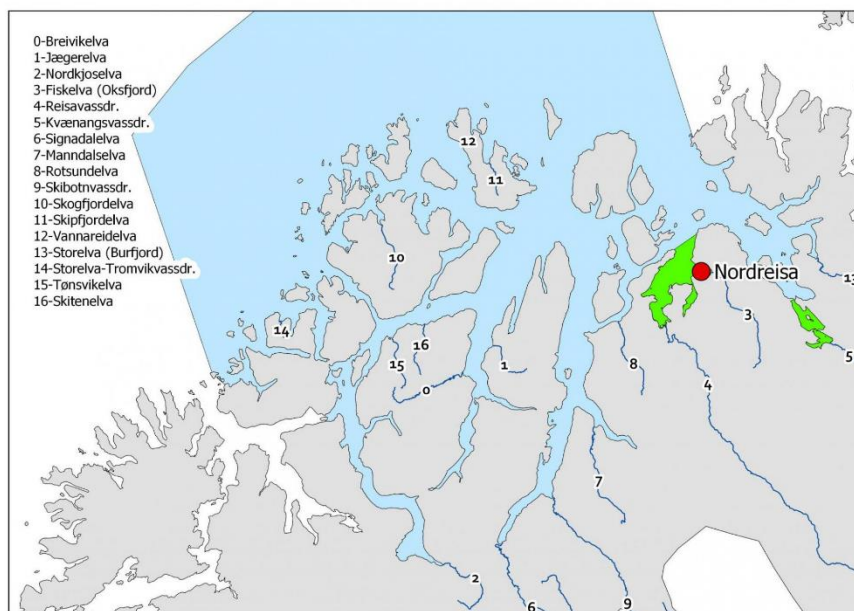
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

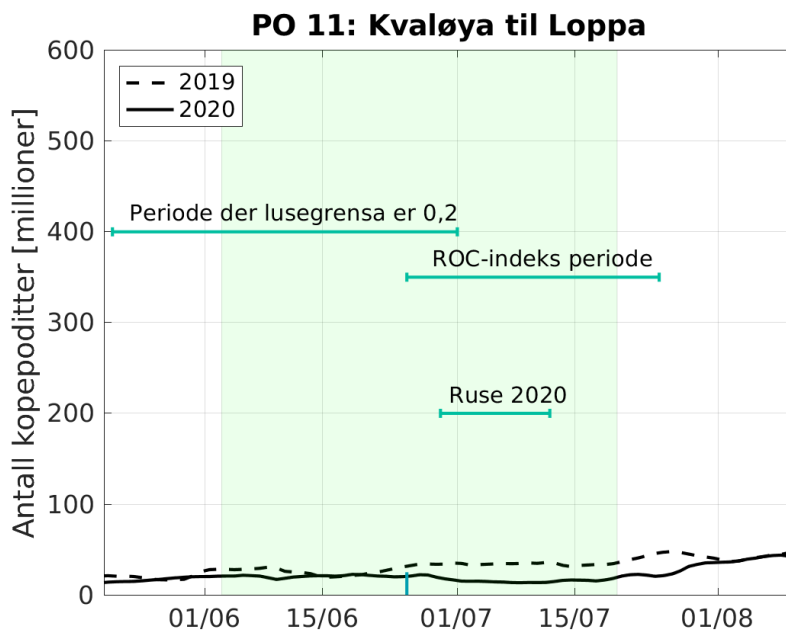
Det er kun overvåkningsdata fra en sjøørretruse i hele POet (Nordreisa). Det er ingen data eller modeller som indikerer noe annet enn lav lakselusindusert dødelighet i POet, og selv om det er lite overvåkningsdata, definerer vi usikkerheten som liten ettersom alle modellresultatene indikerer lav lakselus indusert villfiskdødelighet.

**Tabell 13.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

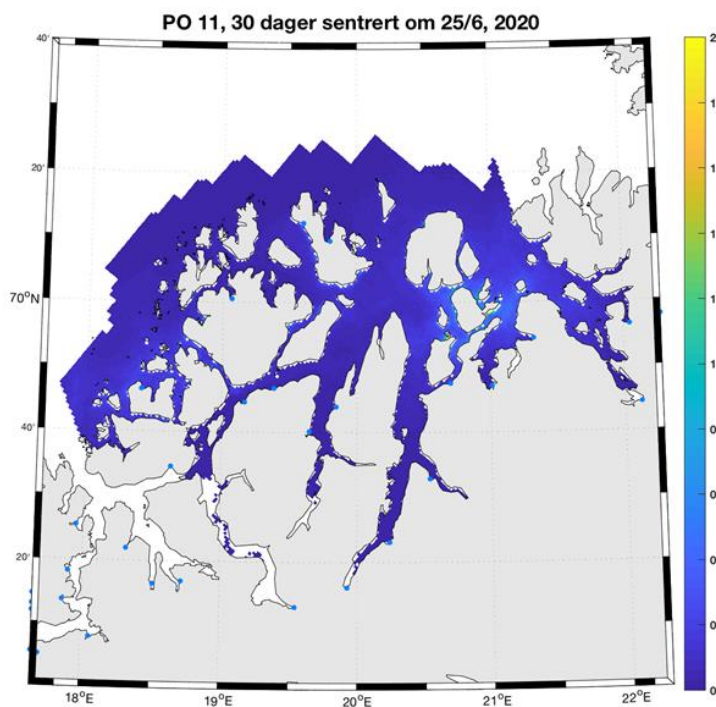
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	24	17	141 000 (1,4 %)
2017	26		
2018	26		
2019	23		
2020	29		



**Figur 41.** Produksjonsområde 11. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjon (rød sirkel) i produksjonsområde 11. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 42.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 11 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørøret ruse..



**Figur 43.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 11 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 3. juni – 20. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 25. juni (uke 26).

## Resultater 2020

Sjøørret ruser: Det er en rusestasjon i området, ved Nordreisa i uke 28. Undersøkelsen på stasjonen indikerer lave nivåer av lus. Rusefangsten er i overensstemmelse med smittepresskart som indikerer lavt smittepress i dette området. Det konkluderes med at sjøørretruser støtter en kategorisering av området til lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Konklusjonen anses som lite usikker selv om det bare er undersøkt på en stasjon, på grunn av lite rapporterte lus, få områder med forhøyet lusepress, og sammenfall med modellresultater.

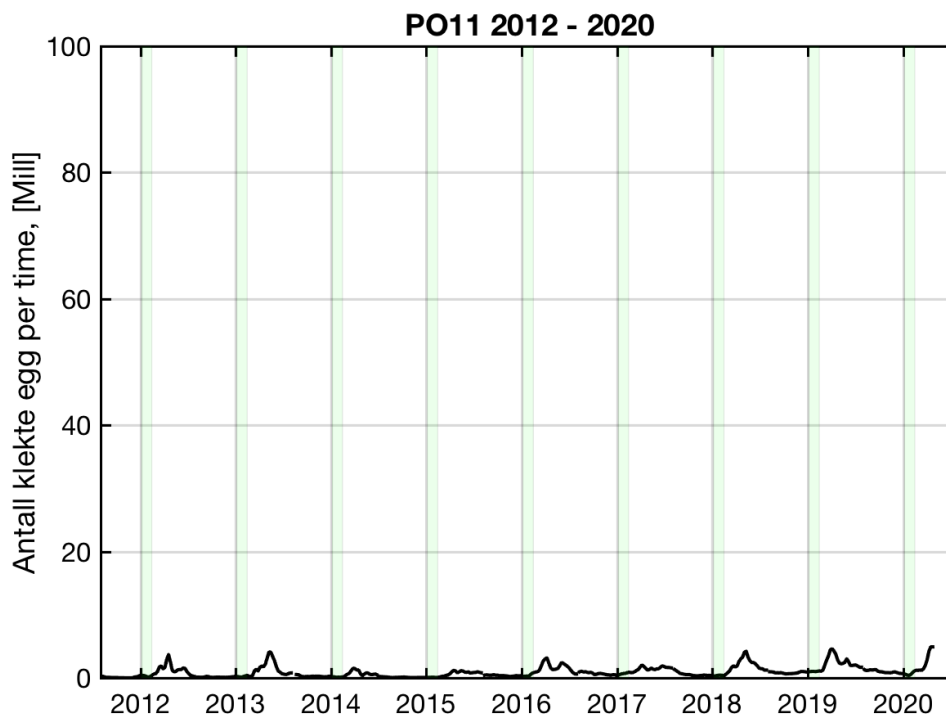
HI smittepress: Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandningsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør < 1 % av det kystnære arealet. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon, varierte mellom 1 og 8 % i tidsrommet 2012 til 2020. På tross av variasjon mellom år var den estimerte dødeligheten klassifisert som lav (<10 %) for alle år.

I 2020 varierte den estimerte dødeligheten fra 1 til 10 % mellom elvene, og det var liten forskjell mellom vektet (6 %) og uvektet (4 %) gjennomsnitt. I 1 av 17 elver ble den estimerte dødeligheten klassifisert som moderat. De resterende 16 elvene var klassifisert med lav estimert dødelighet. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes i 2020 som lav. Grunnet den lave variasjonen i modellresultatene mellom elver og tidsforløp for utvandring er usikkerheten ansett som liten.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet ble begge beregnet til 1 %, mens dødelighet for verste scenario var over 10 %. Det finnes ikke data til å validere eller kalibrere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen er middels usikker fordi dødeligheten i det verste senarioet er én kategori høyere.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 44.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 11), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2020, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen i de siste tre årene (2018-2020).

## 5.14. Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

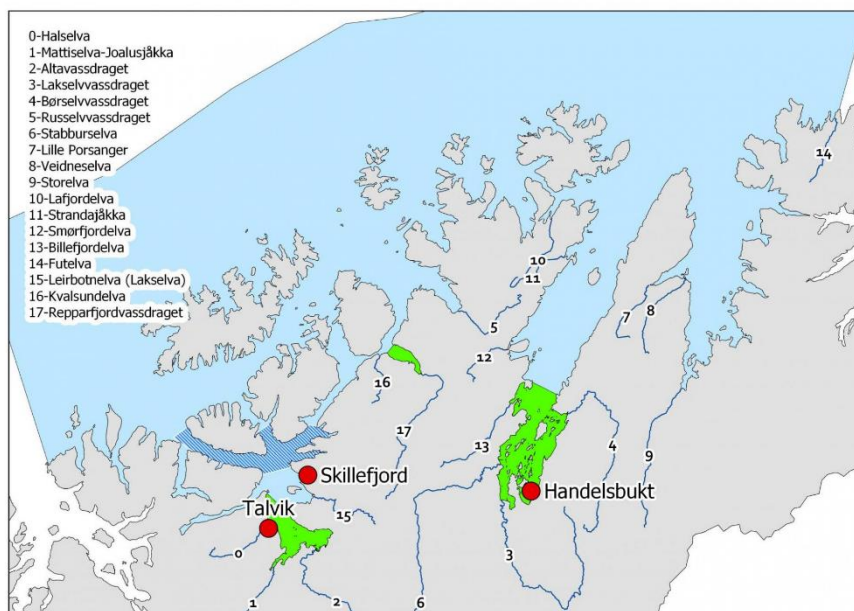
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

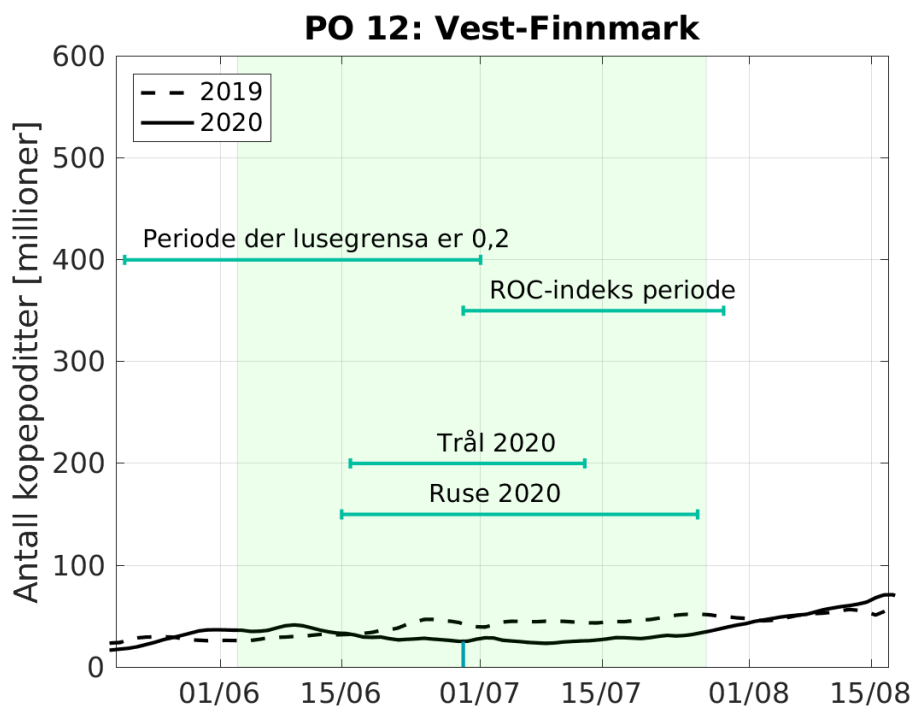
Det ble fanget sjørret i en sjørretruse, og det ble fanget smolt med trål i Altafjorden. Disse fangstene indikerer meget lave nivåer av lus. Dette reflekteres i alle modellresultater, og vi definerer derfor usikkerheten som liten.

**Tabell 14.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

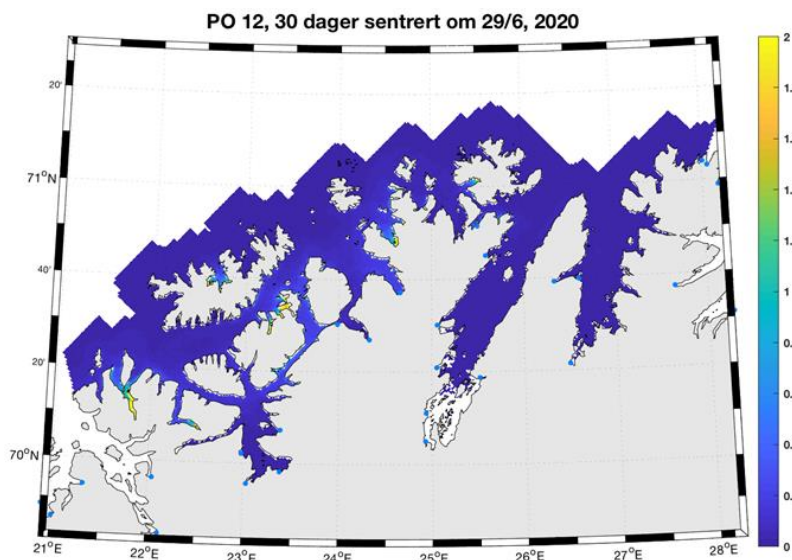
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	18	587 000 (5,8%)
2017	34		
2018	36		
2019	49		
2020	49		



**Figur 45.** Produksjonsområde 12. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler) samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 12. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 46.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert trålfangst og sjøørret ruse.



**Figur 47.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden.



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

Antatt tidspunkt for utvandring: 3. juni – 27. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 29. juni (uke 26).

## Resultater 2020

Trålfangst: Det er trålet i ytre deler av Altafjorden (som også ansees som utvandringsruten til den viktigste lakseelven) fra 16. juni til 13. juli, ukene 25-28 (samt en dag i uke 29). Det ble estimert lav dødelighet i alle ukene. Fangsten var høyest ukene 26 og 27, lavere før og etter, hvilket indikerer at trålperioden har vært dekkende for å fange opp utvandringen. Det ble primært trålt i Stjernesundet, som er den klart viktigste utvandringsruten for smolt fra elvene i Altafjorden ifølge telemetristudier. Smolten vandrer gjennom områder med potensiale for høyere påslag etter området hvor fisken er blitt trålet, men det er få indikasjoner i modellene som tilsier at dette smittepresset er høyt. Smittepresset i øvrige deler av POet er også relativt lavt. Vi anser derfor at konklusjonen har liten usikkerhet.

Sjørørret ruser: Tre stasjoner ble undersøkt, Talvik sammenhengende i 6 uker, ukene 25-30, Skillefjord uke 29, samt Handelsbukta i Porsangerfjorden ukene 28-29. Det ble estimert lav dødelighet på alle stasjonene i alle ukene. Stasjonene i Skillefjord og Handelsbukta er undersøkt 2-3 uker estimert median utvandring, og dekker derfor trolig ikke fisk som vandrer tidlig. Antall stasjoner vurderes som noe lavt for ett så stort område. I Talvik ble det fanget et godt antall fisk, med størst fangst uke 26, som sammenfaller med estimert median tid for utvandring. Det konkluderes med at sjørørretusen støtter en kategorisering av området til lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Smittekartene indikerer få områder og liten utstrekning av områder med forhøyet smittepress. Grunnet bare tre stasjoner, og at disse ikke dekker området med høyest modellert tetthet av lakselus, vurderes konklusjonen til middels usikker.

HI smittepress: Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 1 % av det kystnære arealet. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

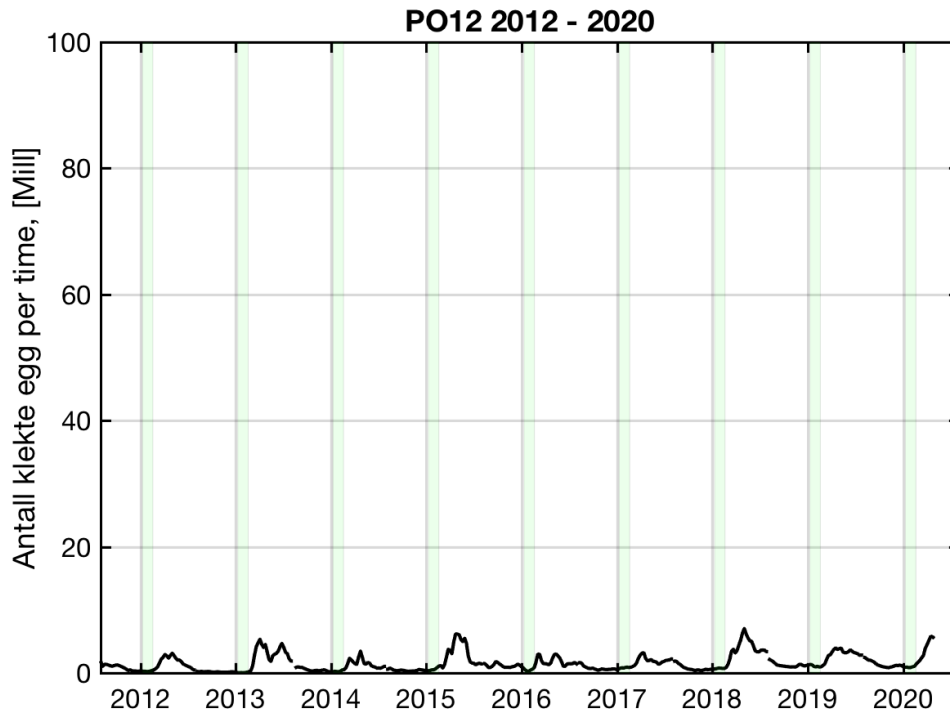
HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon, varierte mellom 1 og 11 % i tidsrommet 2012 til 2020. På tross av variasjon mellom år var den uvektede gjennomsnittlige estimerte dødeligheten klassifisert som lav (<10 %) for alle år.

I 2020 varierte den estimerte dødeligheten for elvene mellom 0 og 5 %, både vektet og uvektet gjennomsnitt var 2 %. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes som lav i 2020. Grunnet den lave variasjonen i modellresultatene mellom elver og tidsforløp for utvandring er usikkerheten ansett som liten.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var under 1 %, og dødelighet for verste scenario var under 10 %. Modellen er ikke validert eller kalibrert med data fra dette

området. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har liten usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioriet er i samme kategori.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 48.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 12), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2020, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen i de siste tre årene (2018-2020).

## 5.15. Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

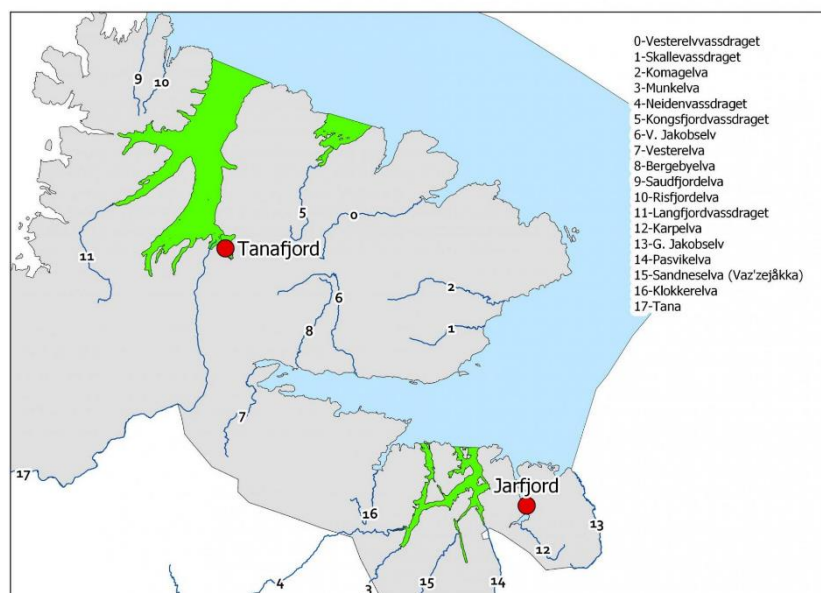
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2020.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

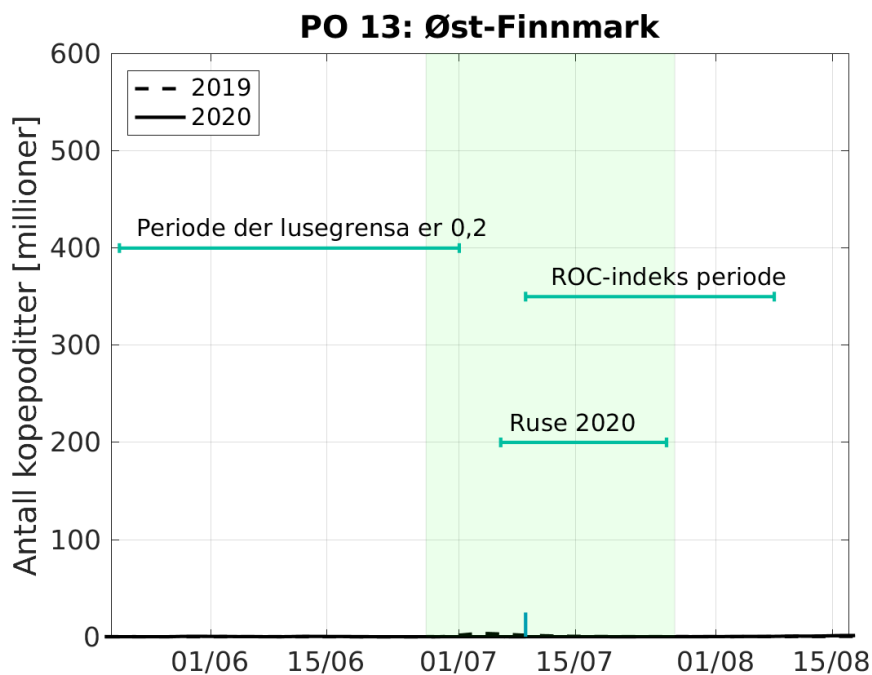
Det var tre stasjoner med sjørretruse i området, som alle indikerte svært lave nivåer av lus. Alle modellresultater tilsier også lav lakselusindusert dødelighet, og vi vurderer derfor usikkerheten som liten.

**Tabell 15.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

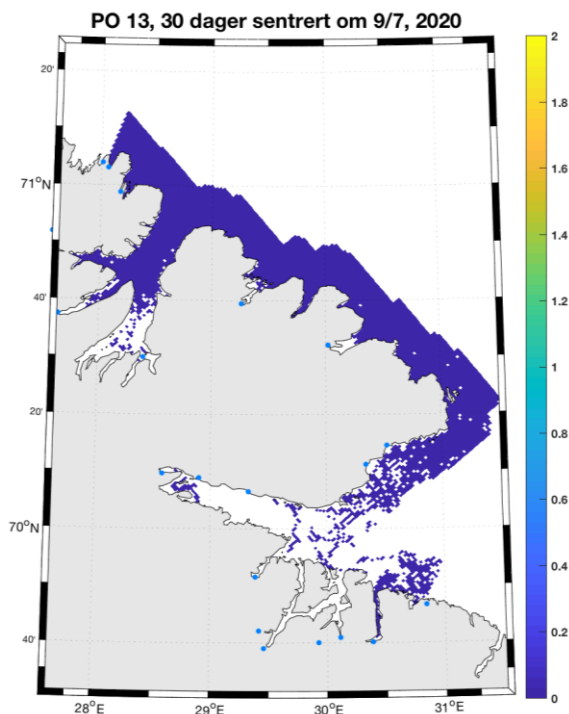
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	2	18	1 111 000 (11,0 %)
2017	1		
2018	2		
2019	3		
2020	4		



**Figur 49.** Produksjonsområde 13. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 13. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 50.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden (kolonne HI smittepress i Tab.2) og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjøørret ruse.



**Figur 51.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden.

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

Antatt tidspunkt for utvandring: 27. juni – 27. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 9. juli (uke 28).

## Resultater 2020

Sjøørret ruser: Det var to stasjoner i området, Tanafjorden og Jarfjorden, som ble undersøkt i ukene 28-30. Det var lave nivåer av lus på begge stasjoner og tidspunkt, og det estimeres lav luseindusert dødelighet. I utgangspunktet er antall stasjoner lite for et så stort område, men da det er lave utslipp i området uten særlig økning gjennom perioden for lakseutvandring, samt at modellene ikke indikerer områder med vesentlig høyere smittepress enn de som er undersøkt, anses stasjonene dekkende. Vi vurderer derfor at konklusjonen har liten usikkerhet.

### HI smittepress:

Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør < 1 % av det kystnære arealet. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

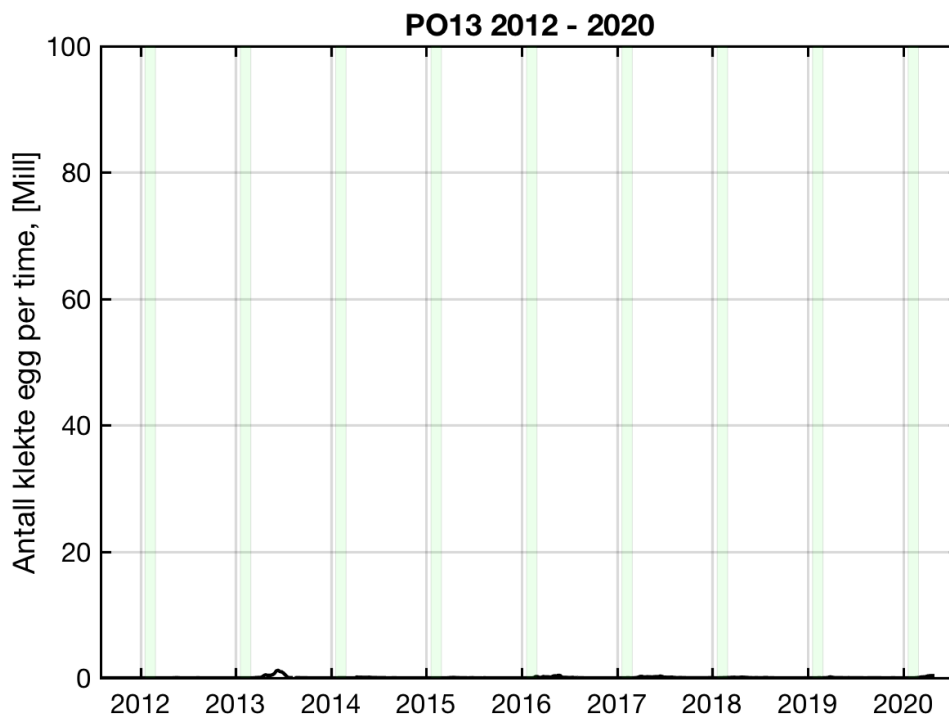
HI virtuell smolt: Den gjennomsnittlige estimerte dødeligheten, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon, var < 1 % for alle år i tidsrommet 2012 til 2020.

I 2020 var den estimerte dødeligheten 0 % for alle elvene i området. Den estimerte dødeligheten for hele området vurderes i 2020 som lav. Grunnet den lave variasjonen i modellresultatene mellom elver og tidsforløp for utvandring er usikkerheten ansett som liten.

### VI virtuell smolt:

Både vektet og uvektet gjennomsnitt av dødelighet var svært lavt (< 0,01%) og dødelighet i det verste scenarioet var også svært lavt (< 0,1%). Modellen er ikke validert eller kalibrert med data fra dette området. Det konkluderes med at modellen tilsier at området kategoriseres til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har liten usikkerhet fordi dødeligheten i det verste scenarioet er i samme kategori.

### Tidstrend i antall klekte egg



**Figur 52.** Utslipp av klekte egg fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 13), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall klekte egg viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2020.

## 6. Utvikling over tid

I ekspertgruppens sitt mandat for 2020 står følgende: «Rapporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.».

Det er flere forskjellige måter å vurdere tidstrender på. Man kan for eksempel evaluere om vurderingene av lakselusindusert dødelighet fra ekspertgruppen har en økende eller synkende trend. Slike vurderinger er derimot bare gjort for perioden 2016-2020 (Tabell 16). I rapporten fra 2019 påpekte Ekspertgruppen at «over en så kort periode som fire år er det umulig å skille en reell trend fra rene tilfeldigheter». Det ble videre påpekt at den eneste generelle trenden i analysene var at kategoriene moderat og høy lakselusindusert dødelighet kun er blitt brukt i de sørlige POene fra PO2-PO7 (med unntak av i PO10 i 2019).

For å få en lengre tidsperiode å vurdere trender over er det mulig å se på enkeltmetoder som ikke avhenger av ekspertgruppens samlede vurderinger. Både HI og VI har brukt data tilbake fra 2012 i sine modellkjøringer og rapportert resultatene i sine respektive vedlegg. Før 2012 var rapporteringen av lakselus fra oppdrett så grov at sammenligninger lengre tilbake i tid er problematisk. Resultatene fra HI virtuell smolt viser at dødeligheten har vært stabil i de fleste produksjonsområdene, enten stabilt lav (PO1, PO9, PO11, PO12, PO13) eller stabilt på grensen mellom lavt og moderat (PO6, PO7, PO8, PO10). Tre av områdene har en tydelig to-årlig syklus (PO4, PO5, PO8). PO2 har hatt en økning i smoltdødelighet de siste årene sammenlignet med 2012-2014, mens PO3 har hatt en reduksjon de siste årene (2018-2020) sammenlignet med begynnelsen av tidsserien (2014-2017). I rapporten fra VI påpekes det at estimatene for lakselusindusert villfiskdødelighet økte de første årene etter 2012 i flere POer. Siden da har dødelighetsestimatene variert fra år til år, men uten å vise klare trender. Det er også tendenser til toårige sykluser i flere POer i VI sin modell, der estimatene alternerer mellom høye og lave verdier.

En annen måte å vurdere tidstrender på er å se på endringer i kildeleddet. Det vil si å vurdere trender i antall verter (fisk) som produserer lus, og totalt antall rapporterte hunnlus i oppdrettsanleggene målt per sjøareal for å kunne sammenlikne POer. Blant faktorene som påvirker smittepress, er det disse oppdrettsnæringen har mest kontroll over. Tidstrendene i vertsfisk og rapporterte hunnlus gir overblikk over større endringer i lusesmitten eller verter for lakselus i oppdrettsanleggene i et område, selv om en slik tilnærming vil kunne skygge over viktige biologiske og geografiske detaljer.

I figur 53 og 54 har vi vist antall oppdrettsfisk og biomasse per kvadratkilometer innenfor grunnlinjen. Dette er det samme arealmålet per produksjonsområde som har blitt brukt av Fiskeridirektoratet<sup>3</sup>. I figur 55 har vi vist antall hunnlus per oppdrettsfisk i snitt per PO og i figur 56 har vi vist totalt antall hunnlus per kvadratkilometer innenfor grunnlinjen. Alle de tre figurene bruker data med ukentlig oppløsning som oppdretterne selv har rapportert inn via Altinn. Fra disse figurene vil vi trekke fram tre hovedpunkter:

---

<sup>3</sup> <https://www.fiskeridir.no/content/download/19806/281190/version/19/file/vurdering-av-produksjonsomraeder-fiskeridirektoratet-06102017.pdf>

1. *Variasjonen i utslipp av lus fra oppdrett mellom POer er i stor grad en funksjon av vertstettheten.* Dette reflekteres i at alle POer som ble vurdert med dødelighet i moderat eller høy kategori i løpet av de siste seks årene, også har en vertstetthet over 5 000<sup>4</sup> oppdrettsfisk per km<sup>2</sup> (PO2-7 og PO10).
2. *Mellomårsvariasjon i utslipp av lus innen hver PO (totalt antall lus, figur 56) er i større grad drevet av endringer i antall lus per fisk (figur 55) enn i endringer i antall oppdrettsfisk (figur 53).* Et eksempel på dette er PO5, hvor smittepresset fra 2019 til 2020 ble redusert selv om antall oppdrettsfisk var tilnærmet uforandret.
3. *Ulik utbredelse av smittepresset innad i et fjordsystem kan påvirke dødelighetsvurderingene.* Eksempelvis var det totale antall lus i PO2 relativt høyt i både 2019 og 2020, mens påvirkningen ble vurdert til lav i 2019 og høy i 2020. Dette hadde sammenheng med at luseutbredelsen overlappet mindre med de antatte smoltutvandningsrutene i 2019 enn i 2020. Andre faktorer som påvirker sammenhengen mellom antall hunnlus i et PO og smitten på laksesmolt er bl.a. temperatur, saltholdighet, strømforhold, og sesongfordeling av lus og smolt.

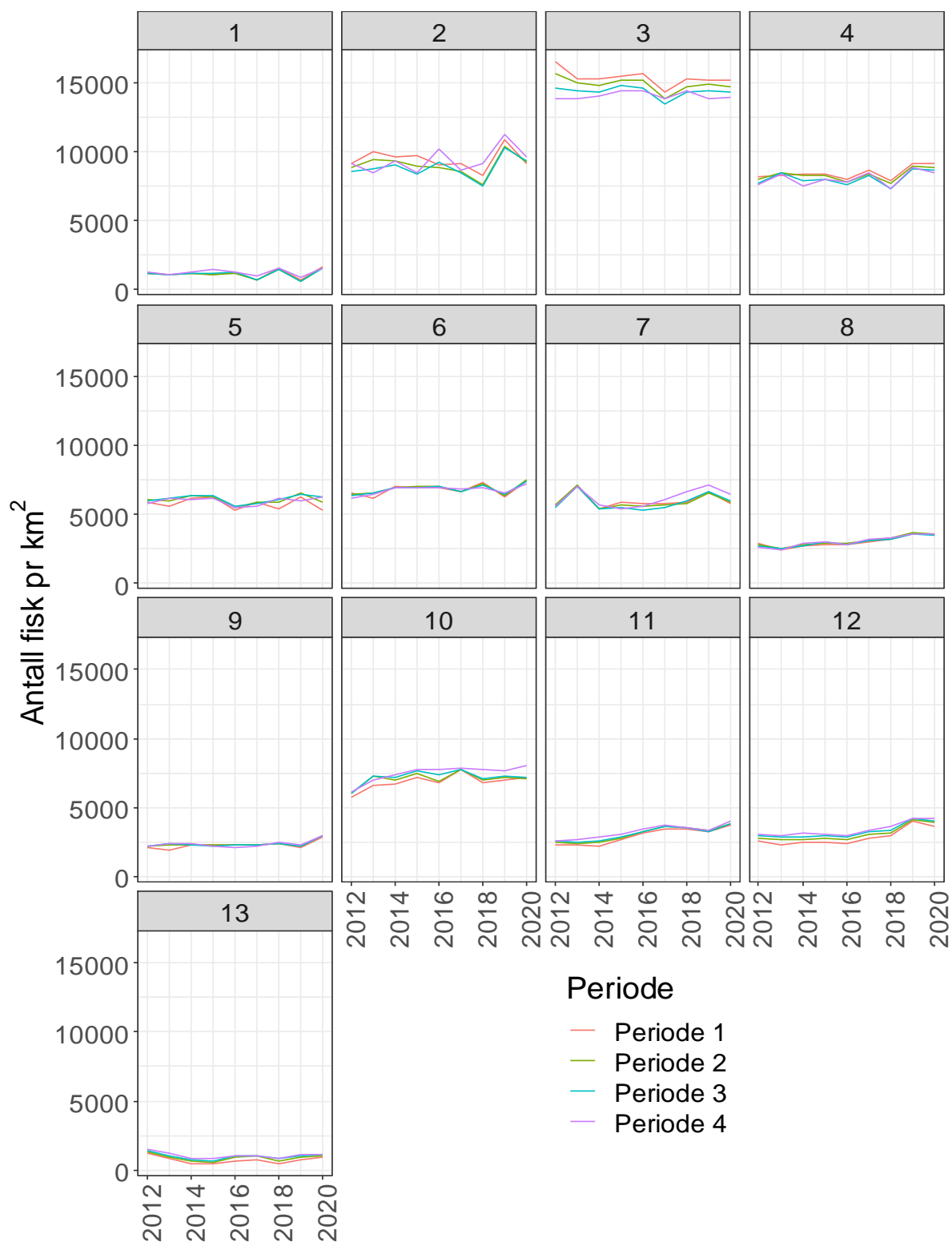
I sum peker resultatene på at i områder med høy vertstetthet, kan lakselusindusert dødelighet av laks variere med mer enn en kategori fra år til år avhengig av biologiske, fysiske og geografiske forhold. Det er derfor nødvendig å se på resultater for flere år for å vurdere hvor stor lakselusindusert dødelighet som kan forventes i et PO (Tabell 16). Betydningen av å vurdere resultater over flere år understrekes av at koordinerte produksjonssykluser kan gi to-årige sykluser i smittepress (se neste avsnitt). Områder med lav vertstetthet har gjennomgående mer stabilt lave nivåer av lakselusindusert dødelighet.

**Tabell 16** Ekspertgruppens hovedkonklusjoner for kategorisering av luseindusert villfiskdødelighet for utvandrende post-smolt av laks i alle produksjonsområder i perioden 2016-2020.

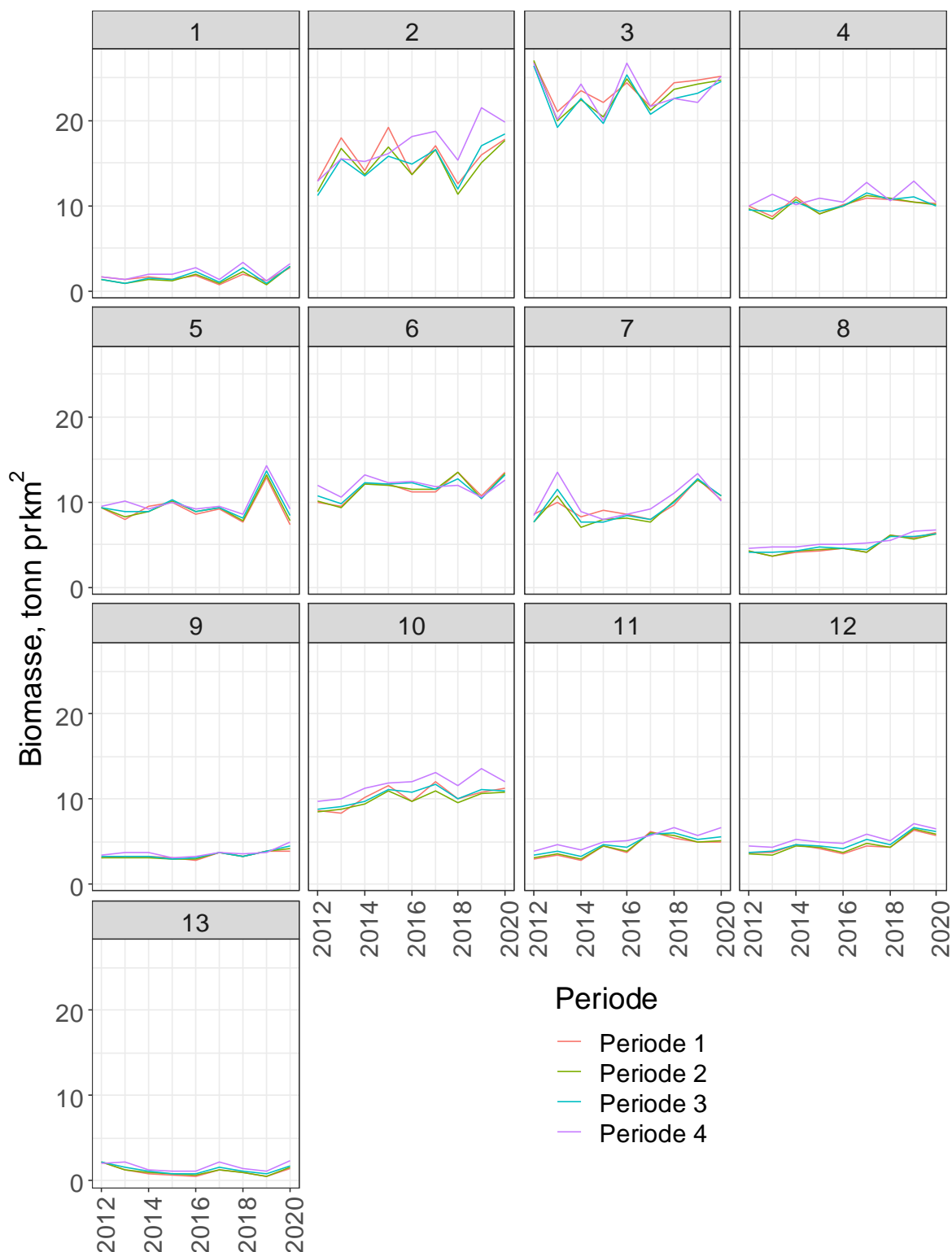
PO	2016	2017	2018	2019	2020
1	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
2	Mod	Lav	Mod	Lav	Høy
3	Høy	Høy	Høy	Mod	Høy
4	Mod	Høy	Mod	Høy	Mod
5	Mod	Mod	Mod	Høy	Lav
6	Mod	Lav	Lav	Lav	Lav
7	Mod	Lav	Mod	Lav	Mod
8	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
9	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
10	Lav	Lav	Lav	Mod	Lav
11	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
13	Lav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

<sup>4</sup> Dette tallet benyttes kun som en beskrivelse av et generelt mønster, og må ikke tolkes som en grenseverdi.

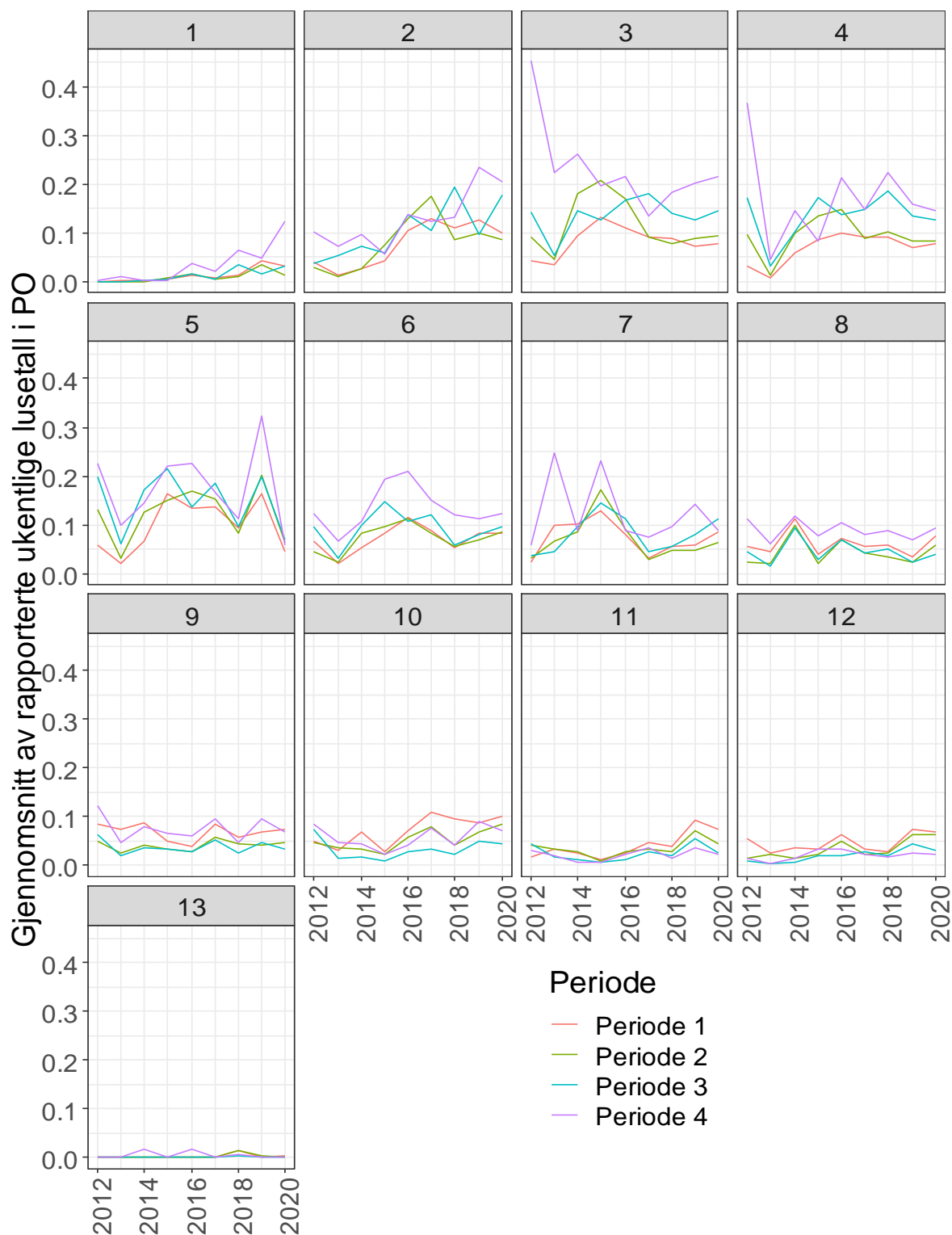




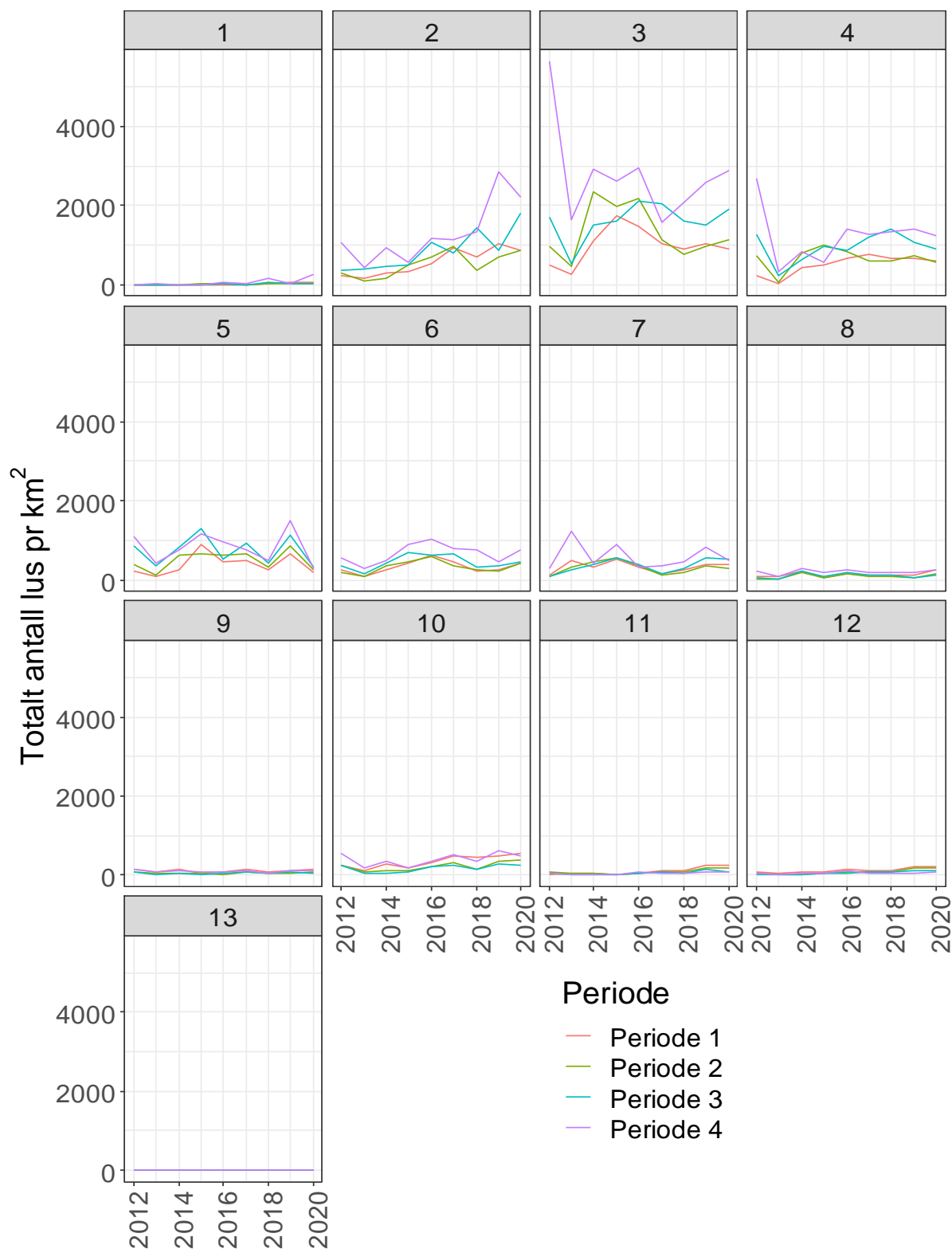
**Figur 53** Totalt antall oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2020, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0.2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Antall fisk pr km<sup>2</sup> er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirektoratet via Altinn.



**Figur 54** Biomasse oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2020, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0.2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Biomasse pr km<sup>2</sup> er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirektoratet via Altinn.



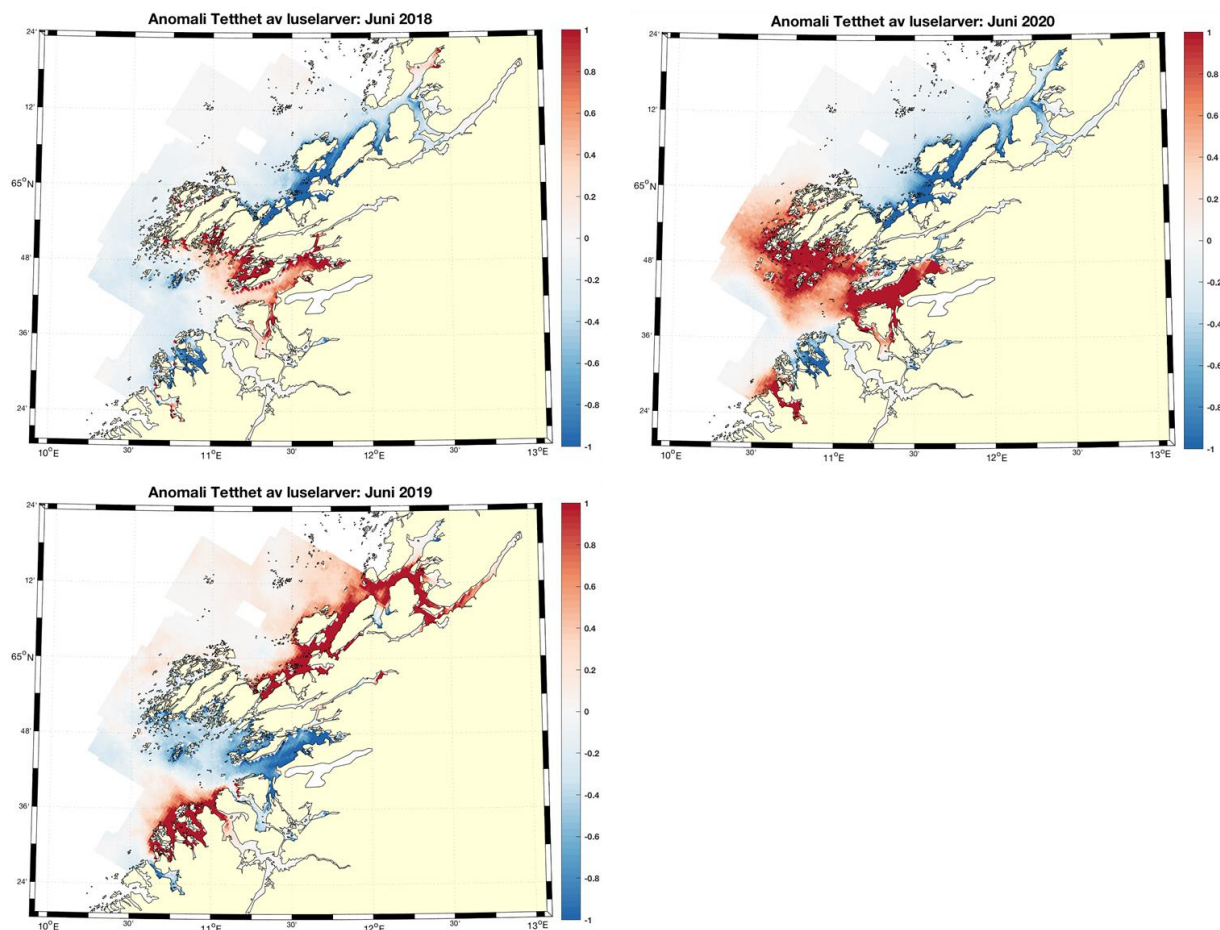
**Figur 55** Snitt antall hunnlus per oppdrettsfisk i snitt per PO i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2020, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften ( redusert lusegrense = 0.2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Gjennomsnitt av rapporterte lusetall (y-verdier) er gjennomsnitt av alle rapporterte lusesnitt for hver periode hvert år. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet.



**Figur 56** Totalt antall hunnlus per kvadratkilometer innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2020, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften ( redusert lusegrense = 0.2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Totalt antall hunnlus er produktet av rapporterte lusetall (gjennomsnitt) og rapportert antall fisk. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet og månedlige rapporteringer til Fiskeridirektoratet.

### Mellomårsvariasjon i smittepress grunnet produksjonssykluser

Et viktig og gjentagende poeng knyttet til tidstrender i trafikklyssystemet, er mønster som skyldes geografisk koordinert produksjon. Produksjonen av oppdrettslaks strekker seg i hovedsak over mer enn ett kalenderår (ofte rundt 18 måneder), og produksjonen i alle områder koordineres i større eller mindre soner. Dette fører til variasjon i hvordan smittepresset fordeler seg innad i POene mellom år, avhengig av hvilke regioner/soner som har andre års fisk i sjø. Flere studier har vist at smittepresset er langt høyere i andre året av en produksjonssyklus enn i første (Penston og Davies 2009; Vollset mfl. 2018). Det er derfor ikke mulig å trekke en konklusjon om tilstanden i et PO har forbedret seg eller forverret seg hvis man kun ser på endringer i tilstand fra et år til et annet. Dette kan best illustreres fra anomalikart fra smittepressmodellen til HI i PO7 (Figur 57). Anomalikart viser avvik fra gjennomsnitt i POet. I dette POet er utbredelsen av smittepresset avhengig av om det er partall eller oddetallsår. Dette vil igjen føre til at smittepresset er høyest sør for Vikna i partallsår, som potensielt kan påvirke utvandningsruten til laks fra Namsen (Myksvoll mfl. 2020).



Figur 57 Anomali kart fra smittepressesetimer fra Havforskningsinstituttet sin modell.

## 7. Litteratur

- Aldrin, M., Storvik, B., Kristoffersen, A.B., Jansen, P.A. (2013). Space-time modelling of the spread of salmon lice between and within Norwegian marine salmon farms. *PLOS ONE* 8, 6.
- Aldrin, M. (2016). Havforskningsinstituttets spredningsmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, notat SAMBA/15/16.
- Alver, M. O., Broch, O. J., Melle, W., Bagoien, E., Slagstad, D. (2016). Validation of an Eulerian population model for the marine copepod *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea. *Journal of Marine Systems* 160: 81-93
- Anon. (2011). Vitenskapelig råd for lakseforvaltning Kvalitetsnormer for laks – anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander. *Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning* nr. 1. 105 s.
- Anon. (2013). Kvalitetsnorm for ville bestander av atlantisk laks (*Salmo salar*). Lovdata.no
- Anon. (2015). Meld. St. 16 (2014-2015). Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Regjeringen.no
- Anon. (2017a). Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret (produksjonsområdeforskriften). Lovdata.no
- Anon. (2017b). Status for norske laksebestander i 2017. *Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning*, nr.10, 152 s.
- Anon. (2019). Status for norske laksebestander i 2019. *Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning* nr. 12, 126 s.
- Asplin L., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J., Boxaspen, K. K. (2014). Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10: 216-225.
- Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D. (2020). The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics* 70: 1151-1167
- Barlaup, B. T., Gabrielsen, S-E., Løyland, J., Schlappy, M-L., Wiers, T., Vollsett, K. W., Pulg, U. (2013). Trap design for catching fish unharmed and the implications for estimates of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on anadromous brown trout (*Salmo trutta*). *Fisheries Research* 139: 43-46.
- Bjørn, P. A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolts. *Nordic Journal of Freshwater Research* 73: 60-72.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Asplin, L., Skilbrei, O., Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M. & Boxaspen, K. K. (2011). Metodeutvikling for overvåkning og telling av lakselus på viltlevende laksefisk. I *Rapport fra Havforskningen*, 58 s.
- Broch, O.J., Daae, R. L., Ellingsen, I. H., Nepstad, R., Bendiksen, E. Å., Reed, J. L., Senneset, G. (2017). Spatiotemporal Dispersal and Deposition of Fish Farm Wastes: A Model Study from Central Norway. *Frontiers in Marine Sciences* 4: 199.
- Brooker, A. J., Skern-Mauritzen, R. & Bron, J. E. (2018). Production, mortality, and infectivity of planktonic larval sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837):

- current knowledge and implications for epidemiological modelling. *ICES Journal of Marine Science* 75: 1214-1234.
- Bui, S., Dempster, T., Remen, M. & Oppedal, F. (2016). Effect of ectoparasite infestation density and life-history stages on the swimming performance of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 387-395.
- Crosbie T, Wright DW, Oppedal F, Johnsen IA, Samsing F, Dempster T (2019). Effects of step salinity gradients on salmon lice larvae behavior and dispersal. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 181-190.
- Dawson, L. H. J., Pike, A. W., Houlihan, D. F. & McVicar, A. H. (1997). Comparison of the susceptibility of sea trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)) infections. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1129-1139.
- Dohoo, I., Martin, W. & Stryhn, H. (2010). *Veterinary Epidemiologic Research*. 865 s.
- Drenner, S. M., Clark, T. D., Whitney, C. K., Martins, E. G., Cooke, S. J. & Hinch, S. G. (2012). A Synthesis of Tagging Studies Examining the Behaviour and Survival of Anadromous Salmonids in Marine Environments. *PLOS ONE* 7, e31311
- Elvik, K. M., (2016). Posterpresentasjon på Sea Lice conference, 26-28th September, Westport, Ireland.
- Finstad, B., Kroglund, F., Strand, R., Stefansson, S. O., Bjørn, P. A., Rosseland, B. O., Nilsen, T. O. & Salbu, B. (2007). Salmon lice or suboptimal water quality - Reasons for reduced postsmolt survival? *Aquaculture* 273: 374-383.
- Fjørtoft, H. B., Besnier, F., Stene, A., Nilsen, F., Bjørn, P. A., Tveten, A.-K., Finstad, B., Aspehaug, V. & Glover, K. A. (2017). The Phe362Tyr mutation conveying resistance to organophosphates occurs in high frequencies in salmon lice collected from wild salmon and trout. *Scientific Reports* 7, 14258.
- Fjørtoft, H. B., Nilsen, F., Besnier, F., Stene, A., Bjørn, P. A., Tveten, A. K., Aspehaug, V. T., Finstad, B. & Glover, K. A. (2019). Salmon lice sampled from wild Atlantic salmon and sea trout throughout Norway display high frequencies of the genotype associated with pyrethroid resistance. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 459-468.
- Fossberg, J., Forbord, S., Broch, O. J., Malzahn, A., Jansen, H., Handå, A., Førde, H., Bergvik, M., Fleddum, A. L., Skjermo, J., Olsen, Y. (2018). The potential for upscaling of kelp (*Saccharina latissima*) cultivation in salmon-driven integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) *Frontiers in Marine Sciences* 5: 418.
- Grøn, H. H. (2016). Comparison of gillnet and trap in relation to retention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*), size selection of sea trout (*Salmo trutta*) and catch efficiency. - Comparing the two most used fishing gear in National Salmon lice monitoring Program. Master, Universitetet i Tromsø.
- Hamre, L. A., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R. & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24°C. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 429-443.
- Harvey, A. C., Quintela, M., Glover, K. A., Karlsen, Ø., Nilsen, R., Skaala, Ø., Sægrov, H., Kålås, S., Knutar, S. & Wennevik, V. (2019). Inferring Atlantic salmon post-smolt migration patterns using genetic assignment. *Royal Society Open Science* 6, 190426.

- Heuch, P. A. (1995). Experimental Evidence for Aggregation of Salmon Louse Copepodids (*Lepeophtheirus Salmonis*) in Step Salinity Gradients. *Journal of Marine Biological Association UK* 75: 927-939.
- Heuch, P. A. & Mo, T. A. (2001). A model of salmon louse production in Norway: Effects of increasing salmon production and public management measures. *Diseases of Aquatic Organisms* 45: 145-152.
- Holst, J. C. & McDonald, A. (2000). FISH-LIFT: a device for sampling live fish with trawls. *Fisheries Research* 48: 87-91.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S., Drumm, A. (2013). Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases* 36: 273-281.
- Jansen, P. A., Kristoffersen, A. B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M. & Stien, A. (2012). Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 2330-2338.
- Jansen HM, Broch, O. J., Bannister, R., Cranford, P., Handå, A., Husa, V., Jiang, V., Strohmeier, T., Strand, Ø. (2018). Spatio-temporal dynamics in the dissolved nutrient waste plume from Norwegian salmon cage aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 10: 385-399.
- Johnsen, I. A., Fiksen, O., Sandvik, A. D., Asplin, L. (2014). Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aquaculture Environment Interactions* 5: 127-141.
- Johnsen, I. A., Asplin, L. Sandvik, A. D., Serra-Llinares, R. M. (2016). Salmon lice dispersion in a northern Norwegian fjord system and the impact of vertical movements. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 99-116.
- Johnsen, I. A., Harvey, A., Sandvik, A.D., Wennevik, V., Ådlandsvik, B., Karlsen, Ø. (2018). Estimert luserelatert dødelighet hos postsmolt som vandrer ut fra norske lakseelver 2012-2017. *Rapport fra Havforskningen*, nr 28-2018. 59 s.
- Johnsen, I. A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A. D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K. A., Karlsen Ø. (2020). Salmon lice induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, i trykk.
- Jonsson, B., Jonsson, M. & Jonsson, N. (2017). Influence of migration phenology on survival are size dependent in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Zoology* 95: 581-587.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. (red.) (2016). Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. *Rapport fra Havforskningen*, Nr. 14-2016, 139 s.
- Kristofferesen B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A., Jansen, P.A. (2014). Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. *Epidemics* 9: 31-39.



- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Helgesen, K.O., Vollset, K.W., Viljugrein, H., Jansen, P.A. (2018). Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. *Epidemics* 23: 19-33.
- Krkošek, M., Connors, B. M., Ford, H., Peacock, S., Mages, P., Ford, J. S., Morton, A. mfl. (2011). Fish farms, parasites, and predators: implications for salmon population dynamics. *Ecological Applications* 21: 897-914.
- Krkošek, M., Revie, C. W., Gargan, P. G., Skilbrei, O. T., Finstad, B. & Todd, C. D. (2013). Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 280.
- Melsom, A., Skarðhamar, J., & Ådlandsvik, B. (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system – from physics to fish. *PLoS ONE*, 13(7)
- Miller, K. M., Teffer, A., Tucker, S., Li, S., Schulze, A. D., Trudel, M., Juanes, F., Tabata, A., Kaukinen, K. H., Ginther, N. G., Ming, T. J., Cooke, S. J., Hipfner, J. M., Patterson D. A., & Hinch S. G. (2014). Infectious disease, shifting climates, and opportunistic predators: cumulative factors potentially impacting wild salmon declines. *Evolutionary Applications* 7(7), 812-855.
- Mork, K. A., Gilbey, J., Hansen, L. P., Jensen, A. J., Jacobsen, J. A., Holm, M., Holst, J. C., Ó Maoiléidigh, N., Vikebø, F., McGinnity, P., Melle, W., Thomas, K., Verspoor, E. & Wennevik, V. (2012). Modelling the migration of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1616-1624.
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Kristensen, N.M., Melsom A, Skardhamar J, Ådlandsvik B (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system—From physics to fish. *PLoS One* 13: e0201338.
- Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A.B., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O., Vollset, K.W., Myksvoll, M.S. (2017). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. *Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning*.
- Myksvoll, M.S., Asplin, L., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Ådlandsvik, B., Albretsen, J., Skarðhamar, J. (2018). Modelling salmon lice copepodids along the Norwegian coast – comparing old and new particle tracking models. *Rapport fra Havforskningen*, Nr. 39-2018, 26 s. Havforskningsinstituttet.
- Myksvoll M., A.D. Sandvik, I.A. Johnsen, J. Skarðhamar, and J. Albretsen, 2020, Impact of variable physical conditions and future increased aquaculture production on lice infestation pressure and its sustainability in Norway, *Aquaculture Environment Interactions*, 12, 193–204.
- Penston, M. J., & Davies, I. M. (2009). An assessment of salmon farms and wild salmonids as sources of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) copepodids in the water column in Loch Torridon, Scotland. *Journal of Fish Diseases* 32(1): 75-88.
- Peterson, I. & Wroblewski, J. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 1117-1120.
- Sandvik A.D., I.A. Johnsen, M.S. Myksvoll, P.N. Sævik, & M.D. Skogen, (2020), Prediction of the salmon lice infestation pressure in a Norwegian fjord, *ICES Journal of Marine Science* 77: 746-756.

- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skardhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M., Skogen, M. D. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environmental Interactions* 8: 527-542.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M. & Asplin, L. (2014). Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian 'national salmon fjords'. *Aquaculture Environmental Interactions* 5: 1-16.
- Shephard, S., MacIntyre, C. & Gargan, P. (2016). Aquaculture and environmental drivers of salmon lice infestation and body condition in sea trout. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 597-610.
- Skardhamar, J., Albretsen, J., Sandvik, A. D., Lien, V. S., Myksvoll, M. S., Johnsen, I. A., Asplin, L., Ådlandsvik, B., Halttunen, E., Bjørn, P. A. (2018). Modelled salmon lice dispersion and infestation patterns in a sub-arctic fjord. *ICES Journal of Marine Sciences* 75: 1733-1747.
- Stien A, Bjørn P.A. Heuch, P. A., Elston, D. A. (2005). Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progress Series* 290: 263-275.
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Stien, L. H., Taranger, G. L. & Boxaspen, K. K. (2016). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og Havet*, særnummer 2-2016, 190 s.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S. & Boxaspen, K. K. (2011). Risikovurdering miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2010. *Fisken og Havet*, særnummer. 3-2010, 93 s.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Bjørn, P. A., Jansen, P. A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R. N., Asplin, L., Skilbrei, O., Glover, K. A., Skaala, Ø., Wennevik, V. & Boxaspen, K. K. (2012). Forslag til førstegangs målemetode for miljøeffekt (effektindikator) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på villlevende laksefiskbestander. *Fisken og Havet* 13-2012, Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7-2012.
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. & Svåsand, T. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Sciences* 72: 997-1021.
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology* 81: 500-542.
- Urke, H. A., Kristensen, T. & Ulvund, J. B. (2015). Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lardalselvi 2014. *INAQ AS 1393*, p. 19 s.
- Urke, H. A., Kristensen, T., Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O., Kjærstad, G., Stefansson, S. O., Ebbesson, L. O. E. & Nilsen, T. O. (2013). Seawater tolerance and post-smolt migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* × brown trout *S. trutta* hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82: 206-227.
- Urke, H., Kristensen, T., Ulvund, J. B. & Alfredsen, J. A. (2013). Riverine and fjord migration of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 20: 544-552.

- Vollset, K. W. (2019). Parasite induced mortality is context dependent in Atlantic salmon: insights from an individual-based model. *Scientific reports*, 9(1), 1-15.
- Vollset, K. W., Krontveit, R. I., Jansen, P. A., Finstad, B., Barlaup, B. T., Skilbrei, O. T., Krkošek, M., mfl. (2015). Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries* 17: 714-730.
- Vollset, K. W., Halttunen, E., Finstad, B., Karlsen, Ø., Bjørn, P. A., Dohoo, I. (2017). Salmon lice infestations on sea trout predicts infestations on migrating salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science* 74: 2354-2363.
- Vollset, K. W., Qviller, L., Skår, B., Barlaup, B. T., & Dohoo, I. (2018). Parasitic sea louse infestations on wild sea trout: separating the roles of fish farms and temperature. *Parasites & vectors* 11(1), 609.
- Vollset, K. W., Barlaup, B. T., & Friedland, K. D. (2019). Context-dependent impact of an ectoparasite on early marine growth in Atlantic salmon. *Aquaculture* 507: 266-274.
- Wagner, G. N., McKinley, R. S., Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2003). Physiological impact of sea lice on swimming performance of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 62: 1000-1009.
- Wagner, G. N., Fast, M. D. & Johnson, S. C. (2008). Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in Parasitology* 24: 176-183.
- Ådlandsvik, B., (2015). Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. *Rapport fra Havforskningen*, Nr. 20-2015, 59 s.

## 8. Appendiks

I: Oversikt over laksevassdrag og utvandringstidspunkt

II: NALO

III: Fysisk miljø 2020

IV: Modellering av smittsomme lakseluslarver (HI)

V: Påvirkning fra lakselus på vill laksefisk (HI)

VI: Utvandring av virtuell postsmolt 2020 (HI)

VII: Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet for villaks for 2020 (VI)

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

IX: Ny modell smoltutvandring

X: Bidrag villaks smittepress

XI: Skjema for vurdering