

Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2019



Ekspertgruppens nestleder og redaktør:

Knut W. Vollset*, *Forsker ved NORCE*

Ekspertgruppens leder:

Frank Nilsen, *Professor ved Universitetet i Bergen*

Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):

Ingrid Ellingsen, *Seniorforsker ved SINTEF Ocean AS*

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

Kari O. Helgesen, *Forsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

Ørjan Karlsen, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

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

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: Bjørn T. Barlaup

* K.W. Vollset har fungert som stedfortredende leder og redaktør i slutføringen av rapporten. F. Nilsen har fungert som leder for ekspertgruppen fram til 1. oktober og i etterkant vært deltagende på alle møter hvor avgjørelser rundt konklusjoner har blitt gjort. F. Nilsen har lest og godkjent alt innhold i den endelige rapporten.

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Helgesen, K.O., Karlsen, Ø., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, Qviller, L., O., Dalvin, S. 2019. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2019. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

Innholdsfortegnelse

1.	Bakgrunn	5
2.	Definisjoner og begreper	7
3.	Metodebeskrivelse og datagrunnlag	12
3.1.	Data fra oppdrett	13
3.2.	Overvåkingsdata	14
3.3.	Modeller	14
3.4.	Oppdatering av metoder for 2019 sesongen.	18
4.	Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen	19
4.1.	Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk	19
4.2.	Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus	19
4.3.	Mellomårlig variasjon og sesongutvikling	21
4.4.	Usikkerhet i kildeleddet	21
4.5.	Dødelighet i pelagiske stadier	21
4.6.	Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering	21
4.7.	Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering	22
4.8.	Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering	23
4.9.	Villfisk og rømt oppdrettslaks som bidragsyttere	23
4.10.	Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt	23
4.11.	Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn	24
4.12.	Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur	25
4.13.	Tråling	26
5.	Vurdering av status i produksjonsområdene	27
5.1.	Fremgangsmåte i vurdering av produksjonsområdene	27
5.2.	Vurdering av konklusjoner fra 2018	28
5.3.	Vurderinger av 2019	30
5.4.	Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren	31
5.5.	Produksjonsområde 2: Ryfylke	34
5.6.	Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	38
5.7.	Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt	42
5.8.	Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	46
5.9.	Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag	50
5.10.	Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	54
5.11.	Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø	58
5.12.	Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	62
5.13.	Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	65
5.14.	Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	69
5.15.	Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	72
5.16.	Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	75
5.17.	Utvikling over tid	78
6.	Konklusjoner	79
7.	Litteratur	80
8.	Appendiks	84

Sammendrag

Ekspertgruppen som vurderte lakselusindusert dødelighet i 2016 og 2017 ble forespurt om å fortsette dette arbeidet i 2018 og 2019. Med bakgrunn i denne forespørselen, har Ekspertgruppen vurdert status for lakselusindusert dødelighet i hvert produksjonsområde, og har lagt ekstra vekt på usikkerhet i konklusjonene. I årets vurdering benyttes i store trekk samme metodikk som i 2016-2018, men etter et ønske fra Styringsgruppen er usikkerhetsvurderinger for hver metode innen hvert produksjonsområde (PO) beskrevet i mer detalj. Grunnet korte tidsserier er det ikke utført statistiske trendanalyser.

I sin vurdering har Ekspertgruppen benyttet data fra nasjonalt overvåkningsprogram for lakselus (NALO), resultater fra modellert smittepress og resultater fra modeller som beregner smitte og dødelighet på vill laksesmolt (virtuelle smoltmodeller). Vurderingene for 2018 er rapportert i en egen rapport sendt til styringsgruppen høsten 2018. Modellene har blitt videreutviklet siden vurderingen i 2018. De nye analysemetodene for 2019 ble derfor også utført på data fra 2018 for sammenligning. Det var noen mindre endringer som påvirker sikkerheten til konklusjonene for noen av POene, men det ble vurdert til å ikke påvirke konklusjonene fra rapporten i 2018. Endringene er omtalt i denne rapporten.

I 2018 var lakselusindusert villfiskdødelighet i PO3 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO2, PO4, PO5 og PO7 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10-30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO6, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12 og PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

I 2019 var lakselusindusert villfiskdødelighet i PO4 og PO5 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO3 og PO10 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10-30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO2, PO6, PO7, PO8, PO9, PO11, PO12, PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

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

«Mandat ekspertgruppe 2018-2019

Ekspertgruppen opprettes av styringsgruppen for to år av gangen fra og med 2018. 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 anbefaling om lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. 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.

HI, VI og NINA dekker sine utgifter til dette arbeidet innenfor tildelte rammer. HI dekker i tillegg utgifter til de øvrige involverte parter innenfor sine rammer.

Spesielt for 2019:

Med bakgrunn i ekspertgruppens sjøørretrapport «Vurdering av kunnskapsgrunnlaget for å implementere lakselus på sjøørret som en bærekraftsindikator i produksjonsområdeforskriften» skal ekspertgruppen initiere arbeidet med den foreslåtte analysemetoden på tapt marint leveområde for sjøørret på grunn av potensiell lakselusinfeksjon. Kunnskapsnivå og grad av sikkerhet i vurderingene skal vektlegges og beskrives. Arbeidet skal belyses i ekspertgruppens rapport for lakseluspåvirkning på villaks i 2019 i form av et vedlegg.

Rapporten som leveres innen 15. oktober 2019 skal i likhet med de foregående rapportene legge hovedvekt på påvirkningen på villaks.»

I mandatet til ekspertgruppen spesifiseres det at det skal gis en vurdering av «lakselusindusert villfiskdødelighet» i hvert av de 13 POene, og at dødeligheten skal baseres på dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg. Dette krever en

klargjøring av ekspertgruppens tolkning av begrep som blir brukt i rapporten. En detaljert diskusjon om definisjoner og begreper er derfor gitt i kapittel 2.

Ekspertgruppen har gjort en overordnet analyse av lakseluspåvirkning i de ulike POene på basis av all tilgjengelig kunnskap. Publiserte vitenskapelige artikler og offentlige rapporter er sitert der det er relevant. Metodene som har blitt brukt er presentert i kapittel 3.

I mandatet er det lagt spesifikt vekt på at all usikkerheten i vurderingene skal komme fram. For å svare på dette har gruppen presentert et eget kapittel med generelle vurderinger av forutsetninger og usikkerheter for hver metode (Kapittel 4). I tillegg blir usikkerheten til hver vurdering i hvert PO presentert i kapittel 5. Nytt for året er at ekspertgruppen i tillegg til å vurdere usikkerheten til konklusjonene av lakselusindusert dødelighet for hvert PO, også har gjort en vurdering av usikkerheten for hver metode innen hver PO. Dette er gjort for å bedre synliggjør hvordan gruppen har vektlagt de forskjellige datakildene og modellresultatene i hver vurdering.

Det påpekes konkret i mandatet at gruppen skal forsøke å se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender. Ekspertgruppen er samstemt i at en trendanalyse basert på så korte tidsserier som er tilgjengelig (2016-2019), ikke er hensiktsmessig, og har derfor valgt å se bort fra dette. Vi har utdypet dette i kapittel 6.

Som ved tidligere rapporter har gruppen tolket mandatet at villfisk inkluderer laks, sjørørret og røye, men at vi per dags dato kun har kunnskap til å gjøre en vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet på utvandrende post-smolt av laks. Vurderingen av sjørørret er under utvikling, og første versjon av en slik vurdering er vedlagt som en egen rapport. Ekspertgruppen påpeker at vi ikke har lagt vekt på sjørørretrappen i vurderingen gjort i hovedrapporten.

Mye av teksten fra de foregående rapportene har blitt videreført inn i denne rapporten (Kapittel 1-4), men har blitt oppdatert med ny kunnskap og også vurdert og godkjent av nye medlemmer.

Ekspertgruppen har i 2018 fått 2 nye medlemmer – Lars Qviller og Kari O. Helgesen. Disse erstatter medlemmene Peder Jansen og Anja Kristoffersen fra Veterinærinstituttet.

2. Definisjoner og begreper

Lakselusindusert dødelighet

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

Risikoforskjell (RF) er 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 sånt 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 er det i 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).

Dødelighet på laksefisk i naturen kan være høyere eller lavere enn det som registreres i laboratorieundersøkelser med sammenlignbare infestasjoner. Effektene av lakselus har vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks som også er påvirket av andre faktorer, som for eksempel dårlig vannkvalitet (Finstad mfl. 2007). Videre kan svekket fisk i naturen utsettes for en økt predasjonsrisiko (Thorstad mfl. 2012), ha dårligere evne til selv å beite, dårligere vekst eller endret risikovillighet, og dette vil påvirke blant annet alder ved kjønnsmodning og investering i reproduksjon (Miller mfl. 2014). Et redusert immunsystem kan derfor resultere i økt dødelighet på grunn av tilleggsfaktorer i naturen som fisken er beskyttet mot i laboratoriet, og dette kan ha betydning for fastsettelse av kritiske terskelnivå for dødelighet (Bjørn & Finstad 1997). På den andre siden kan imidlertid fisken ikke reagere atferdsmessig til lusepåslaget i laboratoriet, det vil si at den ikke kan søke til avlusingsområder med lav saltholdighet. Det er ikke dokumentert prematur tilbakevandring hos utvandrende postsmolt av laks, men laks vandrer relativt høyt i vannsøylen, og det er spekulert i om den følger ferskvannstrømmen utover. Det er derfor mulig at adaptiv atferd i naturen kan redusere dødeligheten i forhold til verdier funnet i laboratorieundersøkelser.

Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012) er basert på relativt få laboratorieforsøk, og verdiene har vært betraktet som førstegenerasjons indikatorverdier. Ekspertgruppen har i tidligere rapporter påpekt at det behøves flere forsøk for videre verifisering og validering, gitt viktigheten av disse grensene. I appendiks XI har derfor et utvalg av ekspertgruppens medlemmer fått i oppgave å oppsummere og vurdere alle nye studier på dødelighetsgrenser (publisert og ikke publisert), som er gjort etter Taranger mfl. (2012). Se 4.1 for en oppsummering av dette arbeidet.

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 allikevel kan påvirke populasjonsveksten 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 villfiskdødeligheten basert på grenseverdier?

Det er flere problemstillinger med å regne ut en *lakselusindusert villfiskdødelighet* basert på enkle terskelverdier. En av hovedproblemstillingene er at vi vet at effekten av lus er kontekstavhengig. En studie av Vollset mfl. (2015) har vist at effekten av lus er direkte korrelert med den generelle overlevelsen i havet, slik at i år med dårlig overlevelse er effekten av lus stor, mens i år med god overlevelse er effekten av lus nesten ikke målbar. Et nyere studie av Vollset mfl. (2019) viser også at påvirkning på post-smolt vekst kun er tilstede i perioder med lav sjøoverlevelse. Grenseverdiene må altså sees på som dødelige i en sannsynlig kontekst (forhold i havet).

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

for å dø av lakselus i utgangspunktet uansett hadde hatt en høyere sannsynlighet for å dø. Vi vet derimot lite om størrelsesavhengig dødelighet hos postsmolt av laks, dermed er det ikke mulig å beregne hva en slik effekt vil ha på estimatene våre (se Jonsson mfl. 2017). Ekspertgruppens vurderinger i denne rapporten er på dødelighet på hele populasjonen av utvandrende post-smolt av laks, og tar dermed ikke høyde for om deler av populasjonen har lavere eller høyere sannsynlighet for å dø av andre årsaker.

Bestand, populasjon og populasjonskompleks

Uttrykkene bestand og populasjon brukes om hverandre i norsk lakseforvaltning. I økologi brukes ofte bestand om populasjonsenheter det høstes på, mens populasjon brukes i mer vitenskapelig sammenhenger. Populasjon er 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 PO. Innen hvert PO er det flere populasjoner ettersom man forvaltningsmessig opererer med en bestand av laks i hver elv. Dette betyr i praksis at for et produksjonsområde vil «populasjonen» faktisk bestå av flere populasjoner fra hver elv.

Utfordringer ved å trekke konklusjoner over et helt produksjonsområde

Vektlegging av de enkelte bestandene (eller populasjon i hver elv) 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* – Utregning 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* – Baserer vurdering på gjennomsnittsestimater for hele POet. Det er to måter å regne ut en gjennomsnittlig dødelighet på: 1) at man regner ut prosent dødelighet for hver elv, vekter hver elv like mye og regner ut snittet av disse estimatene, og 2) vekter hvert estimat basert på potensiell smolt produksjon fra hver elv. Metode nummer 2 vil være det samme som å regne ut hvor stor andel av total antall smolt produsert i hele POet som dør.
- 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 i forhold til politiske dokumenter (eksempelvis nasjonale laksefjorder), eventuelt å legge vekt på oppnåelse av gytebestandsmål og sårbarhet i område.

I mandatet til ekspertgruppen er det ikke lagt opp til at ekspertgruppen skal ta hensyn til viktigheten av elvene i forhold til politiske dokumenter eller grad av sårbarhet¹. Dermed er den eneste muligheten vi har i dette dokumentet å framlegge utregninger som kan brukes til tilnærming A og B (se ovenfor). Hovedproblemstillingen med tilnærming A er 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

¹ 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).

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 Alta i Finnmark).

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

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

Definisjon av risiko og usikkerhet

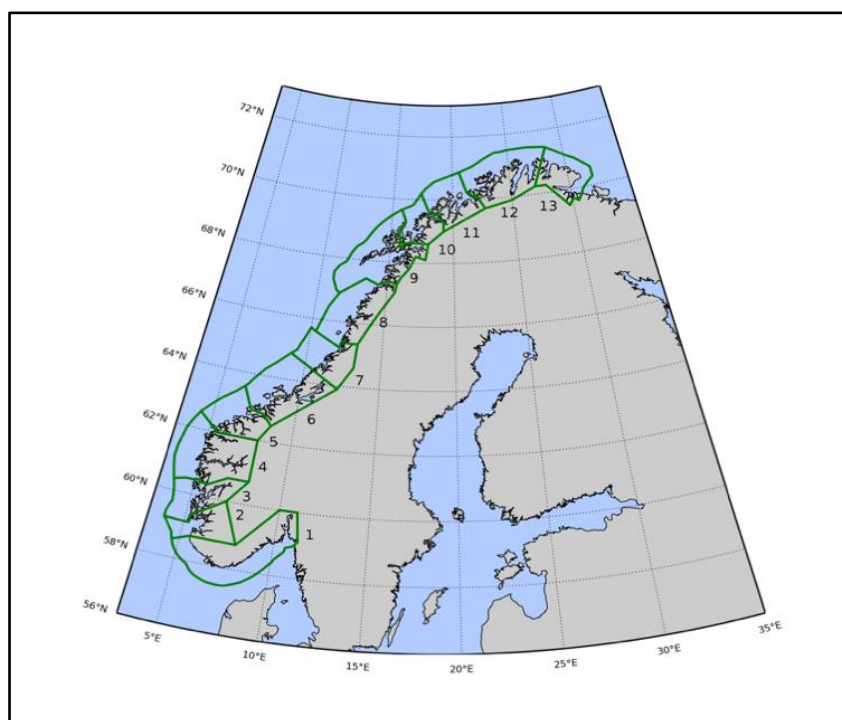
I tidligere rapporter ha uttrykket *risiko* blitt brukt noe inkonsekvent. Dette er en ganske vanlig feil ettersom det er normalt å bruke uttrykket risiko i dagligtale på en mer generell måte når man snakker om muligheten for at noe uønsket skal inntreffe. En mer korrekt faglig definisjon av risiko er at det er en kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens. Dette blir kanskje enda mer forvirrende når risiko også brukes i de epidemiologiske uttrykkene for lakselusindusert dødelighet. For å unngå forvirring har vi i den videre teksten unngått å bruke uttrykket risiko (med mindre det refereres til andre arbeid der risiko uttrykket 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. Per definisjon er disse grensene definert slik at konsekvensen er høy hvis dødeligheten er >30%, og dermed følger det at hvis en slik konsekvens har en sannsynlighetsovervekt vil det per definisjon være en høy risiko. Vi anser det derimot ikke som vårt mandat å vurdere om risikoen er høy eller ikke.

Et annet begrep som brukes er 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)². 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.

² 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). Graden av utveksling av lakselus mellom anleggene (konnektivitet) er lagt til grunn for naturlige 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 i ulike 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 for vurdering av POene:

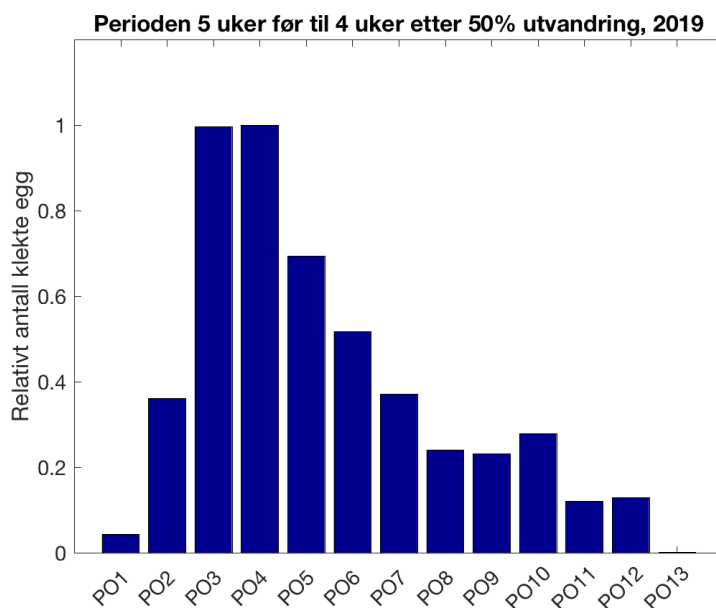
- Utslipp av klekte nauplier (eggproduksjon) fra oppdrett i tid og rom
- Overvåkingsdata fra NALO (Nasjonal overvåking av lakselus på vill laksefisk).
- Modellert smittepress og estimert smoltdødelighet

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 kjønnsmodne/voksne hunnlus på oppdrettsfisk estimeres det at det klekkes 300 egg hver uke, og reproduksjonspotensialet er dermed stort (Stien mfl. 2005). I et oppdrettsanlegg med flere hundre tusen fisk vil selv få hunnlus på enkelte 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 oppdrettet laksefisk i hele landet er vist i figur 2.



Figur 2. Produksjon av egg i alle produksjonsområder. Produksjonen av egg er beregnet rundt tiden hvor laksesmolten utvandrer

Nauplius 1 og 2 larver er ikke smittsomme. Først ved neste stadium utvikler lakselus seg til smittsomme kopepoditter. Varigheten av stadiene er avhengig av vanntemperatur (Samsing mfl. 2016), og varer for de to naupliestadiene 7 dager ved 7 °C og 2 dager ved 15 °C, mens kopepodittstadiet varer 13 og 10 dager ved hhv. 7 og 15 °C. Om kopepoditter ikke finner en vertsfisk, dør de av sult.

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

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

Appendiks IV *Hydrodynamisk spredningsmodellering* inneholder figurer som viser antall klekte egg per måned, for årene 2012 – 2019. 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 støtter 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 m³ lukkede merder som henger fra 0,5-1,5 m dypde (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. Oppdrettsmolten som benyttes (80-100 g) er betydelig større enn villsmolt (15-25 g), og smittepresset vurderes derfor ut ifra antall lus per fisk, og ikke antall lus per gram fiskevekt. 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. 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 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. 4.12.

Det foretas prøvefiske med *ruse* og *garn* i alle POene. Ruse er det foretrukne redskap da fisken fanges levende. Rusene er utstyrt med ledegarn som strekker seg fra land og leder fisken ut til ett fangskammer hvor fisken fanges levende. Fangstkammeret står 30-50 m fra land, på 1-2 m dypde (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 16-26 mm, som 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, avlives, og lus i de ulike stadiene telles umiddelbart. Fiskens lengde og vekt registreres. Alle som utfører lusetelling 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). Bare fisk < 150 g benyttes i vurderingen, og for hver fisk regnes antall lus i alle stadier per gram fiskevekt. Det skilles ikke på sjørørret og sjørøye. Dødelighetsestimatene presenteres som estimat med konfidensintervaller. Metoden er vurdert i kap. 4.12.

3.3. Modeller

I rapporten brukes resultater fra modeller som beregner fordelingen av lakselus i rom og tid langs hele kysten. Modellresultatene benyttes til å beregne 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 spredning av 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 med vannbåren transport er de samme. Veterinærinstituttet bruker en statisk 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 egentlig 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 detaljer).

Først beregnes utslipp (antall) av nyklekte larver fra alle rapporteringspliktige oppdrettsanlegg (Stien mfl. 2005). Når luselarvene så er klekket ut i vannmassene opplever de temperatur, saltholdighet og strøm (fra den hydrodynamiske modellen) i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om lakselusas utviklingshastighet, atferd og dødelighet blir det beregnet hvordan larvene 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. Kopepodittetthetskartene (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. Kopepodittkonsentrasjonen er summert over 0-2 meters dybde, hvor det er antatt at postsmolten befinner seg. Hvor mye smitte villfiskene utsettes for vil henge sammen med antall lakseluslarver i området.

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 2019. For å sikre at arkivet har best mulig kvalitet, oppdateres det fortløpende når for eksempel ny kunnskap om lakselusens biologi er tilgjengelig (som beskrevet under "Oppdatering av HI sine modell systemer"). I tillegg produseres det ukentlig 10-dagers gjennomsnittsverdier som publiseres på www.lakselus.no.

Kopepodittetthetskartene 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 kopepodittkonsentrasjonen. Det ene produktet betegnes *HI smittepress* eller *ROC* (*Relative Operating Characteristic*) etter metoden som er benyttet til å beregne smittepress fra tetthetskartet. *HI smittepress* 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. (2019) 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 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) HI smittepress 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 30 dager, 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 laksefisken få på seg mellom 2 og 6 lus.

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). Videre kategoriseres denne indeksen i lav, moderat og høy basert på grenseverdiene $I < 10\%$, $I = 10-30\%$ og $I > 30\%$. Dette kan tolkes som at hvis et lite areal av området har et forhøyet smittepress ($I < 10\%$) støtter denne metoden kategorisering av POet i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, mens hvis et relativt stort areal av området har et forhøyet smittepress ($I > 30\%$) støtter denne metoden kategorisering av POet i høy lakselusindusert villfiskdødelighet. 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. For å vurdere hvor sensitiv denne metoden er for å kategorisere POene ble samme modeller kjørt med dobbelt så høye grenseverdier for lakseluseindusert villfiskdødelighet (det vil si kategorisering av arealet i rødt er definert ved 12 lus istedenfor 6 lus).

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 tabell 1 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 også 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 luseelarver 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) 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 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, utvandningsmodellen: Her brukes påslagsmodellen til å beregne påslag på utvandrende smolt fra alle vassdragene. Modellen beregner påslaget for hvert vassdrag på tre ulike tidspunkt; ett ved utvandningsperiodens startdato, ett ved 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 tre uker. Langs sin vei oppholder smolten seg i kjente smittepress i en kjent tidsperiode, slik at akkumulerte påslag kan beregnes ved hjelp av påslagsmodellen.

Steg 4, dødelighetsmodellen: Utvandnings- og påslagsmodellen brukes så til å simulere lusepåslag på 100 000 virtuelt utvandrende smolt, der antall lus per fisk er negativ binomialfordelt. Dødelighetsprognoser for 20 grams smolt (Taranger mfl. 2012, Kapittel 2) brukes videre til å beregne andel døde av de virtuelle smoltene.

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

Resultatene presenteres både på vassdragsnivå, og som vektete og uvektete gjennomsnitt for POene. Vektingen er hvert vassdrags potensielle smoltproduksjon. Resultatene kategoriseres deretter: lav beregnet lakselusindusert dødelighet som dødelighet < 10 %, moderat beregnet lakselusindusert dødelighet som dødelighet 10 – 30 % og høy beregnet lakselusindusert dødelighet som dødelighet > 30 %. Usikkerheten i risikoestimatene beskrives som stor hvis verste scenario anslår stor 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 utvandningsperioder, utvandningsprogresjon 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. Egg som slippes fra anleggsposisjonene spres med simulert strøm. Feltet av luselarver er i tillegg gitt en vertikal adferd der de svømmer oppover for å holde seg i de øvre 7 m av vannsøylen, eller nedover for å unngå for ferske vannmasser (mindre enn 20 promille i saltholdighet). Utviklingshastigheten fra 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. Metoden gir variasjon i utvandningsruter, men den forutsetter også at strømmen går utover i overflaten i fra elvemunning til kyst. Dette er ikke alltid tilfelle. Modellen vil derfor mangle data for enkelte elver. Burdata fra 2018 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 Tabell 1. Modellen gir estimater for elver i PO 2 til 7. Mer informasjon om modellsystemet finnes i Appendiks VIII.

3.4. Oppdatering av metoder for 2019 sesongen.

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

Oppdatering av HI sine modellsystemer

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>). Det har blitt utført en grundig sammenligning av resultatene fra ny og gammel versjon som viser at selv om resultatene er relativt like avviker de såpass mye at det var nødvendig med en recalibrering av smittepresskartet (ROC) og den virtuelle smoltmodellen (Myksvoll mfl. 2018a). 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 Havforskningsinstituttets lakselusmodell, til erstatning fra den gamle saltholdighets unnvikelsen på 20 (Heuch 1995). Den nye metoden er validert mot vaktbursdata fra 2012- 2107 og viste en betydelig forbedring av det estimerte smittepresset (Sandvik mfl. 2019).

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, og ved at metoden for å beregne sammenhengen mellom predikert og observert påslag av lus på utvandrende postsmolt er endret (Johnsen mfl. 2019).

Oppdatering av VI sine modellsystemer

Veterinærinstituttets virtuelle smoltmodell er også oppdatert, med følgende endringer etter rapporten fra 2017: 1) Påslagsmodellen som beregner sammenhengen mellom smittepress og påslag er oppdatert. VI bruker nå lusepåslag på smolt i bur fra og med 2012 til og med 2018 til kalibrering, og data fra 2019 til validering av modellen. 2) Det er rettet opp avvik i beregning av forsinkelse mellom påslag og observerte lakselus; og 3) det er rettet opp mindre feil i kildekode.

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. Den Eulerske modellen for spredning og utvikling av pelagiske stadier av lakselus er ikke endret, og det brukes samme tilnærming for utvandring av virtuell smolt. Det brukes også samme metode for beregning av påslag, men parameterne er justert ut fra burdata fra 2018 og 2019.

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 den er meget avgjørende for estimatene av *lakselusindusert dødelighet* og fordi ekspertgruppen har påpekt svakheter med metodikken for å komme fram til grenseverdiene. I appendiks XI har derfor et utvalg av ekspertgruppen (Ø.K., B.F. og F.N.) gått gjennom all tilgjengelig data (publisert og upublisert) og vurdert om det per dags dato er grunnlag for å endre på grenseverdiene. Gjennomgangen viser at to av de seks forsøkene som er gjennomgått har enten svært lave luseinfestasjoner, eller er designet med andre formål enn å studere fysiologi og dødelighet. Av de gjenværende støtter to av villfiskforøkene opp om de tidligere forslåtte grenseverdiene i indikatorrapporten, mens ett foreslår høyere grenseverdier for dødelighet, men indikerte også tydelig veksttap på lavere infestasjoner. Forsøket med kultivert fisk indikerer fysiologiske målbare effekter omtrent som i indikatorrapporten, men lavere dødelighet. Etter en gjennomgang av disse forsøkene, og sammenholdt med tidligere forsøk, og vurdert opp mot usikkerheten i overføringsverdien fra karforsøk til naturen, konkluderer vi med at vi ikke har grunnlag for å endre grensene 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 vil derimot avhenge sterkt av bestandsstatus. For eksempel hvis reduksjonen i fisk fører til at antall voksne laks som kommer tilbake er under gytebestandsmål (GBM), vil effekten ha en større negativ konsekvens for bestanden enn hvis gytebestandsmål uansett blir oppnådd med stor margin. En bestandsreduksjon som følge av lus vil imidlertid ha konsekvenser selv om gytebestandsmål oppnås fordi andelen av bestanden som kan høstes vil

bli mindre. I Kvalitetsnormen for ville bestander av laks (Anon. 2013) er vurdering av normalt høstbart overskudd 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 vil påvirkes i stor grad av de samme forholdene i havet (det vil si forhold etter fisken har forlatt kysten) slik at et avvik i enkeltbestander som ikke kan tilskrives noe annet enn lakselus kunne i teorien være en måte å evaluere effekten av lakselus på. Dette er derimot svært komplisert fordi fisk fra forskjellige kohorter og bestander kommer tilbake etter forskjellige antall år i sjøen, vandrer ut på forskjellige tidspunkt, og har forskjellige utgangspunkt i forhold til størrelse og utvikling. Vi mener allikevel at det er grunn til å ta bestandsstatus med i betraktning når man evaluerer en eventuell effekt av lakselus. For eksempel, i områder der man har sterke høstbare bestander, selv om modellestimatene tilsier at det er stor lakselusindusert dødelighet, så er dette åpenbart feil. Dette betyr ikke at lakselus er uten påvirkning på bestanden, men viser at modellen ikke reflekterer virkeligheten godt nok. På samme måte kan det motsatte skje der modellene indikerer lav påvirkning, mens det samtidig er dårlig bestandsstatus. Slike situasjoner er derimot ofte mer komplekse ettersom det ikke nødvendigvis er en logisk kobling mellom at det er dårlig tilstand i gytebestanden og effekter av lus. Slike hensyn må tas når man gir råd i forhold til påvirkning av lakselus.

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning gjorde i 2017 en nasjonal analyse av hvor stor del av variasjonen i bestandsstatus den eldre lusemodellen til VI (Kristofferesen mfl. 2017) 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 estimerte 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 sjøalder fordelingen 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 estimer) 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.

Et annet viktig resultat fra rapporten var at samsvaret mellom modellprediksjonene og tapet i innsig var bedre for HI sin modell enn for VI sin modell, men estimert tap i innsig var noe

lavere enn forventet på de høyeste dødelighetsestimatene. Dette stemmer overens med ekspertgruppens vurderinger av enkelte elvers estimater for HI modellen som virker til å generere veldig høye dødelighetsestimater spesielt i elver med lang vandringsavstand, og at VI sin modell virker å konsekvent underestimere dødelighetsestimatene. Gruppens vurdering av disse resultatene er at de virtuelt smolt modellene 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 oppdrettsfisk rapportert fra alle anleggene i Norge er viktige inngangsdata for alle modeller som beregner smittepress. Kvaliteten på de innrapporterte tallene påvirker i stor grad kvaliteten på modellresultatene. Dette gjelder både presisjon i selve tellingen og nøyaktig tidspunkt for denne (se avsnitt 1.2 i Karlsen mfl. 2016). Det har ved flere anledninger blitt påpekt at det er behov for informasjon om eksakt dato for når de rapporteringspliktige observasjonene ble foretatt. Slik det er 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). Dette bidrar til en unødvendig usikkerhet i modellestimatene. I tillegg, rapporterer slakterier ikke antall fisk eller antall lus per fisk i fra slaktermerdene kan disse bidra til usikkerhet når kildeleddet, som er utgangspunktet for modellestimatene, skal beregnes.

4.5. Dødelighet i pelagiske stadier

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

4.6. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering

Tetthetskartene er beregnet med utgangspunkt i rapporterte kilder (utslipp fra anlegg), og generelt knytter det seg en usikkerhet til disse siden antall fisk og antall lus pr. fisk bare rapporteres henholdsvis en gang i måneden og en gang i uken. I tillegg knytter det seg også en ukjent usikkerhet til hvor mange nauplier som klekkes fra slaktermerder, da disse ikke er rapporteringspliktige.

Kvaliteten på modellsystemet har blitt belyst i en rekke studier i ulike fjordsystem (Asplin mfl. 2014, Johnsen mfl. 2014, Johnsen mfl. 2016, Skardhamar mfl. 2018), inkludert validering av

lakseluspåslag på smolt i vaktbur (Sandvik mfl. 2016, 2019), mot lus på garn- og rusefanget fisk fra overvåkingsprogrammet (Myksvoll mfl. 2018b) og mot lus på trålfanget postsmolt laks med kjent opphavselv (Johnsen mfl. *in review*).

I kolonnen *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. 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 6 lus per fisk er sannsynligvis en for lav verdi når vi summerer over 30 dager. Vi har derfor også gjort en sensitivitetsanalyse der grenseverdien ble doblet til 12 lus per fisk. 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). 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. Metoden 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 VIII). Det er med andre ord i liten grad systematiske trender mellom områder eller år i den uforklarte variasjonen. Modellen ser også ut til å gi forventningsrette prediksjoner for 2019 (Figur 2 i appendiks VII). Et unntak er imidlertid Sognefjorden, der modellen ser ut til å underestimere antallet lus på smolt.

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 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 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. Det gir dynamiske utvandningsmønstre. Modellen er tidligere vurdert opp mot observert utvandring fra Eira, men utvandringen 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 oppdrettslaks som bidragsyttere

I områder med få oppdrettsanlegg og mye villfisk kan lakselus på vill laksefisk bidra til det lokale smittepresset. For å eksemplifisere dette; i 2016 var innsiget av villaks 470 000 laks (Anon 2017b) og antallet sjøørret og sjørøye er tidligere grovt estimert til rundt 1 million (Heuch mfl. 2001). Dette er allikevel ubetydelige tall sammenlignet med et årlig estimert antall i overkant av 300 millioner oppdrettslaks i merdene langs norskekysten (Svåsand mfl. 2016 og avsnitt 1.2.4. i Karlsen mfl ,2016).

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 natta. Slike forhold må derfor tas hensyn til når man vurderer sannsynligheten for lakseluspåslag gjennom postsmoltens utvandningsrute.

Utvandningsruter: Vi vet vi lite om postsmoltens vandringsruter gjennom fjorden og hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og grunnlinja. Vandringshastighet i kombinasjon med vandringsavstand og utvandringstidspunkt kan brukes til å definere eksponeringstid og optimalt samplingstidspunkt for lakselus. Et viktig moment er derfor oppholdstiden til postsmolten i relevante fjord- og kyststrøk. Det er stor variasjon mellom individene med hensyn til vandringshastighet, men hastigheten ligger hovedsakelig i området mellom 0,8-1,5 kroppslengder per sekund (Thorstad mfl. 2012; Urke mfl. 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: Metodene for å vurdere utvandringstidspunkt for lakseelver i Norge er presentert i tidligere rapporter og også i appendix I til denne rapporten. Nytt for 2019 er at det er gjort et forsøk på å utvikle en prediksjonsmodell for utvandring av laksesmolt basert på vassdragenes beliggenhet og nedbørfeltsdata (Appendiks IX). Som det kommer fram av vedlegget har ikke metoden med bruk av nedbørfeltsdata som er første steg i modelltilpasningen, noen bedre prediksjonsevne enn en modell som kun bruker breddegrad som forklaringsvariabel. Dette har sammenheng med at det er en romlig autokorrelasjon i nedbørfeltsdata som gjør at det er umulig å separere effekten av breddegrad og disse forklaringsvariablene.

Til rapportering til produksjonsområdeforeskriften i 2019 er det derfor nødvendig å gjøre en spesiell vurdering om utvandringen fra vassdragene i de forskjellige regionene var tidligere eller senere basert på tilgjengelige overvåkningsdata. Vi har derfor i etterkant av presentasjonen av modellen gjort en oppsummering av ny kunnskap om utvandring av laksesmolt i Norge og vurdering av om utvandringen var sent eller tidlig i 2018 og 2019. Denne vurderingen tilsier at det var en tidlig start på utvandringen i enkelte vassdrag i Hardangerfjorden i 2019, med en første utvandringstopp i slutten av april, noe som kan være tidligere enn «normalt». Utvandringen i vassdrag som Granvin og Eio foregikk i om lag 40 dager, noe som er i tråd med forventet lengde på utvandringstidspunktet. Data fra Guddalselva, Etne og Vosso i 2019 tyder ikke på at økningen i vannføring i slutten av april utløste noen betydelig utvandring i disse vassdragene som hadde utvandringstidspunkter som ikke avvek mye fra langtidsmedianer. For 2018 spriker dataene en god del slik at det er vanskelig å dra noen klar konklusjon, men starten på utvandringen (vurdert ut fra 25 % akkumulert fangst) var jevnt over 1-1,5 uke senere i 2018 enn i 2019 i vassdrag med sammenliknbare data. Utvandringen i 2018 synes å ha vært senere enn «normalt» i Vosso og til dels i Etne og i Mandalselva, men ikke i samme grad i Daleelva i Vaksdal og i Eira. Det er generelt sparsomt med data på utvandringstidspunkter for laksesmolt fra elver i PO5-PO6 de siste årene, og det mangler publiserte data på utvandring av laksesmolt nord for Trondheimsfjorden disse årene. Det er derfor usikkerhet knyttet til utvandringstidspunkter fra og med PO5 og nordover og spesielt stor usikkerhet for de nordlige delene av Trøndelag og for hele Nord-Norge (PO7-PO13).

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

De fleste redskaper som benyttes for å fange fisk er selektive, og kan påvirke utfallet av de målingene som foretas. Ruse har den fordelen at fisken fanges levende, og at den ikke setter seg fast i garnmasker. Tap av lus er generelt mindre, og sammenligninger indikerer at antall lus på rusefanget sjørret er høyere enn på garnfanget. Vi har valgt å utelukkende benytte tellinger av fisk i felt da sammenligninger indikerer ett betydelig tap av lus, spesielt de minste stadiene, på fisk som er frosset og tas inn til lab for telling av lus. Undersøkelser indikerer at en andel av de minste stadiene av lus på sjørret og sjørøye er skottelus. Disse kan vanskelig skilles fra lakselus, og selv om en vanligvis får økte tettheter med skottelus på oppdrettsfisk først utover høsten, kan det medføre at det 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 kan også oppholde seg 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 da ikke lenger er tilgjengelig for fangst, som igjen kan medføre at fangsten underrepresenterer smittepresset. Til sist, lusebefengt ørret 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 ørret og røye i ruse og garn vil være minimumsverdier.

Laks og sjøørret viser liten forskjell i mottakelighet for lus (Dawson mfl. 1997, Bui mfl. 2017). At det er mer lus på sjøørret enn laks skyldes derfor trolig at ørret normalt oppholder seg mer littoralt enn laksen, og at det kan være 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 lakselussmitte 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, altså om det er en korrelasjon mellom lus på sjøørret og laksesmolt (Vollset mfl. 2017). 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. Det var totalt 13 slike par. I syv av disse parene var infestasjonen nær null, mens de øvrige settene viste samme trend, men det var en signifikant forskjell i fire 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 nært land, men ikke nødvendigvis i hele fjordens bredde. På den annen side står fisken i ro og kontakt mellom fisk og lus er hovedsakelig 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.

I vurderingen er grensene for lavt og høyt satt til hhv. 2 og 6 lus/fisk/14 dager. Dette er gjort for å ha tilsvarende grenser som ellers brukes (tabell 1) om dette omregnes til lus/g fisk og en antar at fisken veier 20 g. Tolkingen 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. Tråling

Det brukes trål spesialutviklet slik at postsmolt av laks føres inn i et akvarium slik at en reduserer avskrapning av skjell og lakselus. I hvilken grad dmfllikevel 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, med forbehold om at metoden kan underestimere antall lus på grunn av avskrapning i trål.

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 trållåpningen. Effekten av lus på laksens kritiske svømmehastighet (et mål på maksimal svømmehastighet og utholdenhet) har vist at lusebefengt laks har noe lavere verdier (Wagner mfl. 2003, 2008), og at det er en økende effekt også for de tidligste stadiene av lus med økende infestasjon (Bui mfl. 2016). Om de relativt små forskjellene har noen praktisk betydning i forhold til 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 trållangstene.

Nylig har Havforskningsinstituttet utviklet en metode for å bestemme opphavslev til den trållangstede 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).

Trållangstene 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 produksjonsområder (POer) 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 hensyn ta usikkerheten til de ulike metodene, har ekspertgruppen utviklet et system der man går gjennom standardiserte spørsmål for hver metode (Appendiks XII), 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). Eksempelvis vil det være stor usikkerhet i kategoriseringen til en metode hvis den ligger på grensen mellom to kategorier, eller hvis konklusjonen er veldig sensitiv for tidspunktet for når laksesmolten vandrer ut fra elvene.

Usikkerhetsvurdering av PO

Usikkerhetsvurderingen av den enkelte PO er basert hovedsakelig på om de forskjellige metodene peker i samme retning eller spriker i forskjellige retninger. Usikkerheten kan derimot også være stor i et område hvis det er stor usikkerhet knyttet til de metodene som er tilgjengelig for POet. Eksempelvis, hvis det er få metoder tilgjengelig for POet, og hvis disse i tillegg har et lavt antall fisk, defineres usikkerheten som stor. Usikkerheten for hver metode blir derfor brukt på to måter for vurdering POet. Hvis usikkerheten er knyttet til at man mener resultatet er usikker på grunn av dårlig representativitet, vil usikkerheten påvirke hvor mye vekt man legger på metoden for dette POet. Hvis derimot konklusjonen er ganske sikker, men usikkerheten ligger i at man ikke med stor sikkerhet kan si om konklusjonen er i én av to kategorier, vil metoden vektlegges, men konklusjonen for POet lettere kunne flyttes mellom de to kategoriene basert på annen kunnskap fra de andre metodene.

Styringsgruppen har påpekt at det er viktig å indikere i hvilken retning usikkerheten for POet peker. Hvis konklusjonen er moderat effekt fra lakselus, men metodene indikerer at POet er på grensen til lav, er dette veldig forskjellig fra et tilfelle der metodene indikerer at POet er på grensen til høy. Dette er i denne rapporten påpekt i teksten og indikert med piler i oppsummeringstabellene (Tabell 1 & 2).

Ekspertgruppen har diskutert muligheter for en mer konsistent vurdering av usikkerhet for de fire ulike modellproduktene som inngår i vurderingen, men har ikke kommet frem til felles

kriterier. I vurderingen som er gjort er derfor usikkerheten beskrevet per metode for hvert PO. Konklusjonene for hvert område har ikke vært påvirket av dette.

5.2. Vurdering av konklusjoner fra 2018

Vurderingene for 2018 sesongen er rapportert (<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-rapport-om-lakselus/id2620669/>). Det er gjort endringer i metodene som ligger til grunnlag for konklusjonen i 2019 (beskrevet i kapittel 3.4), og det har derfor vært nødvendig å gjøre en vurdering om dette påvirker konklusjonene fra 2018. For å gjøre dette er alle modeller oppdatert for 2018, og hvert enkelt gruppemedlem har fått ansvaret med å gå gjennom den nye kunnskapen og oppdaterte modellresultater for å vurdere om de mener om konklusjonen skal endres fra rapporten i 2018. Etter felles evaluering ble konklusjonene fra rapporten i 2018 ikke endret. Likevel påpekes følgende: (1) I PO3 er usikkerheten til konklusjonen redusert, (2) i PO4 er usikkerheten til konklusjonen redusert, (3) i PO7 øker usikkerheten og (4) i PO8 øker usikkerheten. I tabell 1 har vi presentert resultatene for 2018 rapporten slik de ble presentert før endringene og etter. Det er også gjort en vurdering i områdene som er kategorisert som moderat om usikkerheten peker mot kategorien over eller under.

Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning

Tabell 1. Gammel og ny vurdering med oppdaterte metoder og nye SINTEF resultater som ikke var inkludert i rapport fra 2018. Resultater fra modeller og observasjoner i de ulike produksjonsområdene og ekspertgruppens overordnede konklusjon. Metodene er beskrevet i detalj i kapittel 4. Spesifisering av usikkerheten for VI's konklusjoner: * når forskjellen mellom forventet og verste scenario varierer mellom lav og moderat, ** når forskjellen mellom forventet og verste scenario varierer mellom lav til høy.

Opprinnelig 2018

Prod. Omr.	Trål-fangst	Sjørørret ruse	Vaktbur	HI smittepress	HI smolt	VI smolt	Konklusjon
1		Lav		Lav	Lav	Lav	Lav ^{liten}
2	Mod/Lav	Høy	Mod	Høy	Mod	Lav**	Mod ^{middels}
3	Mod	Høy	Mod	Mod/Høy	Høy	Lav**	Høy ^{høy}
4	Mod	Høy	Mod	Mod	Mod	Lav**	Mod ^{høy}
5	Lav	Mod	Lav	Lav	Mod	Lav*	Mod ^{middels}
6	Lav	Mod	Lav	Lav	Mod	Lav**	Lav ^{middels}
7		Mod	Mod	Mod	Lav	Lav**	Mod ^{middels}
8		Lav		Lav	Lav	Lav**	Lav ^{liten}
9		Lav		Lav	Lav	Lav*	Lav ^{liten}
10		Lav		Lav	Lav	Lav*	Lav ^{liten}
11		Lav		Lav	Lav	Lav	Lav ^{liten}
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav ^{middels}
13		Lav		Lav	Lav	Lav	Lav ^{liten}

Oppdatert 2018

Prod. Omr.	Trål fangst	Sjørørret ruse	Vaktbur	HI smittepress	HI smolt	VI smolt	SINTEF smolt	Konklusjon
1		Lav		Lav	Lav	Lav		Lav ^{liten}
2	Mod/Lav	Høy	Mod	Høy	Mod	Lav**	Mod	Mod ^{middels} ↑
3	Mod	Høy	Mod	Mod	Høy	Mod*	Mod	Høy ^{middels} Δ
4	Mod	Høy	Mod	Mod	Høy	Mod*	Lav/Mod	Mod ^{middels} ↑Δ
5	Lav	Mod	Lav	Lav	Mod	Lav*	Lav	Mod ^{middels} ↓
6	Lav	Mod	Lav	Lav	Mod	Lav*	Lav	Lav ^{middels}
7		Mod	Mod	Mod	Lav	Lav*	Mod	Mod ^{høy} ↓Δ
8		Lav		Lav	Mod	Lav*		Lav ^{middels} Δ
9		Lav		Lav	Lav	Lav		Lav ^{liten}
10		Lav		Lav	Lav	Lav		Lav ^{liten}
11		Lav		Lav	Lav	Lav		Lav ^{liten}
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav		Lav ^{middels}
13		Lav		Lav	Lav	Lav		Lav ^{liten}

Δ Usikkerheten er endret etter revidering av metoder fra 2018 til 2019.

↑↓ Piler indikerer om usikkerheten for konklusjonene «moderat» peker mot kategorien over eller under.

Grå farge indikerer hvilken av de metodene som har endret kategori etter revidering av metoder fra 2018 til 2019

5.3. Vurderinger av 2019

I den følgende teksten følger vurderingene som er gjort for 2019. 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.

Vurderingen 2019 (konklusjon^{usikkerhet})

Prod. Omr.	Trål fangst	Sjørret ruse	Vaktbur	HI smittepress	HI smolt	VI smolt	SINTEF smolt	Konklusjon
1		Lav ^{liten}		Lav ^{liten}	Lav ^{liten}	Lav ^{liten}		Lav ^{liten}
2	Lav ^{mid}	Lav ^{mid}	Mod ^{mid}	Mod ^{Liten}	Mod ^{mid}	Lav ^{mid}	Mod ^{stor}	Lav ^{mid}
3	Lav ^{stor}	Mod ^{mid}	Lav ^{mid}	Mod ^{mid}	Høy ^{liten}	Mod ^{mid}	Mod ^{stor}	Mod ^{mid} ↑
4	Høy ^{mid}	Høy ^{liten}	Høy ^{liten}	Mod ^{stor}	Høy ^{liten}	Lav ^{stor}	Mod ^{stor}	Høy ^{mid}
5	Høy ^{stor}	Høy ^{liten}		Høy ^{mid}	Høy ^{mid}	Lav ^{stor}	Mod ^{stor}	Høy ^{mid}
6	Lav ^{mid}	Mod ^{mid}		Lav ^{mid}	Mod ^{liten}	Lav ^{mid}	Lav ^{mid}	Lav ^{stor}
7	Lav ^{mid}	Mod ^{stor}	Lav ^{liten}	Lav ^{mid}	Mod ^{liten}	Lav ^{stor}	Lav ^{mid}	Lav ^{stor}
8		Mod ^{stor}		Lav ^{liten}	Lav ^{mid}	Lav ^{mid}		Lav ^{mid}
9		Mod ^{stor}		Lav ^{liten}	Lav ^{stor}	Lav ^{mid}		Lav ^{mid}
10		Mod ^{mid}		Mod ^{liten}	Mod ^{liten}	Lav ^{mid}		Mod ^{stor} ↓
11		Lav ^{liten}		Lav ^{liten}	Mod ^{stor}	Lav ^{liten}		Lav ^{liten}
12	Lav ^{liten}	Mod ^{mid}		Lav ^{liten}	Lav ^{stor}	Lav ^{liten}		Lav ^{mid}
13		Lav ^{liten}		Lav ^{liten}	Lav ^{liten}	Lav ^{liten}		Lav ^{liten}

↑↓ Piler indikerer om usikkerheten for konklusjonene «moderat» peker mot kategorien over eller under.

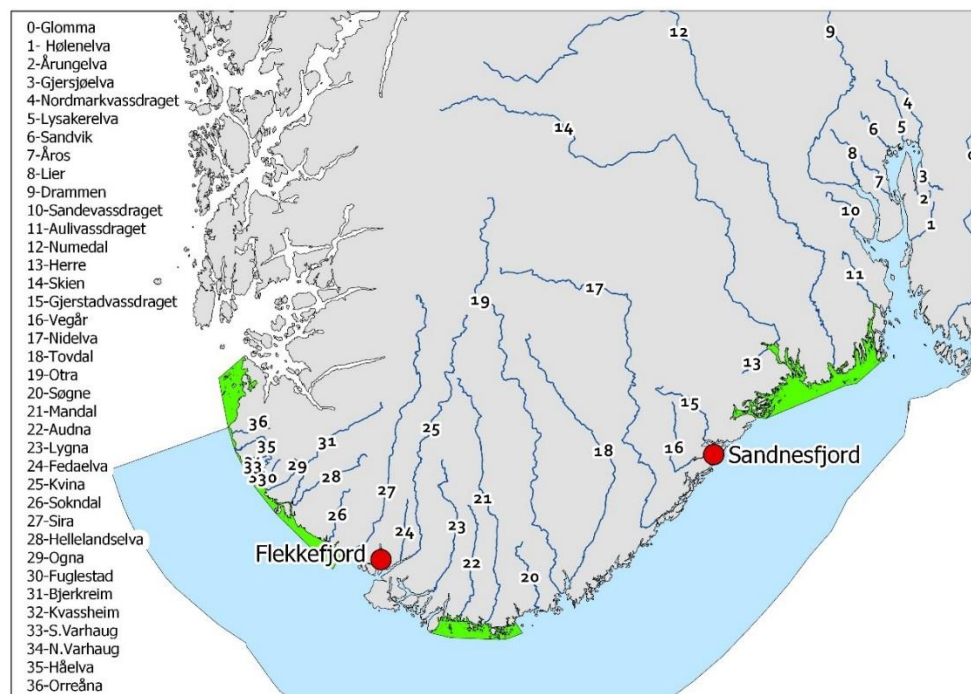
5.4. Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019

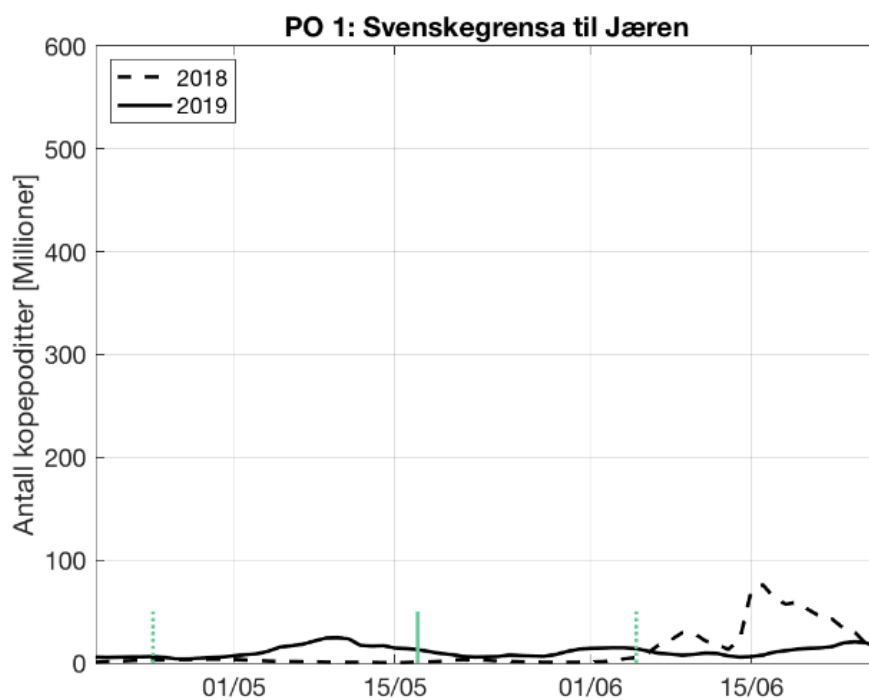
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som lite usikker. Det er ikke data fra trålfangst og vaktbur i dette PO. Øvrige metoder indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Ekspertgruppen påpeker at det er noe forhøyede nivåer av lakselus observert på sjøørret i Flekkefjord. Denne stasjonen er plassert strategisk ettersom det er det eneste stedet i POet hvor det er en viss tetthet av oppdrettsanlegg. Dette ene stedet anses ikke å være representativt for hele POet. Laksesmolten har korte utvandningsveier i Flekkefjordsområdet, noe som reduserer sannsynligheten for at smolten smittes av betydelige mengder av lus.

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.

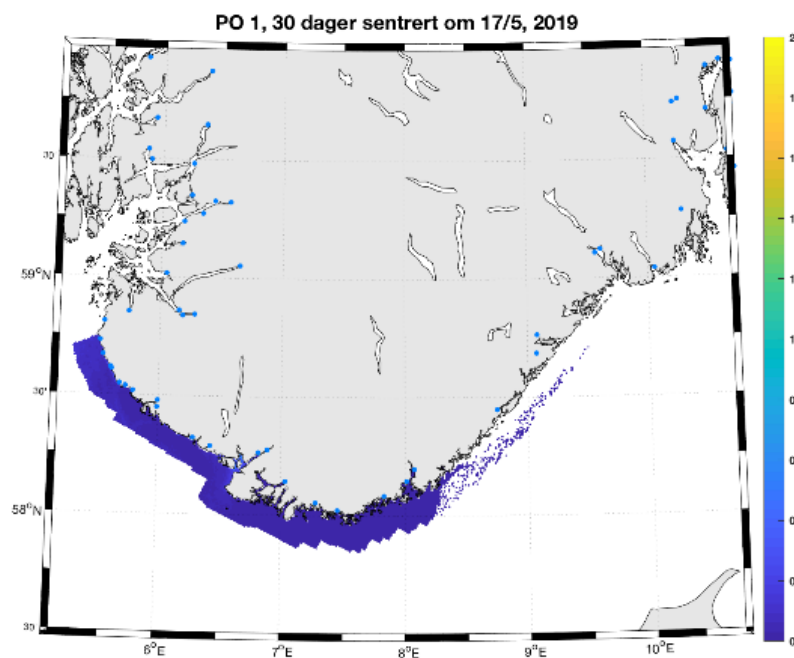
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	9	38	2 182 000 (21,6 %)
2017	8		
2018	6		
2019	7		



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 smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplede linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 5. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) i produksjonsområde 1 i smoltutvandringsperioden.

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 er Ognå 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).

Sjørret ruser:

Det er to stasjoner i området. I Sandnesfjord estimeres ingen dødelighet, mens i Flekkefjord estimeres moderat dødelighet. Stasjonen i Flekkefjord ble valgt fordi området skilte seg ut med forhøyet smittepress. Laksesmolten har i tillegg kort utvandringsvei fra elvene i PO 1, hvilket reduserer sannsynligheten for smitte. Det konkluderes med at data fra sjørret ruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

Smittepress HI: Tettheten av lakseluslarver i området rundt Flekkefjord er noe høyere enn i resten av området, men smittepresset (se tidsutvikling og kart i appendiks V) er lavt i hele området. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør <1%. Det konkluderes med at smittepress modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt:

Den estimerte dødeligheten varierer mellom 0 og 5 % mellom elvene. Gjennomsnittlig dødelighet, både uvektet og vektet etter elvas potensielle smoltproduksjon, er <1%, for alle utvandringsscenarier. HI virtuell smolt støtter derfor en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen anses som å ha liten usikkerhet.

VI virtuell smolt: Både vektet og uvektet estimert dødelighet er svært lav (<0,1%) og estimatene basert på det verste scenarioet i modellen er også svært lave. Modellen er ikke kalibrert mot burdata for området. Konklusjonen med å kategorisere PO i lav lakselusindusert villfiskdødelighet anses likevel som å ha liten usikkerhet ettersom det verste scenarioet ikke går inn i moderat kategori.

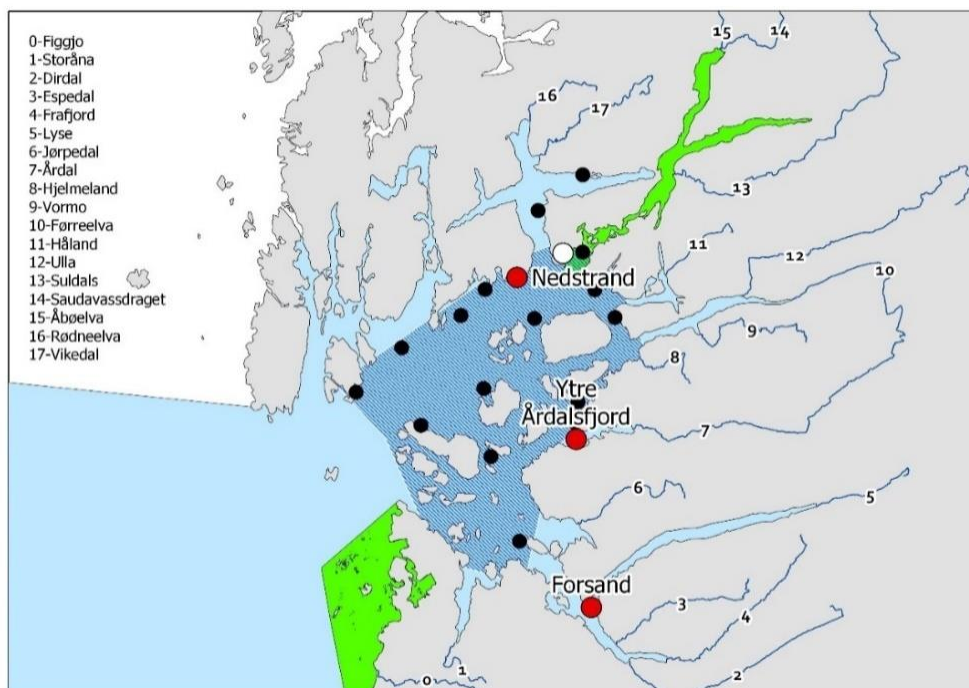
5.5. Produksjonsområde 2: Ryfylke

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

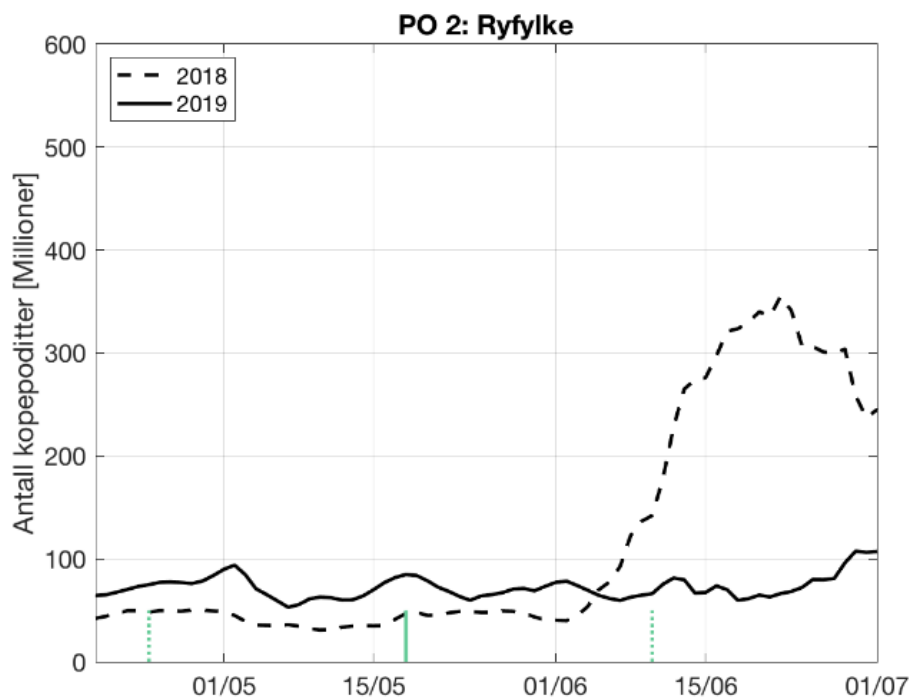
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som middels usikker. Observasjonene basert på trålfangst og sjøørret ruses indikerer lav lakselusindusert dødelighet, mens bur indikerer moderat lakselus indusert dødelighet. Modellert smittepress, HI virtuell smolt og SINTEF virtuell smolt indikerer moderat luseindusert dødelighet, mens VI virtuell smolt indikerer lav luseindusert dødelighet. Fangstene i trålen var gode også siste uken, noe som kan indikere at en andel av smolten gikk etter at observasjonene ble avsluttet, men det er ikke tegn til at smittepresset er på vei opp utover sesongen. I tillegg er smittepresset konsentrert i et område av POet som gjør at en stor andel av laksebestandene er upåvirket. Gruppen legger derfor stor vekt på observasjonsdataene av trål og sjøørret. Usikkerheten settes til middels fordi flere modellprodukter indikerer moderat lakselus indusert dødelighet.

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.

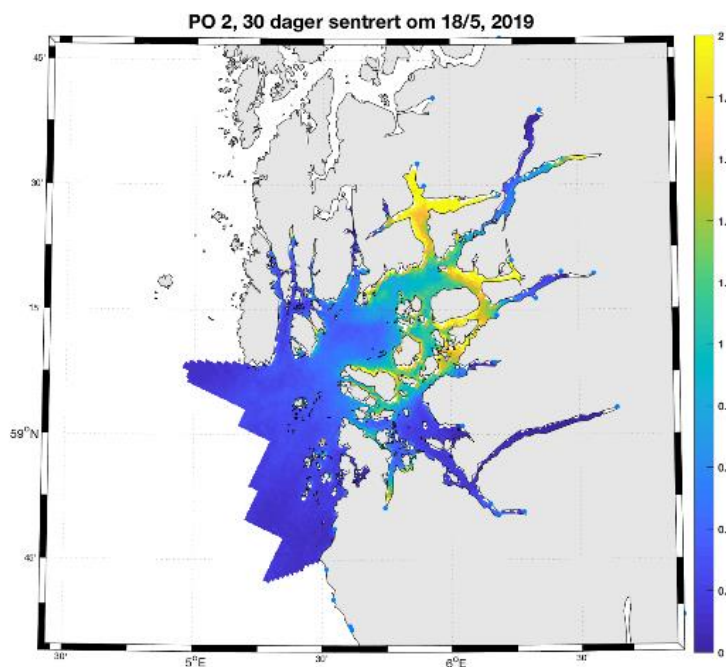
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	36	18	438 000 (4,3 %)
2017	38		
2018	33		
2019	40		



Figur 6. Produksjonsområde 2. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), lakseruse (hvit sirkel), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 2. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 7. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 8. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden.

Viktige elver: Figgjo, et kystvassdrag på Jæren, har om lag 33 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. Dette vassdraget ligger på Jærkysten og er lite representativt for de øvrige laksebestandene i PODet. Det er flere elver med relativt tallrike bestander sørøst i Ryfylke, inkludert Dirdal, Espedal og Frafjord. Videre nordøstover har Årdal, Vorma, Ulla og Suldalslågen betydelig smoltproduksjon og fangst av laks, sistnevnte har den lengste vandringsdistansen til kysten. Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 10. juni, med 50 % utvandring satt til 18. mai (uke 20).

Trålfangst: Estimert dødelighet for området er lav alle ukene, og det estimeres og ikke over 3 % dødelighet noen av ukene. I dette området er det analysert opphavselt til en del av fisken fanget i trålen, og det estimeres ikke over 10 % lakselusindusert villfisk dødelighet for noen av elvene. Fangstene vurderes som relativt gode, og fangststedet vurderes som gode for å få et godt estimat av påslag for laksesmolten for de fleste elvene i regionene, med unntak av fangstene i uke 21 som var relativt langt inne i fjorden. Fangsten ble imidlertid avsluttet i uke 21 (20. – 26.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. Basert på relativ god representativitet og lave estimater godt under 10 % konkluderes det med at tråldataen støtter kategoriseringen at det er lav lakselusindusert villfiskdødelighet i området, men grunnet avsluttet tråling før siste dato for utvandring, samt at fangsten i den siste tråluken er tatt relativt langt inne i fjordene, anses det at denne konklusjonen har høy usikkerhet.

Sjøørret ruser:

Det er generelt lave nivåer av lakselus under smoltutvandringen på sjøørreten fanget i ruser, og det estimeres lav lakselusindusert villfiskdødelighet for stasjonene i området, med unntak av ytre Årdalsfjord i uke 23. Plasseringene av ruser gjør at det er relativt god romlig dekning av fangster, og perioden det er gjort fangster burde fange opp smittepresset i perioden laksesmolt vandrer ut av elvene. Det er også generelt gode fangster, med unntak i Forsand i uke 23. Moderat smittepress i uke 23 i Ytre Årdalsfjord vil kunne overlappes med slutten av utvandringen i noen bestander. Da det var overvekt av unge stadier av lus på fisken i uke 23, indikerer det økende smittepress i dette området. Dette vektlegges i vår usikkerhetsvurdering. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker.

Vaktbur: Det er moderat med lus på flere av burene i nordlige deler av området, og lave nivåer på alle bur i sørlige deler av området. Utsettet av bur var mellom 28. mai og 11 juni (uke 22-24) og ble vurdert til å overlappes godt med tidspunktet for utvandringen av laksesmolt. Området overlapper relativt godt med moderate verdier for smittepresset i HI sin smittepressmodell. Det konkluderes med at vaktbur støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og usikkerheten til konklusjonen er middels på grunn av god representativitet i området, men manglende data fra første del av utvandringen øker usikkerheten.

HI smittepress: Smittepresset er moderat eller høyt i en relativt stor del av området. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 24 %. Størrelsen på området varierer lite rundt tidspunktet for 50 % utvandring, og holder seg i kategorien moderat. Sensitivitetstest med høyere grenseverdi (12 lus per fisk) reduserer indeksen med mindre enn 5 %. Moderat smittepress fra burdata er sammenfallende med moderat smittepress i modellen. Dette styrker konklusjonen om at usikkerheten er liten. Det konkluderes med at smittepress modellen støtter

en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI Virtuell smolt:

Effekten på bestandsnivå varierer fra høyt til lavt med en gjennomsnittlig dødelighet for normal utvandring for alle elvene på 29 % (uvektet), noe som er svært nær høy kategori. Siden den estimerte dødeligheten er høyere i mindre elver, blir gjennomsnittlig dødelighet, vektet etter potensiell smoltproduksjon, 19 %. Tidsforløp for utvandring påvirker den estimerte dødeligheten, senere utvandring gir høyere dødelighetsestimat. På grunn av variasjon mellom elver med ulike utvandringstider anses usikkerheten som middels. Det konkluderes med at HI smolt modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har middels usikkerhet.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet er henholdsvis 5 og 3 %. Modellen er kalibrert mot bur fra POet fra tidligere år, og det vurderes derfor som modellresultatene er relativt sikre for området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselus indusert villfiskdødelighet. Variasjonen i modellen indikerer derimot at i verste scenario er snitt dødeligheten over 10 % og usikkerheten vurderes derfor som middels.

SINTEF virtuell smolt. Uvektet gjennomsnitt 22 %. Estimert luseindusert dødelighet varierer fra lav til høy påvirkning for ulike elver i området. Estimaten gir lav påvirkning for Orreåna og Figgjo (hhv 3 og 4%) som har korte utvandringstider. Estimert dødelighet øker innover sørlige deler av fjorden (til moderate nivå) og modellen predikerer høy påvirkning for Hjelmeland, Vormo og Suldal. Det mangler data for 5 elver hvor metoden ikke gir nok data for vurdering av dødelighet. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselus indusert villfiskdødelighet. Sammenligning burdata og modellestimat stemmer relativt godt overens. Basert på store variasjon i estimatene, sammenholdt med manglende estimater for enkelte elver settes usikkerheten til stor.

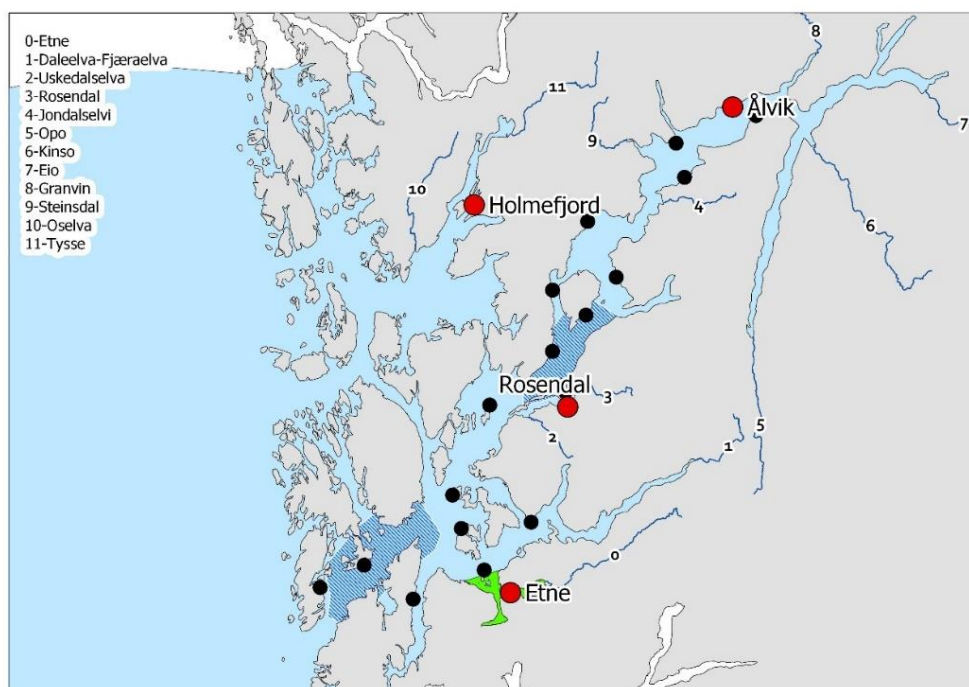
5.6. Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

Konklusjon: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019. Kategorien ligger nærmere høy enn lav lakselusindusert dødelighet.

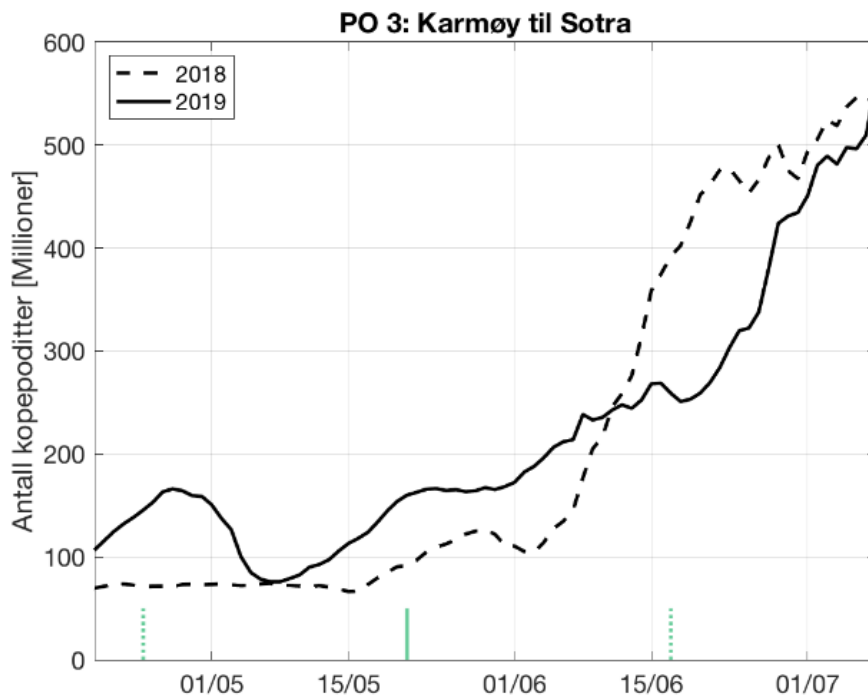
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som middels usikker. Metodene i denne PO spriker fra lav (tråldata og burdata), til høy lakselusindusert villfiskdødelighet. Ekspertgruppen legger vekt på at det er høy usikkerhet knyttet til konklusjonen fra tråldata, samtidig som flere av metodene peker på moderat. Det er et høyt smittepress i Bjørnefjorden, men her er det færre elver (kun to) og har derfor mindre betydning. Totalt vurderes konklusjonen som middels usikker, på grunn av sprikende resultater, men det anses usannsynlig at små endringer i resultatene vil endre kategoriseringene av POet og setter derfor ikke usikkerheten høyere.

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.

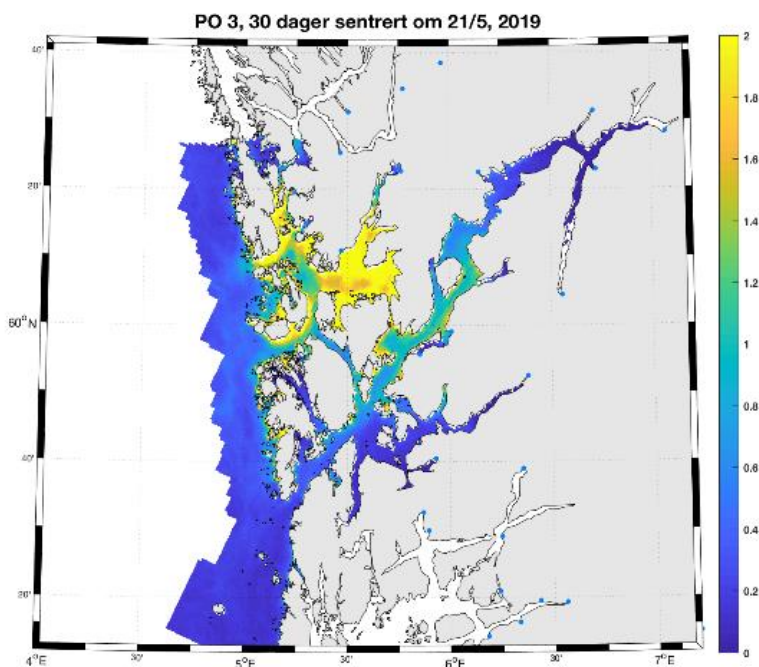
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	120	12	185 000 (1,8 %)
2017	111		
2018	115		
2019	107		



Figur 9. 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 10 Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 11. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) 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 tilhørighetsanalyser). Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 17. juni, med 50 % utvandring satt til 21. mai (uke 21).

Trålfangst:

Estimert dødelighet for området i de forskjellige ukene beregnes som lav til moderat (i den siste uken). Fangstene er gjort i både ytre del av fjorden (Sunnhordland) og midtre del av fjorden (Midtre Hardanger) hvor relativt få fisk er fanget. Det er derfor noe skjevhet i dataen. Smolten har ikke unnagjort hele utvandringsforløpet når de blir fanget og dødelighetsestimaterne blir derfor minimumsestimater. Fisk fra Etne dominerer i fangstene i ytre deler av fjorden. Basert på metoden for sporing til opphavsely, estimeres det moderat dødelighet på fisken fra elvene i indre Hardangerfjord i 2019, lav for fisk fra elvene i midtre og ytre deler. Det blir også lagt vekt på at utvandringsdata fra POet i 2019 indikerer at det er to utvandringstopper fra elvene, og det er usannsynlig at man har gode data fra fisk som vandret i den siste utvandringstoppen. Det konkluderes med at tråldataen støtter kategoriseringen at det er lav lakselusindusert villfiskdødelighet i området, men at alle forbeholdene indikerer at denne konklusjonen er svært usikker.

Sjørret ruser: Det er undersøkt tre stasjoner i Hardangerfjorden og en i Bjørnafjorden. Dødelighetsestimaterne indikerer høy dødelighet i indre (Ålvik), moderat i midtre (Rosendal) og lav i ytre (Etne) deler. Plasseringen av rusene dekker Hardangerfjorden (inkludert Sunnhordland) godt, mens dekningen i områder med høyest smittepress, Samangerfjorden og Bjørnafjorden er dårlig. 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 på de andre stasjonene som ligger i selve Hardangerfjorden. Det konkluderes med at data fra sjørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker.

Vaktbur: Påslagene på burene i regionen er generelt lavt, med ett bur med moderate påslag (>2 lus) i de midtre og indre områdene. Burene reflekterer at smittepresset i Hardangerfjorden (inkludert Sunnhordland) er relativt lavt, men det er viktig å påpeke at det ikke var bur i Bjørnafjorden. Tidspunktet for når burene stod ute var fra midten av mai til midten av juni, som vi antar ville plukket opp det smittepresset relativt sent utvandrende smolt opplevde. Det konkluderes med at vaktbur støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og usikkerheten til konklusjonen er middels fordi det ikke er god dekning i området med høyt smittepress.

HI smittepress:

Smittepresset er moderat til høyt i deler av området (spesielt i nord). Modellert område med høy påvirkning utgjør 24%. Størrelsen på området varierer noe rundt tidspunktet for 50% utvandring, men holder seg i kategorien moderat (mellom 10 og 30%). Sensitivitetstest med høyere grenseverdi (12 lus per fisk) reduserer indeksen med mindre enn 5%. Moderat smittepress fra burdata var stort sett sammenfallende med moderat smittepress i modellen. Det var ingen bur i de områdene som hadde høyest smittepress i modellen. Det konkluderes med at

smittepress modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI virtuell smolt:

Effekten på bestandsnivå varierer fra høyt til moderat. Den estimerte dødeligheten for fisk i PO3 er i snitt over 30% for alle utvandningsforløp. Mengden av lus er lavere på fisk fra ytre elver enn på fisk fra indre elver. Smittepresset øker jevnt utover sesongen i dette området, og de høye dødelighetstallene kan delvis forklares av at utvandringstiden i modellen er lang (som spesifisert i appendiks I). Etne, som er den største elven i området, har moderat dødelighet etter modellen. Det konkluderes med at HI smolt modellen støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har liten usikkerhet.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet estimert dødelighet er henholdsvis 17 og 15 %, og for de verste scenarioene er estimatet i snitt over 30 %. Modellen er kalibrert mot burdata fra dette området fra tidligere år. Modellen avviker noe fra observerte data fra trålet smolt ved at verdiene for antall lus på smolt i modellen er lavere enn i trålfangst, selv om modellert fisk har vandret lenger enn trålfanget fisk. Snittverdiene er beregnet til moderat påvirkning. Det konkluderes med at VI smolt modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har middels usikkerhet fordi verste estimatet er over 30 %.

SINTEF virtuell smolt. Uvektet gjennomsnitt 25 %. Estimert av luseindusert dødelighet grenser mot moderat påvirkning for smoltbestanden fra Etne (9%) og lav for bestanden fra Oselva (3%). Den sistnevnte vurderes som lite troverdig ettersom det var mye lus i Bjørnafjordssystemet. Estimertene for dødelighet øker innover Hardangerfjorden og går mot moderat og høy påvirkning. Metoden for utvandring har ikke gitt resultat for de innerste elvene. Resultatene stemmer ellers delvis med tråldata som viser lave nivå i ytre deler av Hardangerfjorden og at påvirkningen øker innover fjorden. Sammenligning burdata og modellestimat stemmer relativt godt overens. Det konkluderes med at SINTEF smolt modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Basert på store variasjoner i estimatene og manglende estimater for enkelte elver vurderes denne konklusjonen som å ha stor usikkerhet.

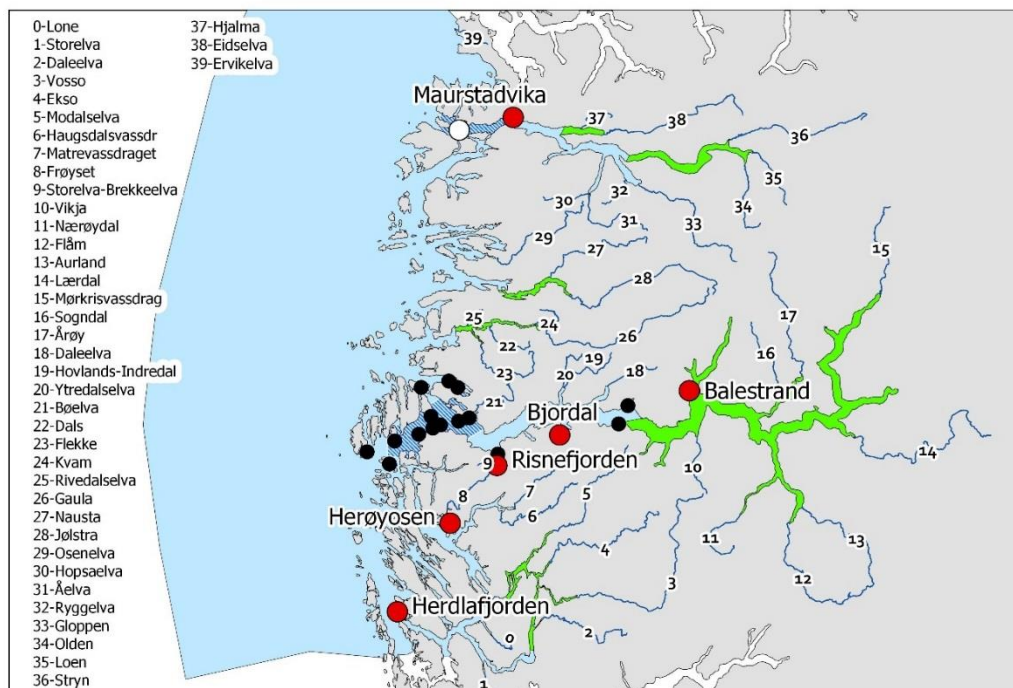
5.7. Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

Konklusjon: Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

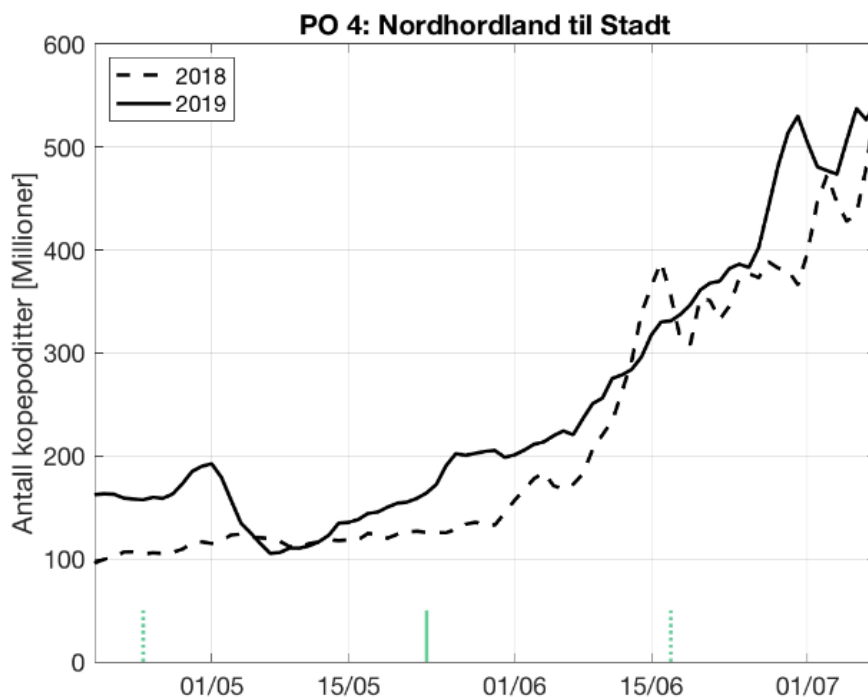
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som middels usikker. Usikkerhetsvurderingen skyldes delvis at området er stort og dekningen av observasjoner ikke er jevn. Det er noe data fra Nordhordland, lite data fra Sunnfjord, noe fra Nordfjord og gode data fra Sognefjorden. Resultatene indikerer generelt at det er mye lus og høy lakselusindusert dødelighet i Sognefjorden, mens det er større usikkerhet til resultater fra andre regioner. Modellene spriker noe fra lav til høy effekt, men vi legger stor vekt på at overvåkningsdataene alle peker i samme retning. Det blir også påpekt at modellene ikke klarer å gjenskape mønsteret med høye påslag innover Sognefjorden.

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.

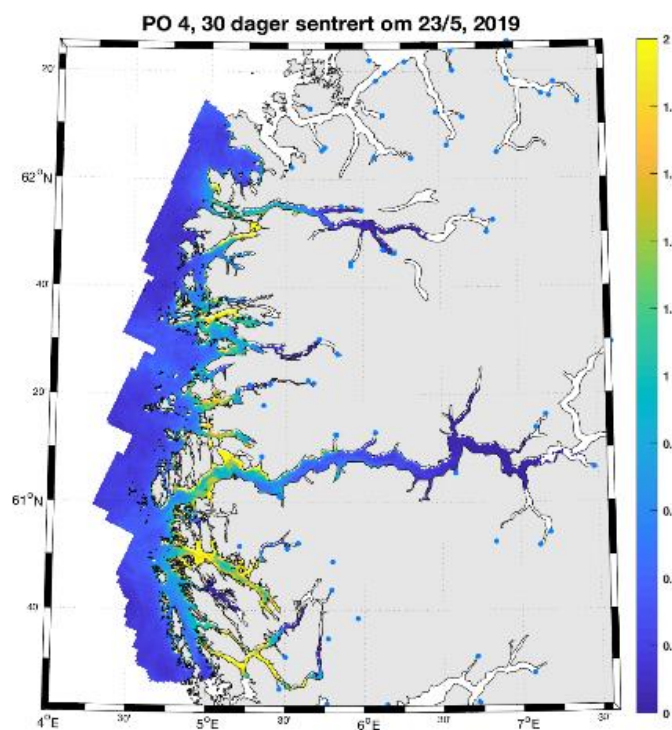
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	96	40	748 000 (7,4 %)
2017	101		
2018	96		
2019	102		



Figur 12. Produksjonsområde 4. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), lakseruse (hvit sirkel), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 4. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 13. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stippet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 14. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) 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 Sognefjord 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. Innerst i Nordfjord er Stryneelva den mest betydningsfulle (7 % av teoretisk smoltproduksjon). Det er også relativt tallrike bestander i Eidselva (midt) og Aaelva (langt inne) i Nordfjord. Antatt tidspunkt for utvandring: 24. april – 17. juni, mens 50 % utvandring er beregnet til 23. mai (uke 21).

Trålfangst: Det er trålt i Sognefjorden i fire uker og i underkant av to uker i Nordfjord. I Sognefjorden er det fanget bra med fisk i hele perioden, mens i Nordfjord er fangsten dominert av én uke. Det estimeres høy dødelighet i tre av ukene det ble trålet i Sognefjorden, og moderat i den siste. Trålposisjonen i disse fjordene er langt ute i fjorden, og det vurderes derfor at trålfanget smolt har vandret en relativt stor del av utvandringsruten sin. I Sognefjorden indikerer tilhørighetsanalyser at fangsten domineres av smolt fra Lærdal. Disse analysene viser også at det estimeres høy dødelighet på smolten fra alle elvene i Sognefjorden. I Nordfjord er det mindre lus på den trålte smolten, og det estimeres lav lakselusindusert villfiskdødelighet. I snitt estimeres det derfor høye dødeligheter på smolt som vandrer i Sognefjorden, lavt i Nordfjord. Det konkluderes med at tråldataen i snitt støtter kategoriseringen at det er høy lakselusindusert villfiskdødelighet i POet. Det mangler data fra området med relativt viktige elver fra både Nordhordland og Sunnfjord, og det er dårlig dekning i Nordfjord. Totalt sett anser vi derfor konklusjonen til å ha middels usikkerhet.

Sjøørret ruser: På begge stasjonene i Nordhordaland, stasjonene i Sognefjorden og stasjonen i Nordfjord er den estimerte dødeligheten høy. Dekningen av ruser vurderes som god med unntak av Sunnfjord, og antall fisk fanget på hver stasjon vurderes som adekvat. Påslagene på sjøørret er høye også langt inn i fjorden (Balestrand). Det er ikke data for Sunnfjord, men smittekartene indikerer tilsvarende smittepress i dette området. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

Vaktbur: Det er satt ut bur kun i Sognefjorden i dette POet. Burene stod ute i uke 21-24 (16. mai – 16. juni) (to perioder à to uker). I dette PO regnes median utvandring som uke 20. Tidene overlapper dermed relativt godt med deler av utvandringsforløpet. Påslagene i de to første ukene indikerer fra lavt til moderat smittepress, mens de to siste ukene fra moderat til høyt smittepress. Det er også observert bur med ekstremt høye verdier (30-60 lus i snitt per bur). Snittene i perioden blir hhv. moderat og høyt smittepress. Utbredelsen av smittepresset indikerer at i de to første ukene er det høyest smittepress (moderat) i ytre deler av Sognefjorden, mens i de to siste er smittepresset betydelig økt, og det er observert høyt smittepress helt inn til de innerste burene (Balestrand – Vik). Det konkluderes med at vaktbur støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet. De konsistente verdiene over store områder i Sognefjorden på påslag i periodene gjør at vi vurderer usikkerheten som liten.

HI smittepress: Smittepresset er moderat til høyt i relativt store deler av området. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 24%. Størrelsen på området varierer noe rundt tidspunktet for 50% utvandring, men holder seg i kategorien moderat (mellom 10 og 30%). Det er imidlertid høyt smittepress ved de fleste fjordmunningene der de fleste postsmoltene må passere. Høyt smittepress fra burdata innover Sognefjorden ble ikke gjenskapt av modellen. Det

konkluderes med at smittepress modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har stor usikkerhet.

HI Virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra høyt til lav. Den estimerte dødeligheten for fisk i PO4 er over 30% for alle utvandningsforløp (både uvektet og vektet). Det er estimert mindre lus på fisken fra ytre elver enn på fisk fra indre elver. På tross av variasjonen mellom elver og tidsforløp for utvandring blir ikke klassifiseringa endret. Det konkluderes med at smittepress modellen støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har liten usikkerhet.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet snittdødelighet ligger på henholdsvis 8 % og 9 %, mens verste scenario ligger over 30 %. 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 er underestimert i VIs modell. Det konkluderes med at smolt modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, men at denne konklusjonen har stor usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt. Uvektet gjennomsnitt 12 %. Luseindusert dødelighet er lav for enkelte elver med kort avstand til kysten. Høy påvirkning er beregnet for smolt som kommer ut i fjordsystemene rundt Osterøy. Det er ellers en del elver som ligger på moderat påvirkning i Sognefjorden, Førdefjorden og Nordfjord. Det er store avvik mellom modellerte påslag i bur og modellerte data innover Sognefjorden, spesielt i periode 2. Det konkluderes med at smoltmodellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Basert på uoverensstemmelse med observasjoner og manglende elver settes usikkerheten til stor.

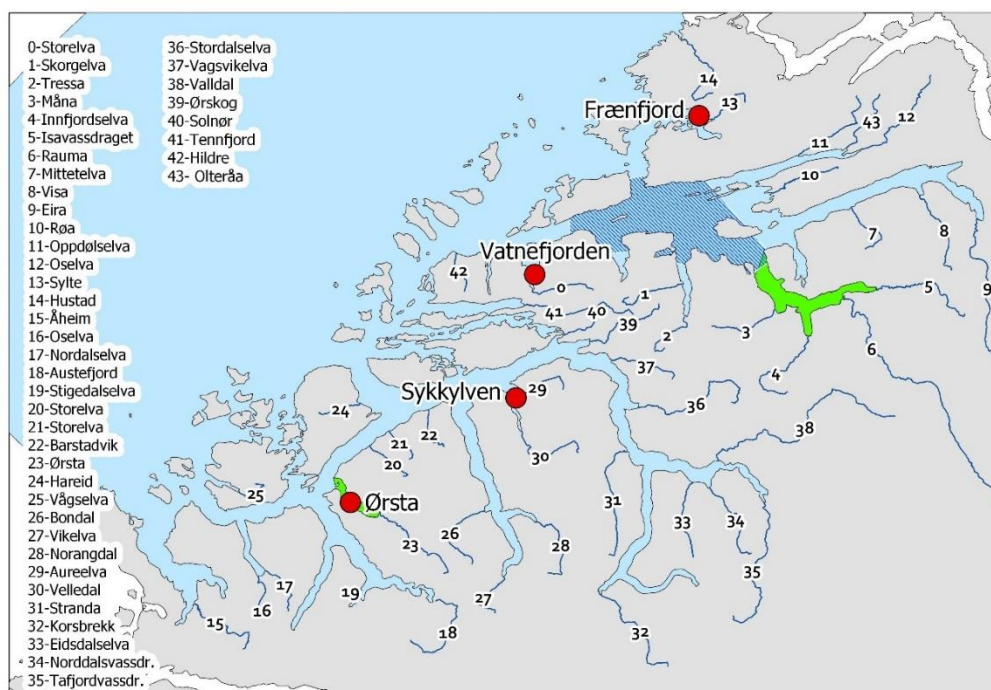
5.8. Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Konklusjon: Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019

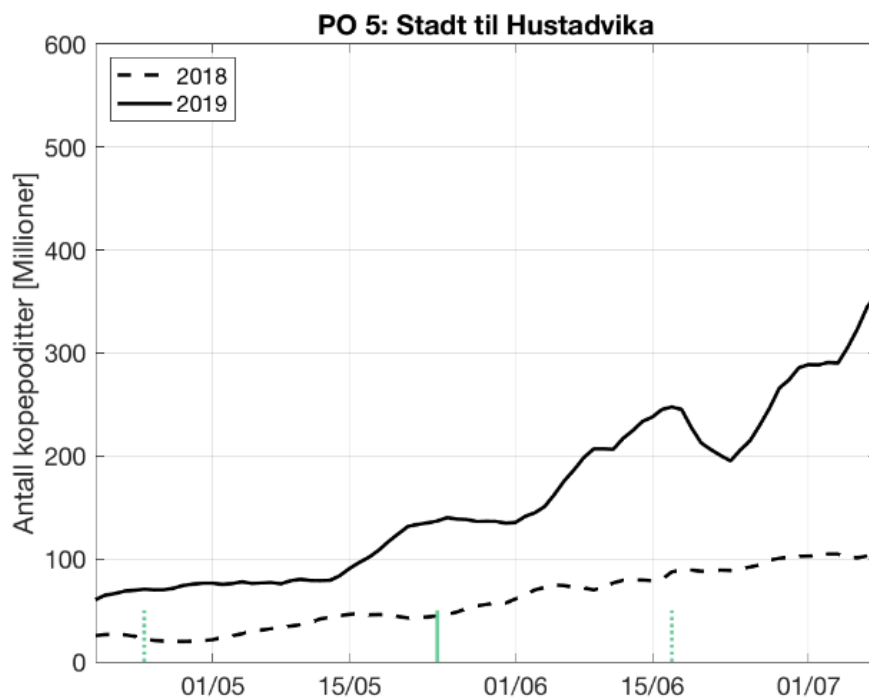
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som middels usikker. Overvåkningsdata indikerer høy lakselusindusert dødelighet og støttes av modellene til HI, mens det indikeres lav dødelighet for VI sin modell og moderat dødelighet for SINTEF sin modell. Usikkerheten i konklusjonen ligger i om overvåkningsdataene er representative for hele området, at det mangler burdata, og at VI og SINTEF sine modeller peker på andre kategorier. Gruppen legger derimot stor vekt på overvåkningsdataene.

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.

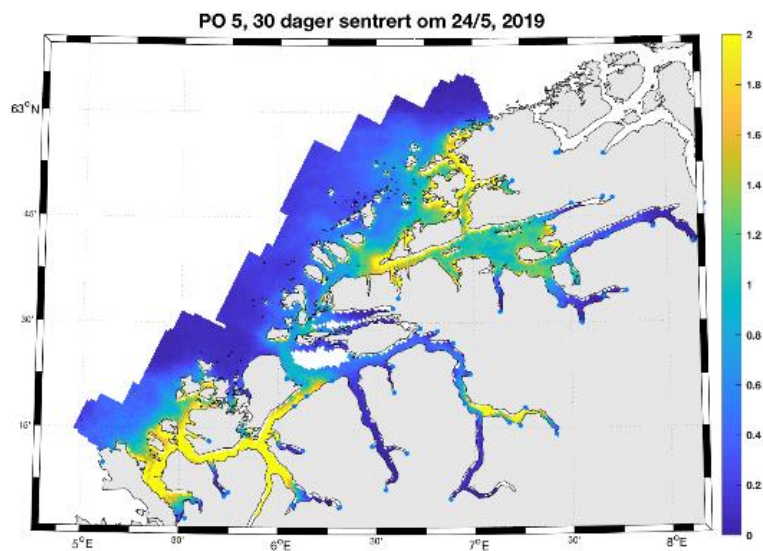
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	44	529 000 (5,2 %)
2017	33		
2018	33		
2019	37		



Figur 15. Produksjonsområde 5. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 5. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 16. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 5 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplede linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 17. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) 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).

Trålfangst: Det er gjennomført tråling i Romsdalen, hvor snitt estimert dødelighet er høy (34 %). Enkelte av trålhalene er gjort relativt langt inne i fjordene, men det vurderes likevel som trålhalene er relativt godt egnet til å vurdere smittepress på laksesmolten. Antallet fangster er gode i uke 21, men det er tatt mindre i uke 22. Det spekuleres i om dette kan være fordi mye av laksen har gått ut. Genetisk tilhørighetsanalyse er gjort, og disse viser at for elvene som renner ut på østsiden har alle en estimert dødelighet på > 30%, mens de fra nord har moderat dødelighet, mens det bare ble fanget 3 fisk fra eleven på sørsiden. Rauma inngår ikke i analysene. Det konkluderes med at data fra tråldata støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet. På grunn av dårlig representativitet for hele regionen (det mangler for eksempel data fra Storfjorden) vurderes denne konklusjonen til å ha stor usikkerhet.

Sjøørret ruser: Det er undersøkt to stasjoner i Storfjorden og to i Romsdalsfjorden. Det er estimert høy dødelighet på alle stasjonene. Den romlige fordelingen av stasjonen anses dekkende gitt POets størrelse. Fangstene på stasjonene er generelt god, og tidspunktet virker å overlape godt med tidspunktet molten vandrer. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

HI smittepress: Smittepresset er moderat eller høyt i store deler av området. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 31 %. Størrelsen på området varierer noe rundt tidspunktet for 50% utvandring, og ligger dessuten på grensen mellom moderat og høy. Sensitivitetstest med høyere grenseverdi (12 lus per fisk) reduserer indeksen til kategorien moderat. Det er imidlertid høyt smittepress ved de fleste fjordmunningene, spesielt i nord og sør, der postsmoltene må passere. Der var ikke burdata for sammenligning i området. Det konkluderes med at smittepress modellen støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har middels usikkerhet ettersom resultatet er sensitivt og ligger på grensen til moderat.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra høyt til lav. Den estimerte dødeligheten for fisk i PO5 varierer mellom 29 % (tidlig utvandring, uvektet) til 41 % (sen utvandring, vektet) for alle utvandningsforløp (både uvektet og vektet). Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandningsforløp. Den estimerte dødeligheta svinger mellom år, og er lavere på fisk fra ytre elver enn på fisk fra indre elver. Det konkluderes med at den virtuelle smolt modellen støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet. På tross av variasjon mellom elver og tidsforløp for utvandring blir ikke klassifiseringa endret. Konklusjonen vurderes derfor å ha middels usikkerhet.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet snittdødelighet ligger på henholdsvis 4 % og 6 %, mens verste scenario ligger over 30 %. Tidligere års data fra bur i Romsdalen har blitt brukt til kalibrering av modellen, og resultatene vurderes derfor som relativt sikre. Som i andre områder med høyt påslag på trålfisk, virker VI sin smoltmodell til å passe relativt dårlig med data. Det konkluderes med at smolt modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, men at denne konklusjonen har stor usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt er 13 %. Modellen gir luseindusert dødelighet med moderate og høy påvirkning for bestander fra elver som kommer ut i Storfjorden. Lenger nord i området varierer estimatene fra lav til moderate påvirkning for smolt fra elver med lengre vandringsavstand til kyst. Det er generelt høye estimat som grenser til høy påvirkning innerst i Romsdalsfjorden. Modellen mangler data fra enkelte elver (bl.a. Eira). Det konkluderes med at SINTEF smolt modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Basert på store variasjoner i estimatene og samtidig manglende estimater for enkelte elver vurderes denne konklusjonen som ha stor usikkerhet.

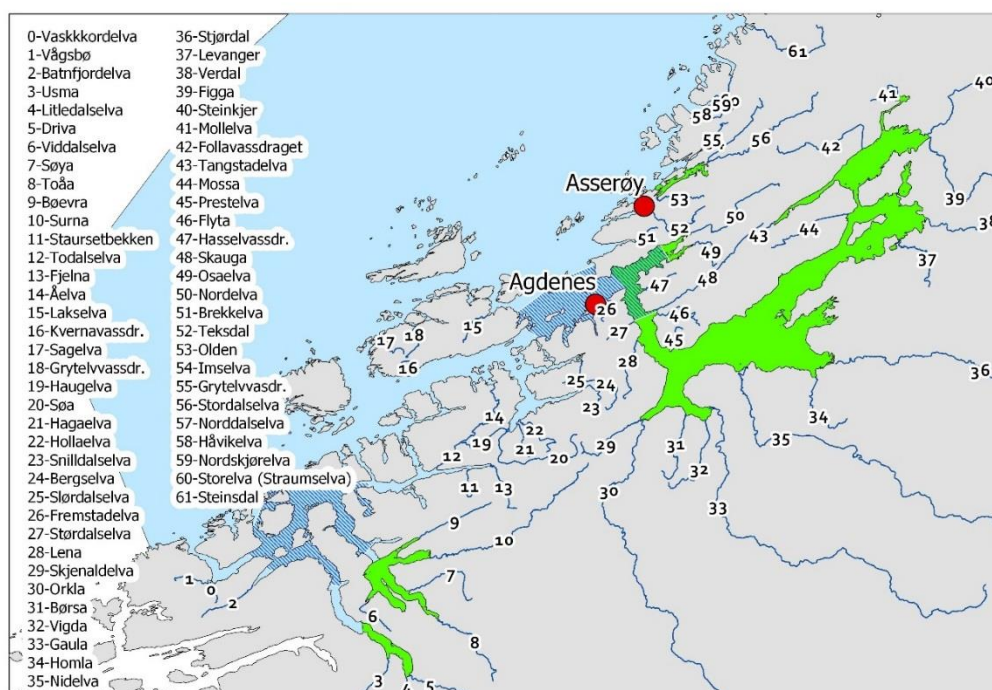
5.9. Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

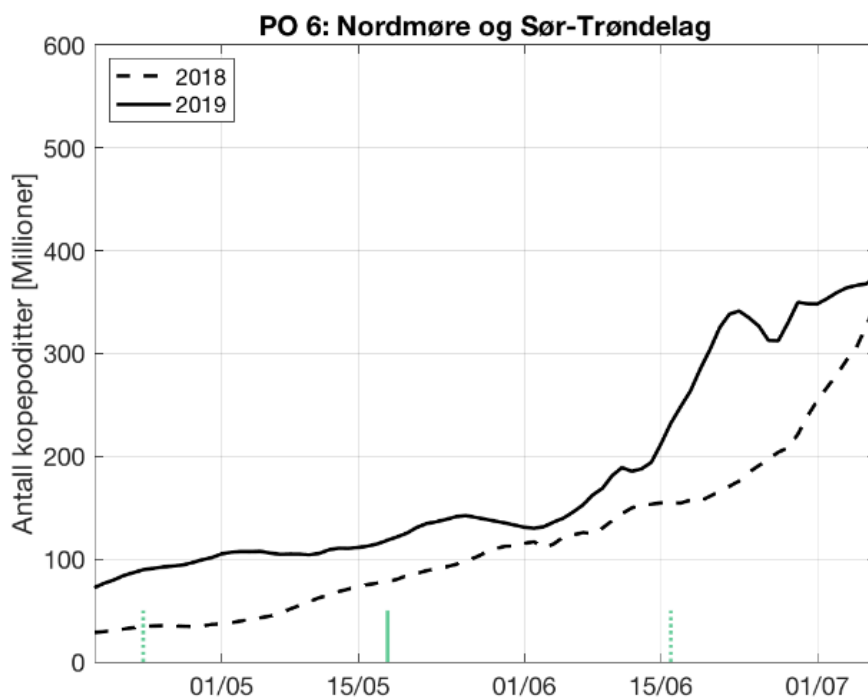
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha stor usikkerhet. Trålfangst indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet med liten usikkerhet, mens sjøørret ruser indikerer moderat lakselusindusert villfiskdødelighet med middels usikkerhet. I usikkerhetsvurderingen legger vi vekt på at det forhøyede smittepresset er på Nordmøre, hvor vi ikke har observasjonsdata. I tillegg kan man ikke utelukke påslag av lakselus sent i utvandningsforløpet som ikke fanges opp i trål. HI virtuell smolt indikerer også moderat påvirkning, og trekker usikkerheten opp. Gruppen legger derimot stor vekt på tråldata ettersom dette er gjort i den viktigste utvandningskorridoren for laksesmolt i regionen, men påpeker at det er stor usikkerhet til denne konklusjonen på grunn av både sprik mellom metoder og dårligere dekning av observasjonsdata i området med høyest smittepress.

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.

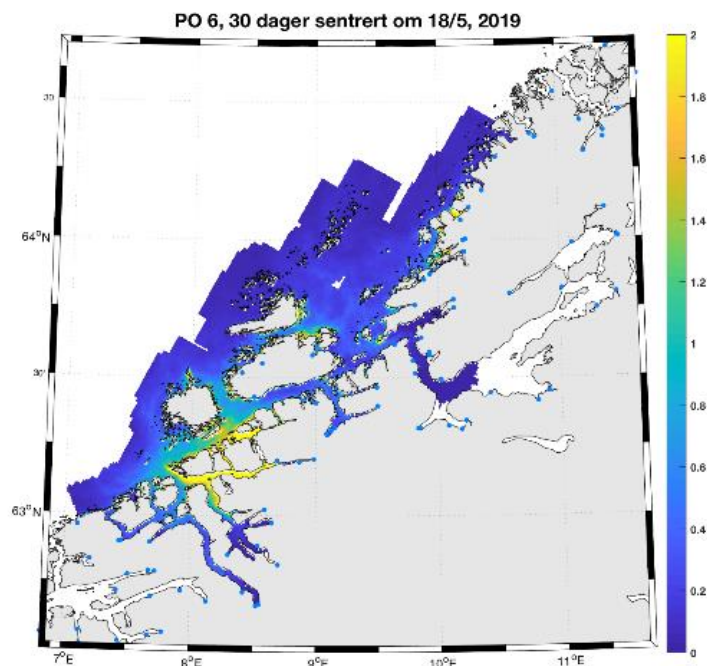
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	95	62	2 389 000 (23,7 %)
2017	101		
2018	98		
2019	91		



Figur 18. Produksjonsområde 6 Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 6. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 19. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiptet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 20. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden.

Viktige elver: Sør for Trondheimsfjorden har Surna og Driva henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon. 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 hele landet. Antatt tidspunkt for utvandring: 23. april – 16. juni, med dato for 50 % utvandring beregnet til 18. mai (uke 20).

Trålfangst: Det er gjort trålinger i Trondheimsfjorden og på Nordmøre. Det er ikke gjort tilhørighet til elv for noen av disse områdene. Trålposisjonen i disse fjordene er gjort i områder hvor fisken fremdeles kan bli eksponert for lakselus i den videre vandringsruten. Dekningsgraden i tid virker til å være gode med gode fangster i Trondheimsfjorden gjennom hele perioden. På Nordmøre er antall fangster dårligere. I Trondheimsfjorden estimeres det lav dødelighet i alle ukene 19-24. Estimert dødelighet på Nordmøre er noe høyere enn i Trondheimsfjorden, og ligger opp imot moderat påvirkning både i uke 20 og 21. Det konkluderes med at data fra tråldata støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. På grunn av dårlige fangster på Nordmøre, hvor påslagene virker til å være høyest vurderes usikkerheten som middels.

Sjøørret ruser: Det er kun to stasjoner i dette Poet, og de ligger begge i utvandningsruten til laks fra Trondheimsfjorden. Dødelighetsestimatene fra begge disse stasjonene indikerer moderat dødelighet uke 23. Det er ingen data fra Nordmøre hvor det høyeste smittepresset er modellert. Her regnes median utvandringstidspunkt til uke 20. I PO5 til PO7 er det relativ stor variasjon i utvandringstidspunkt mellom elvene, og dette gjør det noe mer usikkert om tidspunktet er representativt for laksens utvandring. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Gruppen legger vekt på dårlig dekning i Nordmøre og setter derfor usikkerheten til middels.

HI smittepress: Smittepresset er lavt i nord og moderat til høyt i sør. Modellert område med høy påvirkning utgjør 9%. Størrelsen på området varierer noe rundt tidspunktet for 50% utvandring, og ligger dessuten på grensen mellom lavt og moderat. Sensitivitetstest med høyere grenseverdi (12 lus per fisk) reduserer indeksen lite. Det konkluderes med at data fra HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker fordi den ligger tett opp mot moderat og er sensitivt for utvandringstidspunkt.

HI Virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra høyt til lav. Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandningsforløp. Det konkluderes med at data fra HI smolt støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. På tross av variasjon mellom elver og tidsforløp for utvandring blir ikke klassifiseringen endret. Konklusjonen vurderes derfor som lite usikker.

VI virtuelle smolt: Snittdødelighet ligger på 3 % både uvektet og vektet og verste scenario ligger over 10 %. Tidligere års data fra bur rundt Trondheimsfjorden har blitt brukt til kalibrering av modellen. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker

SINTEF virtuell smolt. Uvektet gjennomsnitt 5 %. Luseindusert dødelighet er generelt på lavt nivå i området, men moderat innerst i Sunndalsfjorden (for eksempel 16% for Driva) og innerst i Vinjefjorden (22% for Todalselva). Veldig lave estimater på ~0% er beregnet for smoltbestander i Trondheimsfjordsystemet. Det mangler viktige elver som kommer ut innerst i Trondheimsfjorden. Smolt fra disse elvene vil ha lengre vandringsvei, men det er lite lus innerst i Trondheimsfjorden. Derfor antas det at disse ikke vil få flere lus enn smolt som kommer fra elver lengre ut i systemet. Det konkluderes med at SINTEF smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker

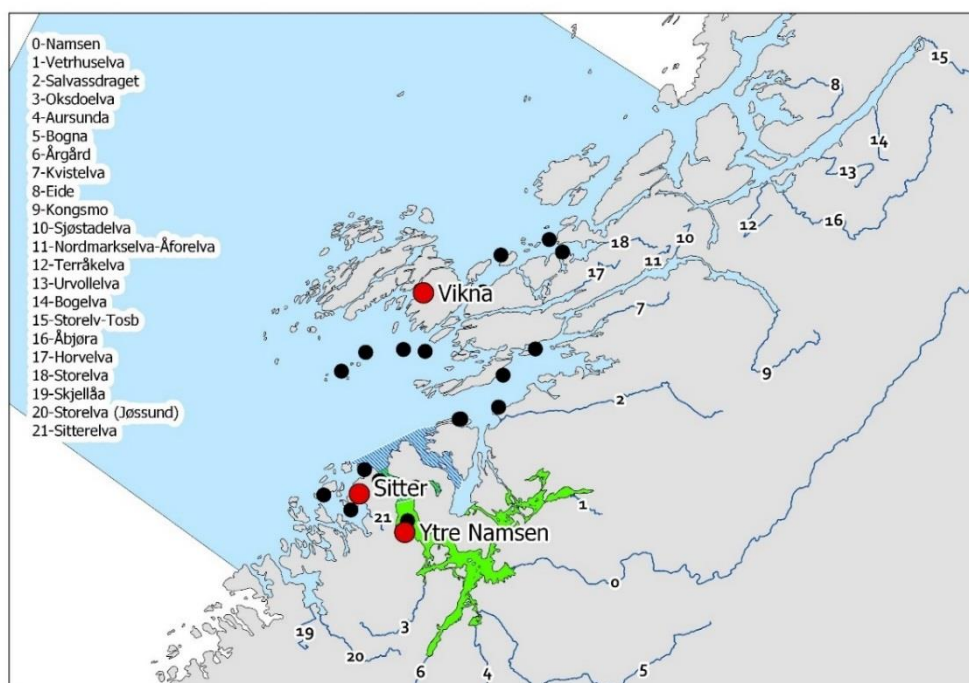
5.10. Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

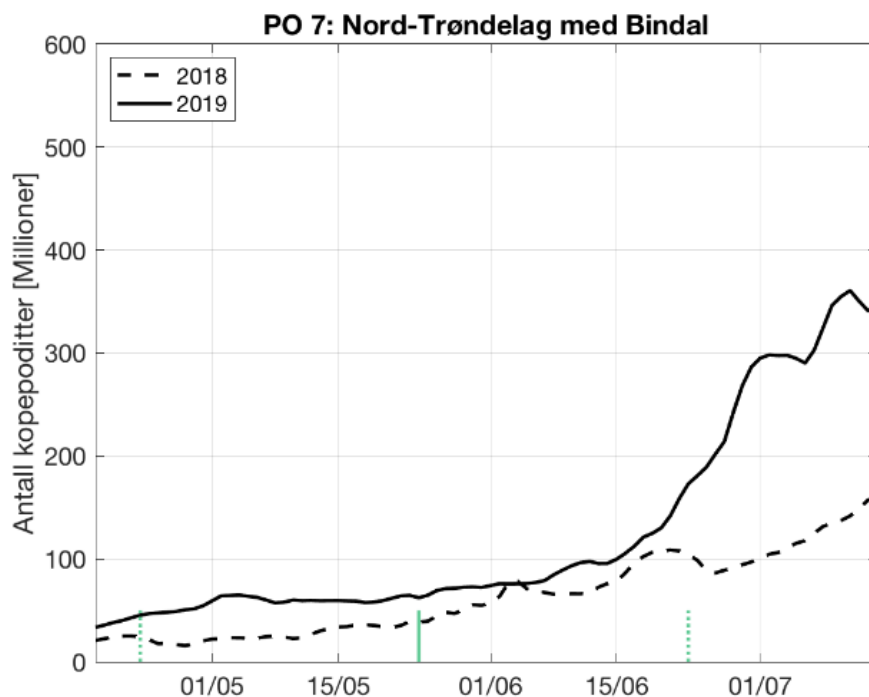
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha stor usikkerhet. Påslagene på sjørretet i området er stedvis høy, men i kombinasjon med at de andre metodene peker på lavere kategorisering, og at sjørreteten er fanget relativt sent i forhold til smoltutvandring vektlegges ikke sjørretet data så mye i denne vurderingen. Gruppen legger spesielt vekt på at de fleste metoder peker på lav lakselusindusert villfiskdødelighet rundt utvandringsruten til den største elven (Namsen), og påvirkning på denne bestanden er sannsynligvis upåvirket av vandringsruter, gitt det lave smittepresset på sørsiden av Vikna. Usikkerheten trekkes opp på grunn av lite overvåkningsdata nord for Vikna, og at sjørreteten indikerer at smittepresset har vært høyt noen steder.

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.

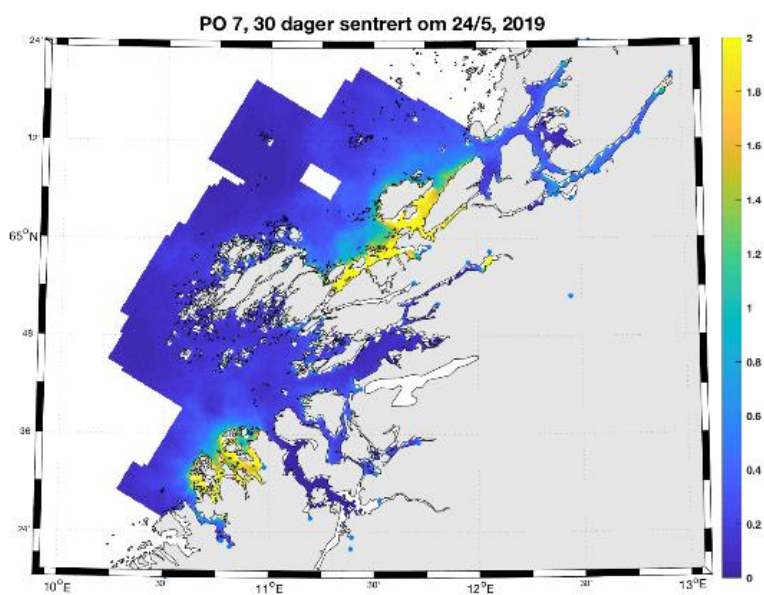
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	31	22	902 000 (8,9 %)
2017	37		
2018	39		
2019	44		



Figur 21. Produksjonsområde 7. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 7. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 22 Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 7 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 23. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) 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).

Trålfangst: Det er trålt i utvandningsruten til Namsen i dette området. Antall lus på fisken var meget lavt. Fangstene har derimot vært fåtallige og dekker kun ett område av POet i utløpet av Namsfjordsystemet. Tidspunktet trålhalet er gjort passer godt med når man skal forvente smolten vandrer. Det konkluderes med at tråldata støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, men gruppen vurderer konklusjonen som middels usikker på grunn av lave fangster, at fangstene er tatt relativt tidlig i utvandningsruten, og med dårlig geografisk dekning.

Sjøørret ruser: Det er tre rusestasjoner i PO7. Estimert dødelighet varierer fra lavt til høyt på de tre stasjonene. Antall fangster er relativt gode og tidspunktet passer i forhold til smoltutvandring, med unntak av uke 25 som er noe sent. Smittepresset i utvandring for Namsen virker å være relativt lav. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Usikkerheten til konklusjonen er derimot høy fordi det også observeres høye nivåer av lus på sjøørret noen steder.

Vaktbur: Vaktbur er satt ut i de to første ukene i juni og dekker geografisk området godt. Det er lave nivåer av påslag på de fleste av burene, med unntak av nord for Vikna. Basert på nivåer og plassering av bur med moderate påslag konkluderes det med at vaktbur støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at konklusjonen er lite usikker.

HI smittepress: Smittepresset er moderat til høyt i sør og nord, men det er lavt i den antatte vandringsruten for laksesmolten fra Namsen. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 9%. Størrelsen på området varierer noe og øker betydelig etter tidspunktet for 50% utvandring. Indeksen ligger dessuten på grensen mellom lav og moderat. Sensitivitetstest med høyere grenseverdi (12 lus per fisk) endrer indeksen lite. Moderat smittepress fra burdata var stort sett sammenfallende med moderat smittepress i modellen. Det konkluderes med at data fra HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker fordi den ligger tett opp mot moderat og er sensitivt til utvandringstidspunkt.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå er moderat for alle elver. Den estimerte dødeligheten for fisk i PO7 er betydelig høyere i 2019 enn i 2018. Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandningsforløp. Den estimerte dødeligheten for hele området er i snitt moderat (uvektet 20% og vektet 23%). På tross av variasjon mellom estimat med ulikt tidsforløp for utvandring blir ikke klassifiseringa endret. Det konkluderes med at data fra HI smolt støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Det legges vekt på at det er usannsynlig at modellen ville endt opp med en veldig annerledes konklusjon gitt at snittverdien ligger midt i kategorien og konklusjonen vurderes derfor som lite usikker.

VI virtuell smolt: Snittdødelighet ligger på 2 % uvektet, 5 % vektet og verste senario ligger over 30 %. Tidligere års data fra bur rundt Namsen og Vikna har blitt brukt til kalibrering av modellen. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har stor usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt 5 %. Luseindusert dødelighet er generelt lav over store deler av området. Unntaket er i Tosen hvor påvirkningen er moderat med 26 og 24 % for Bogelva og Eide. Sammenligning burdata og modellestimat stemmer relativt godt overens. Det konkluderes med at SINTEF smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Usikkerheten ut ifra nivå og sammenligning med observasjoner vurderes til å være middels.

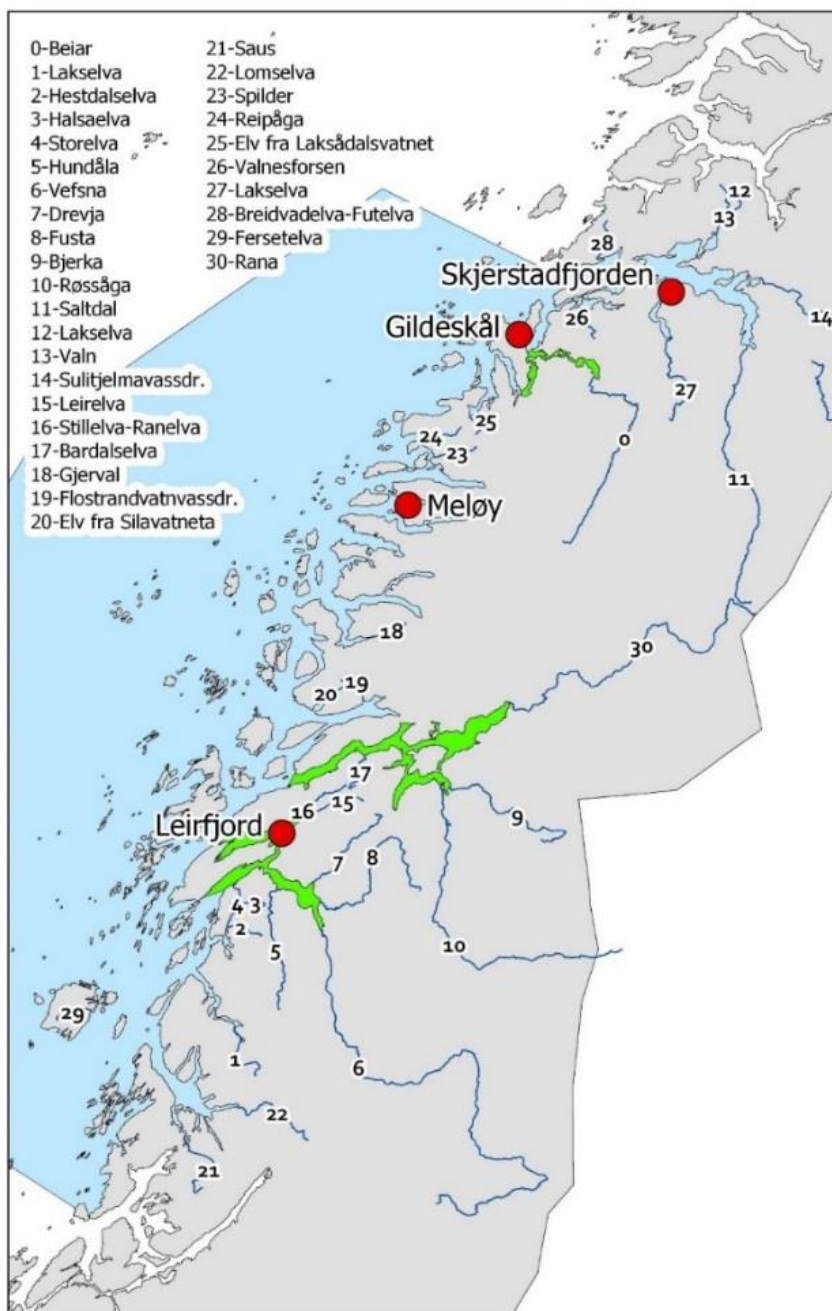
5.11. Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

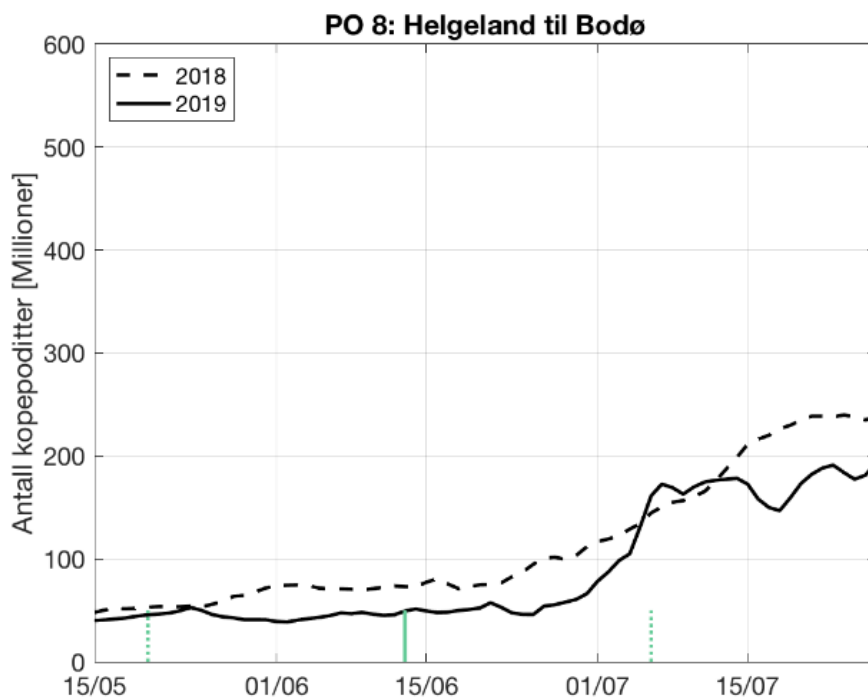
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha middels usikkerhet. Smittepressmodeller og smolt modeller indikerer at det er lite smittepress i området totalt sett. Likevel observeres det stedvis relativ høye påslag av lakselus på sjøørret, som er det eneste overvåkningsdataen tilgjengelig for dette POet. Sjøørreten som fanges er ofte store og vil dermed ha mer lus. I tillegg observeres det lommer av forhøyet smittepress som kan forklare hvorfor man ser på stedvis høye observasjoner av lus på sjøørret. Det virker derimot usannsynlig at utvandrende laksesmolt blir sterkt påvirket av disse områdene med forhøyet smittepress.

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.

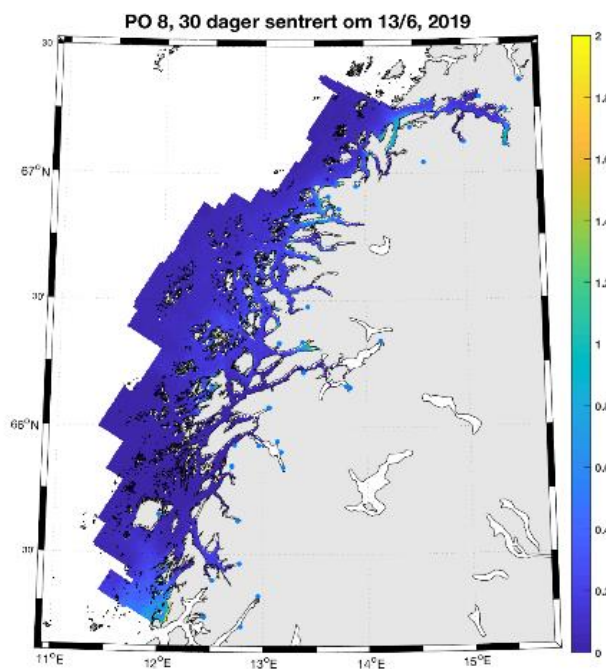
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	53	30	364 000 (3,6 %)
2017	55		
2018	67		
2019	73		



Figur 24. Produksjonsområde 8. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 8. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 25. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 26. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Vefsna og Fusta med henholdsvis 35 % og 7 % av teoretisk smoltproduksjon. Røssåga og Rana har videre 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).

Sjøørret ruser: Det er fire sjøørrestasjoner i området hvor estimert dødelighetseffekt varierer fra høyt til lavt. En viktig del av vurderingen er at smittepresskartet indikerer at området har lavt smittepress, men at det er noen områder med høye verdier. Stasjonene med høye påslag i rusene er i nærheten av slike områder. Det er også et viktig element at antall fisk fanget på flere stasjoner er få og fangstene domineres av store ørret (som har større mengder lus på seg). Gruppen konkluderer at snittverdiene peker på moderat effekt, men vurderer det sannsynlig som at dette er noe overestimert på grunn av den romlige fordelingen av smitte i området. I tillegg er det et veldig stort område som gjør det vanskelig å overvåke. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet og at konklusjonen har stor usikkerhet.

HI smittepress: Smittepresset er lavt i området. Modellert område med høy påvirkning utgjør 2%. Størrelsen på området varierer lite rundt tidspunktet for 50% utvandring. Det konkluderes med at HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra moderat til lav. Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandningsforløp. Uvektet og vektet gjennomsnittet av lakselusindusert villfiskdødelighet er begge på 7%. På tross av variasjon mellom estimat med ulikt tidsforløp for utvandring blir ikke klassifiseringen endret. Dødelighetsestimatene ved sen utvandring ligger imidlertid nær 10 %. Det konkluderes at HI smolt støtter en kategorisering av området lav påvirkning, og at denne konklusjonen er middels usikker på grunn av at verdien er relativt nær grensen til moderat og smittepresset øker med senere utvandring.

VI virtuell smolt: Snittdødelighet ligger på 1 % uvektet og vektet og verste scenario ligger over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker.

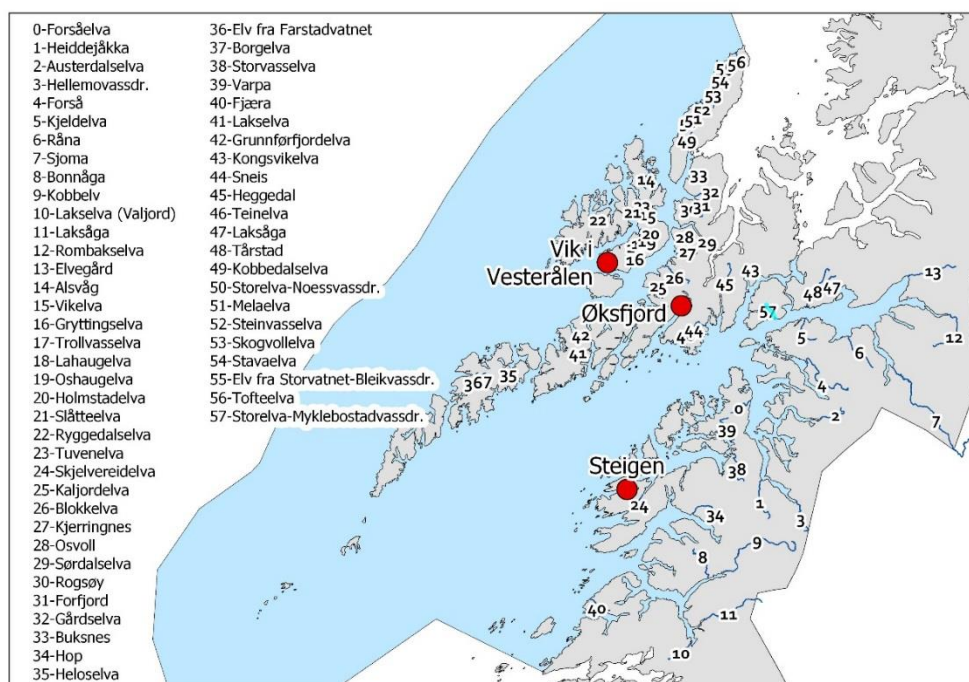
5.12. Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

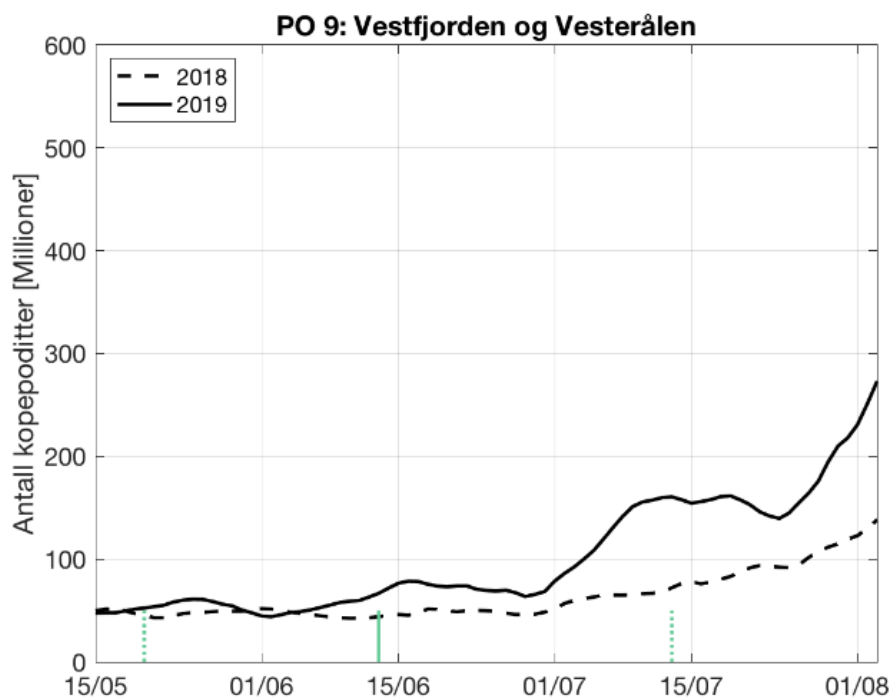
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha middels usikkerhet. Overvåkningsdata består kun av tre sjøørretrusestasjoner. Fangstene er også relativt lave, og indikerer lav til moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Usikkerheten er derfor stor knyttet til disse dataene, men smittepressmodellene og smoltmodellene indikerer alle lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og gruppen legger derfor stor vekt på disse modellene i området. Det er usannsynlig at kategoriseringen vil endre seg med små endringer i modellen, men usikkerheten trekkes opp av relativt lite data og at det i noen områder indikeres moderat lakselusindusert villfiskdødelighet på sjørret.

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.

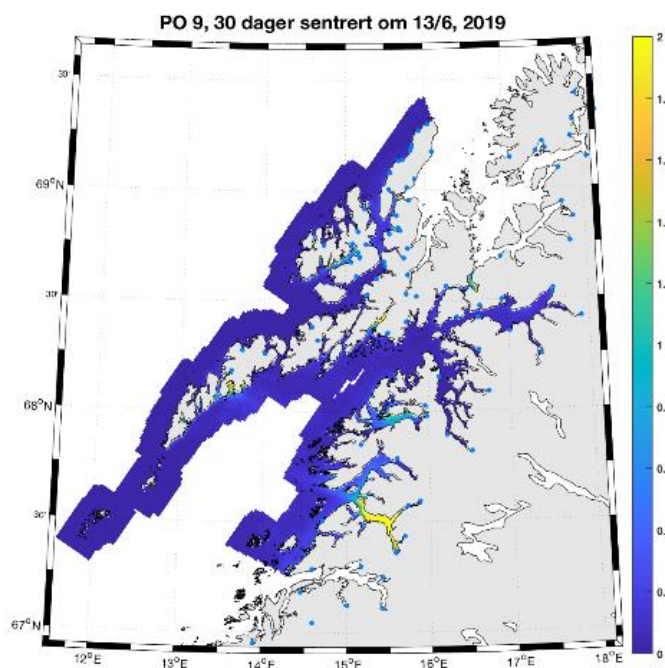
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	44	58	193 000 (1,9 %)
2017	57		
2018	54		
2019	64		



Figur 27. Produksjonsområde 9. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 9.



Figur 28. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 29. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden.

Viktige elver: Dette POet domineres av det kystnære vassdraget Buksnesvassdraget i Vesterålen med 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).

Sjøørret ruser: Det er tre stasjoner i området. Dekningen med kun tre stasjoner er lite for et så stort område. I tillegg er antall fisk fanget ved de forskjellige stasjonene noe lavt. Estimert dødelighet for de relevante periodene varierer fra lavt til moderat, mens de i siste uken i Steigen er estimert høy dødelighet. Dette tidspunktet vurderes som for sent til å være veldig relevant for utvandrende laksesmolt. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Usikkerheten til konklusjonen er derimot stor på grunn av relativt lite fisk, og dårlig geografisk dekning.

HI smittepress: Smittepresset er lavt i det meste av området (bortsett fra i noen små lokale områder). Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør 2 %. Størrelsen på området varierer lite rundt tidspunktet for 50% utvandring. Det konkluderes med at HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra lav til høy. Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandningsforløp, og den vektet klassifiseringen endret seg fra lav til moderat (8 til 10%) for normalt og sent utvandningsforløp. Det konkluderes at HI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Grunnet ulik klassifisering avhengig av vektet/uvektet gjennomsnitt og tidsforløp for utvandring, i tillegg til at det er stor variasjon innad i området, er konklusjonen vurdert som å ha stor usikkerhet.

VI virtuell smolt: Snittdødelighet ligger på 2 % uvektet og vektet og verste scenario ligger over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker.

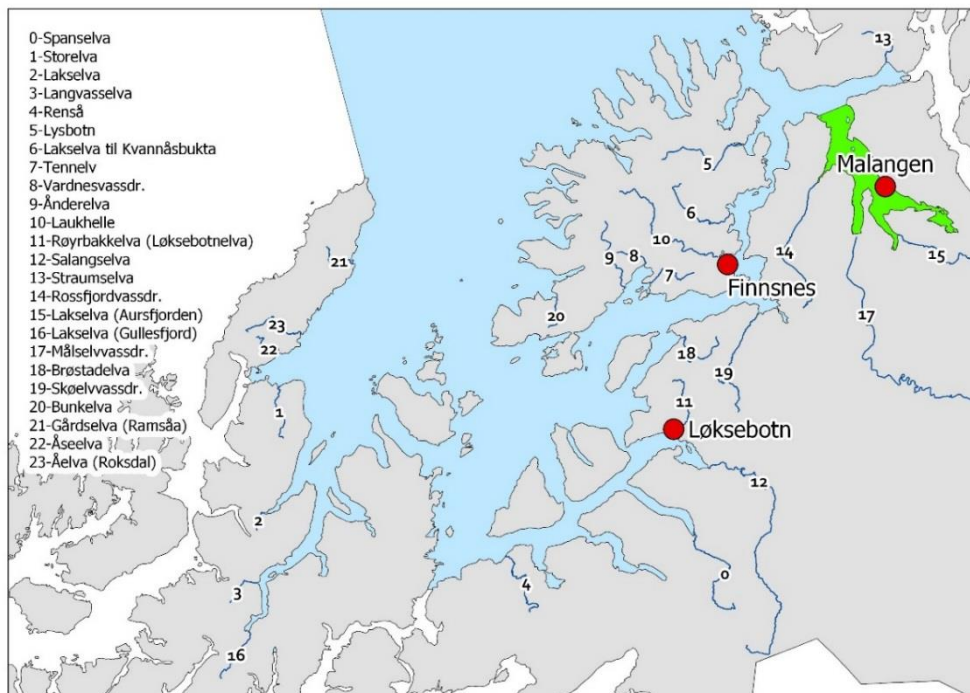
5.13. Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

Konklusjon: Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019. Kategorien ligger nærmere lav enn høy lakselusindusert dødelighet.

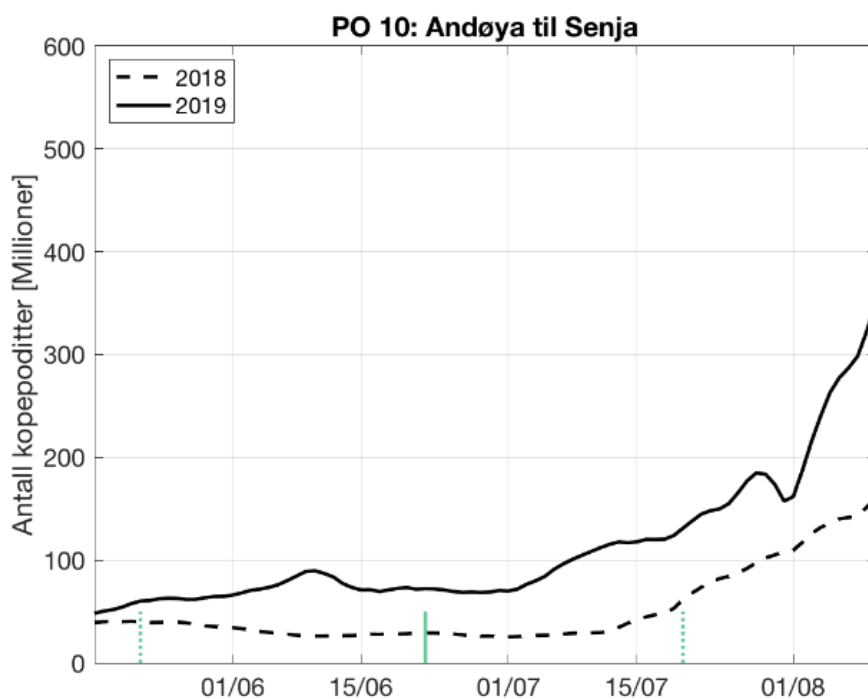
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha stor usikkerhet. Det foreligger kun overvåkningsdata fra tre ruser, og disse tilsier en kategorisering av området til moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Dette støttes av smittepressmodellen til HI som viser et betydelig område med forhøyet smittepress, og av HI smolt som også indikerer moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Data fra området med den største elven (Målselv) indikerer derimot lavt smittepress ettersom den renner ut i en relativt isolert nasjonal laksefjord. Dette reflekteres i at vektet dødelighet er betydelig lavere enn uvektet. I motsetning til HI modellen, indikerer VI smoltmodell lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Det legges derimot spesielt vekt på at det er et relativt stort område med forhøyet smittepress som sammenfaller med observasjonene som gjøres på sjørret. Det konkluderes med at det er sannsynlighetsovervekt for kategorisering av POet i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Samtidig påpekes at denne kategoriseringen har stor usikkerhet fordi konklusjonen baseres i stor grad på overvåkningsdata kun fra sjørret.

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.

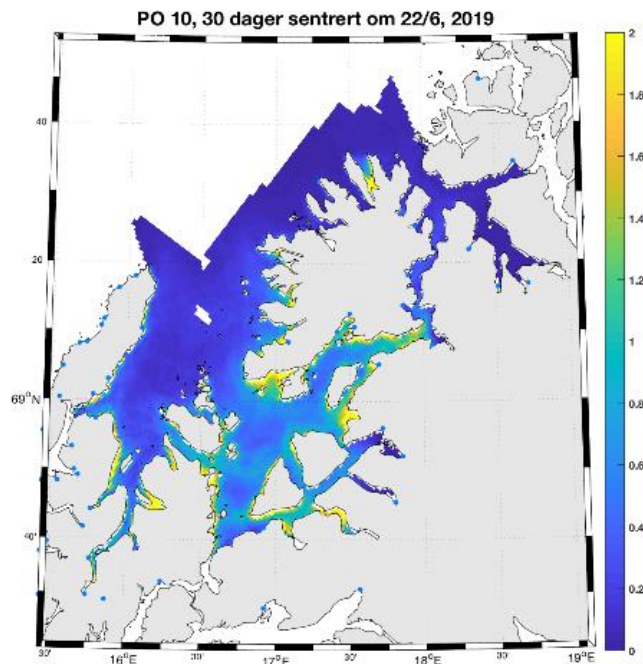
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	41	24	328 000 (3,2 %)
2017	45		
2018	43		
2019	48		



Figur 30. Produksjonsområde 10. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 10. Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



Figur 31. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukket linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 32. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden.

Viktige elver: Dette produksjonsområdet domineres av Målselva og Laukhelle med henholdsvis 38 og 8 % av teoretisk smoltproduksjon, i tillegg til Salangsvassdraget med 16 % og Roksdalsvassdraget med 10 %. Antatt tidspunkt for utvandring: 22. mai – 20. juli, med dato for 50 % utvandring beregnet til 22. juni (uke 25).

Sjøørret ruser: Det er tre ruser i området og estimert dødelighet i områdene varierer fra lave i Malangen i utvandringsruten for laksen fra Målselv, og moderat til høyt på Finnsnes og i Løksebotten (i vandringsruten for smolt fra Salangsvassdraget). Antall fisk og tidspunktet for fangst dekker den perioden vi antar smolten vandrer fra området. Usikkerheten ligger i at det er relativt få ruser for et så stort område. Samtidig virker data fra rusene å stemme godt overens med smittepresskartet. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er moderat usikker.

HI smittepress: Smittepresset er moderat til høyt i deler av området. Modellert område med høy påvirkning utgjør 15%. Størrelsen på området varierer lite rundt tidspunktet for 50% utvandring og holder seg i kategorien moderat. Sensitivitetstest med høyere grenseverdi (12 lus per fisk) reduserer indeksen lite, og forblir i kategorien moderat. Gruppen legger vekt på at det er mye som skal til for at modellen ender i en annen kategori. Det konkluderes med at HI smittepress støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra høy til lav. Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandringsforløp. Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet for hele området er henholdsvis 16% og 11%. Det konkluderes at HI smolt støtter en kategorisering av området moderat påvirkning. På tross av variasjon mellom estimat med ulikt tidsforløp for

utvandring blir ikke klassifiseringa endret. Konklusjonen vurderes derfor til å ha liten usikkerhet.

VI virtuell smolt: Snittdødelighet ligger på 2% uvektet og vektet og verste scenario ligger over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker.

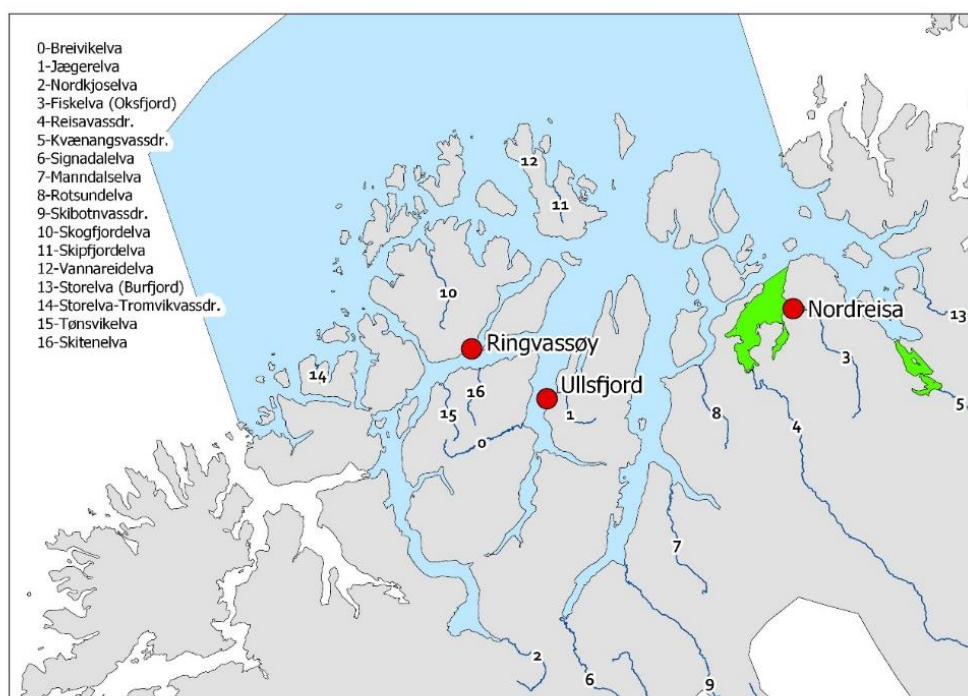
5.14. Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

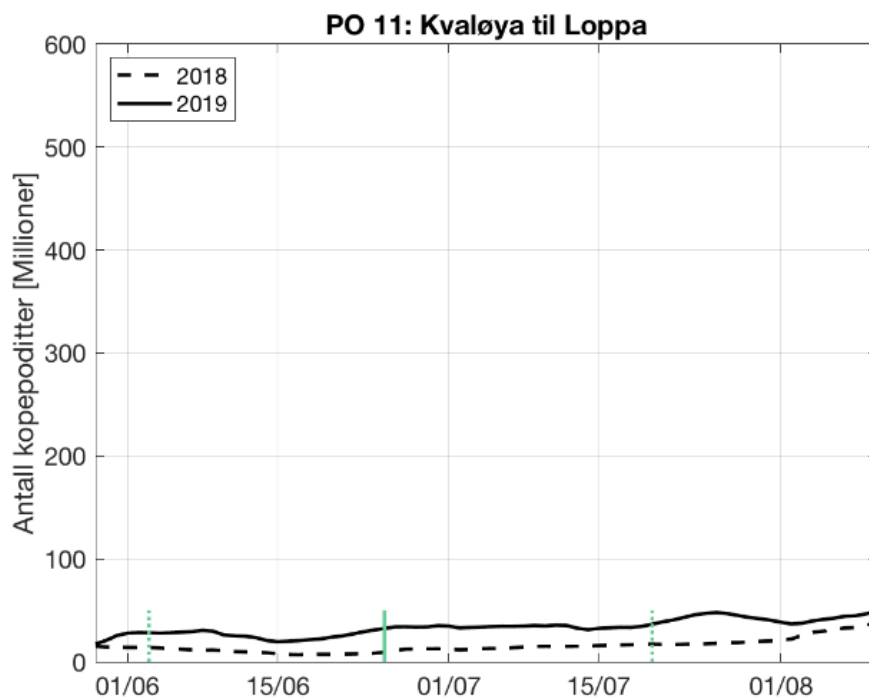
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha liten usikkerhet. Det er kun overvåkningsdata fra sjøørret ruser (3) i hele POet. Disse indikerer derimot lave påslag av lus, og dette støttes i stor grad av modellene, med unntak av HI smolt som indikerer moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne ligger akkurat på grensen til lav og gruppen vektlegger derfor ikke denne metoden i stor grad for dette POet.

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.

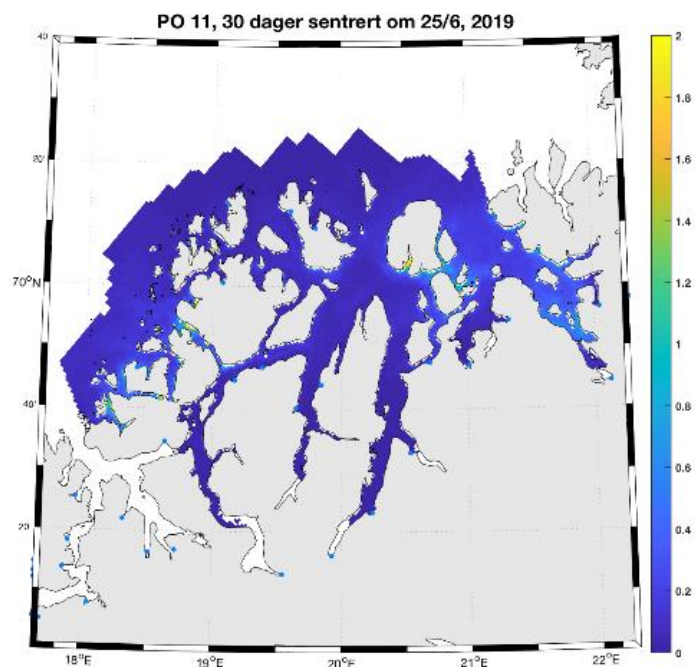
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	24	17	141 000 (1,4 %)
2017	26		
2018	26		
2019	23		



Figur 33. Produksjonsområde 11. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 11. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 34. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 11 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 35. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) 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).

Sjøørret ruser: Det er tre stasjoner i området, og alle stasjonene indikere lave nivåer av lus. Det er viktig å påpeke at det er lite fisk på stasjonen ved Ringvassøy, og all fisken fanget der var relativt stor. Det er noe økende infestasjon i Ullsfjorden, men dette påvirker trolig i mindre grad den utvandrende laksen. Det er relativ god overenstemmelse med smittepresskart som indikerer lavt smittepress i dette området. Tidspunktet for overvåkingen virker å stemme ganske godt overens med når vi antar laksesmolten vandrer. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

HI smittepress: Smittepresset er lavt i dette området. Modellert område med høy påvirkning utgjør 1%. Størrelsen på området varierer lite rundt tidspunktet for 50% utvandring og holder seg i kategorien lav. Det konkluderes med at HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra moderat til lav. Den estimerte lusemengden på fisken øker noe med senere utvandningsforløp. Klassifiseringa endres fra lav til middels for vektet (10%) og uvektet gjennomsnitt (11%). Det konkluderes at HI smolt støtter en kategorisering av området moderat påvirkning, men at denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi den ligger på grensen til lav.

VI virtuell smolt: Snittdødelighet ligger på 1% både uvektet og vektet og verste senario ligger ikke over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

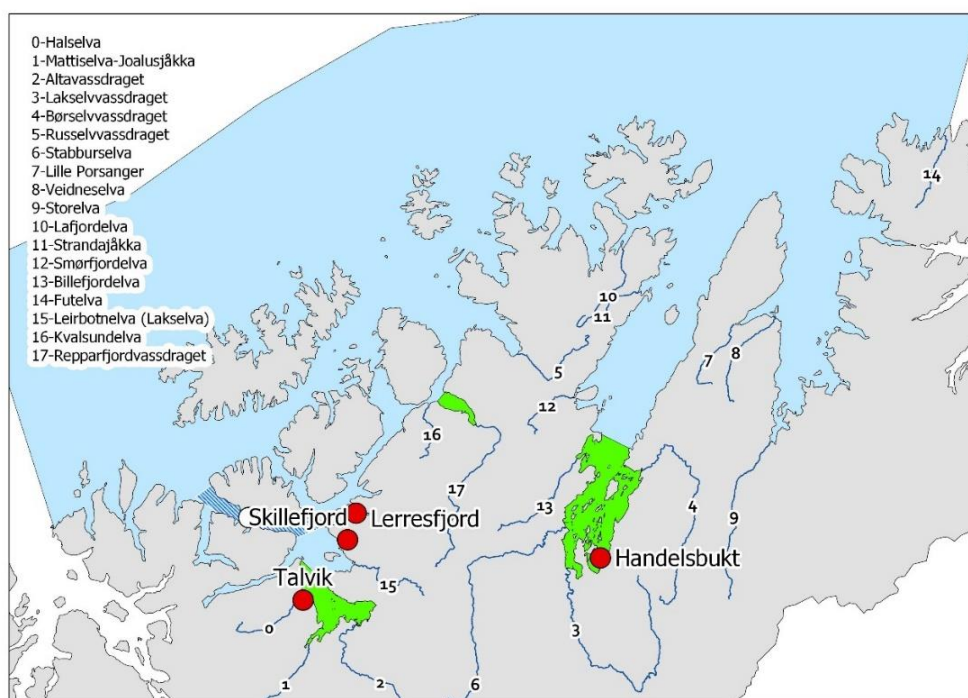
5.15. Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

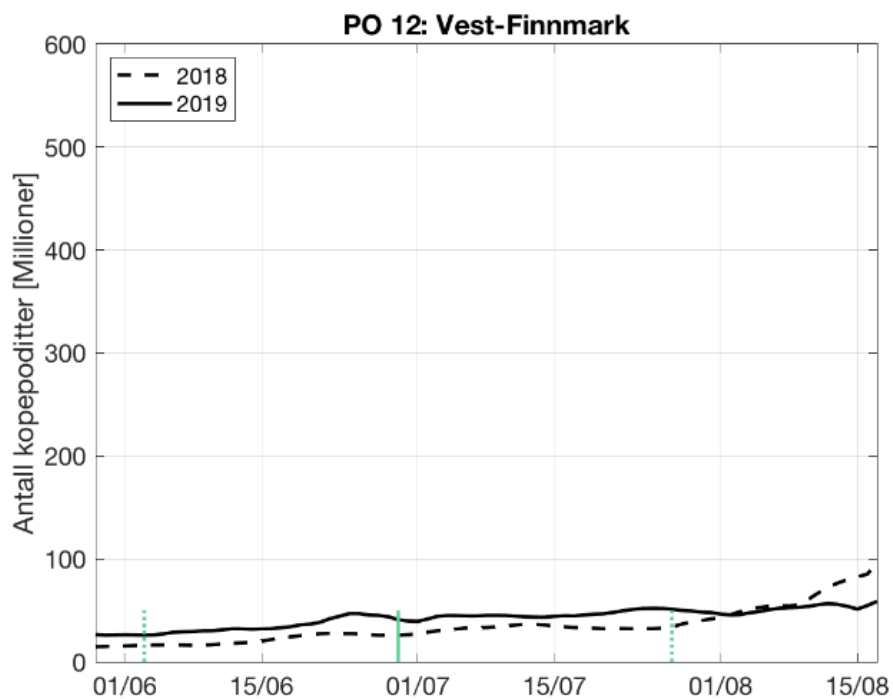
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha middels usikkerhet. Dette begrunnes med at i Altafjorden, som er det oppdrettsintensive området i dette POet, observeres moderat effekt på rusefanget sjørret, og liten for de øvrige data og modeller. Det bemerkes også at HIs virtuelle smolt estimerer moderat dødelighet på smolt fra Altaelva, som er høyere enn observert på tråldata. Tråldata dekker derimot ikke hele utvandningsruten.

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.

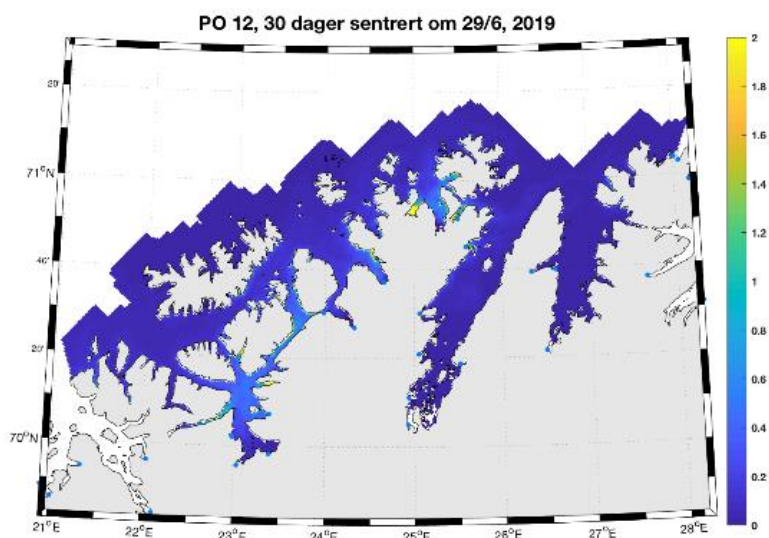
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	18	587 000 (5,8%)
2017	34		
2018	36		
2019	49		



Figur 36. Produksjonsområde 12. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), lakseruse (hvit sirkel), samt området det er trålt i (blått skravert) i produksjonsområde 12. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 37. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 38. Tetthet av kopepoditter (antall kopepoditter per kvadratmeter) 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).

Trålfangst: Det er trålet i ytre deler av Altafjorden i dette området (som også ansees som utvandringsruten til den viktigste lakseelven). Den geografiske plasseringen av trålhalet virker til å være god for Altafjorden, og antall og tidsperiode dekker utvandringen fra denne fjorden godt. Mellom 25 og 31% av fangsten hadde lus, men intensiteten var lav. Det regnes derfor lav risiko for dødelighet. Det er ikke trålet i andre deler av POet, men det er ingen tegn i smittepress modellen at dette skal utgjøre noe stor effekt. Det konkluderes med at tråldata støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen har liten usikkerhet.

Sjøørret ruser: Det er tre stasjoner i området, to i Altafjorden (Skillefjord og Talvik), samt Handelsbukt, og dette ansees som noe lavt for et så stort område. Antall fisk fanget vurderes som gode. Stasjonene er undersøkt i ukene 28-30. Estimert dødelighet vurderes som moderat for begge stasjonene i Altafjord, og lav i Handelsbukt. Den noe høyere infestasjonen i Skillefjord uke 28 sammenfaller med noe høyere modellert smittepress her. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Tidspunktet for fangster er noe sent i forhold til smoltutvandring, og konklusjonen vurderes derfor til middels usikker.

HI smittepress: Smittepresset er lavt i det meste av området (unntak noen små fjordarmer). Modellert område med forhøyet smittepress utgjør 1%. Størrelsen på området varierer lite rundt tidspunktet for 50 % utvandring og holder seg i kategorien lav. Det konkluderes med at HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Estimaten er så lave at gruppen konkluderer at konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Effekten på bestandsnivå varierer fra moderat til lav. Den estimerte lusemengden på fisken øker med senere utvandringsforløp. Det er derimot viktig å påpeke at den estimerte effekten på Altaelva ligger på 20 %. Det uvekta og vekta gjennomsnitts dødeligheten er henholdsvis 7% og 14%. Det konkluderes at HI smolt støtter en kategorisering av området i lav påvirkning, men grunnet ulik klassifisering avhengig av vektet/uvektet gjennomsnitt, og at den estimerte effekten på Altaelva ligger på 20 %, er usikkerheten vurdert som stor.

VI virtuell smolt: Snittdødelighet ligger på 0 % uvektet, 1 % vektet og verste scenario ligger ikke over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

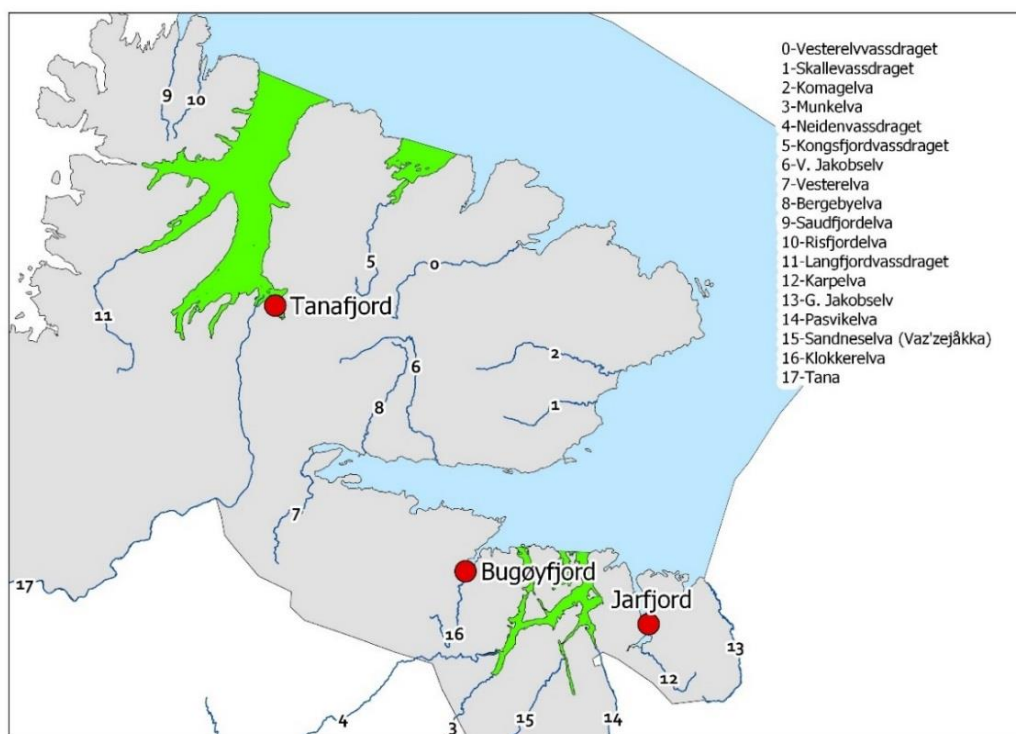
5.16. Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Konklusjon: Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2019.

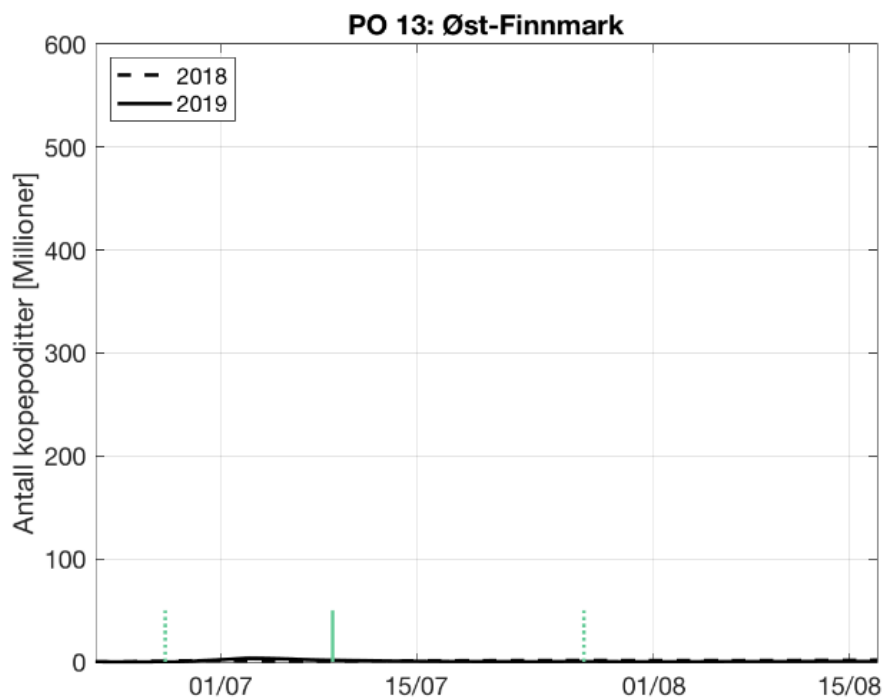
Usikkerhet: Konklusjonen vurderes som å ha liten usikkerhet. Alle metoder peker på lav lakselusindusert villfiskdødelighet og har liten usikkerhet.

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.

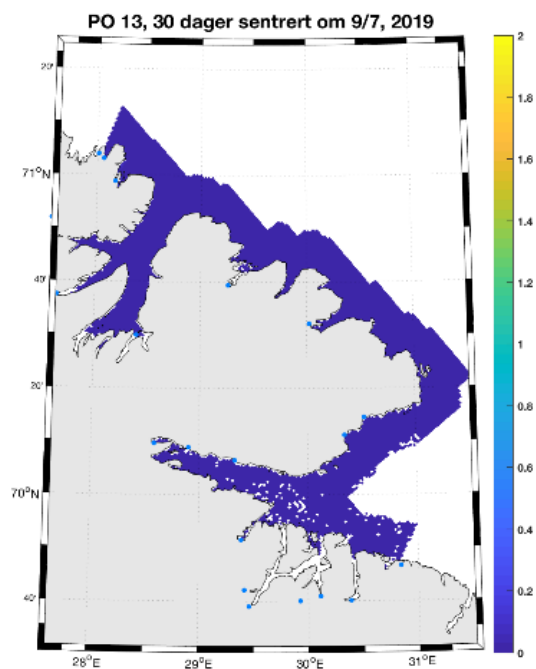
	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	2	18	1 111 000 (11,0 %)
2017	1		
2018	2		
2019	3		



Figur 39. Produksjonsområde 13. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 13. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



Figur 40. Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden. Loddrette grønne linjer indikerer smoltutvandringsperioden, hvor stiplet linje er estimert start og slutt, mens heltrukken linje er median utvandringstidspunkt.



Figur 41. Tetthet av kopepoditter (kopepoditter per kvadratmeter) 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).

Sjøørret ruser: Det er tre stasjoner i området, som i utgangspunktet er lite for et så stort område. Det er generelt sett lave nivåer av lus på alle stasjoner og tidspunkt. Modellen indikerer ingen områder med vesentlig høyere smittepress enn de områdene som er undersøkt. Det konkluderes med at sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og vi vurderer derfor at konklusjonen har liten usikkerhet.

HI smittepress: Smittepresset er lavt i hele dette området. Modellert område for høy påvirkning utgjør 0 %. Ingen deler av området har forhøyet smittepress, og det er ingen tegn til økning i smittepress utover sesongen. Det konkluderes med at HI smittepress støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Estimatene er så lave at gruppen konkluderer at konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Den estimerte dødeligheten for fisk i PO13 er meget lav. Det konkluderes at HI smolt støtter en kategorisering av området lav påvirkning. Grunnet liten variabilitet mellom modellestimata vurderes konklusjonen som lite usikker.

VI virtuell smolt: Det er ingen modellert effekt på dødelighet for noen av bestandene. Det er ingen bur fra området som har blitt brukt til kalibrering, men det ansees som svært usannsynlig at dette påvirker resultatene. Det konkluderes med at VI smolt støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er lite usikker.

5.17. Utvikling over tid

Ekspertgruppen har gjort vurderinger av lakselus induisert villfiskdødelighet i perioden 2016-2019 (tabell 16).

Tabell 16 Ekspertgruppens hovedkonklusjoner for kategorisering av luseindusert villfiskdødelighet for utvandrende post-smolt av laks i alle produksjonsområder i perioden 2016-2019.

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

Over en så kort periode som fire år er det umulig å skille en reell trend fra rene tilfeldigheter. Et element som gjør en trendanalyse enda vanskeligere er at produksjonen i oppdrett vanligvis varer over to år. Dette vil føre til at i noen POer vil det være større produksjon og påslag av lakselus på utvandrende laksesmolt annethvert år. Eksempelvis vil produksjonssykluser føre til at det i annethvert år vil være høyere smittepress i ytre del av fjorder, hvor flere bestander vil bli påvirket enn hvis smittepresset var høyt lenger inne i fjorden.

Likevel er det mulig å se et generelt mønster, hvor kategoriseringer i moderat og høyt hovedsakelig skjer i sørlige og sørvestlige POer (med unntak av PO1). Ett unntak er PO10 i 2019, som ble kategorisert som moderat.

6. Konklusjoner

I 2018 var lakselusindusert villfiskdødelighet i PO3 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO2, PO4, PO5 og PO7 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10-30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO6, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12 og PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

I 2019 var lakselusindusert villfiskdødelighet i PO4 og PO5 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO3 og PO10 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10-30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO2, PO6, PO7, PO8, PO9, PO11, PO12, PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

Som tidligere år påpeker ekspertgruppen at vurderingene er generelt sett sensitive ovenfor

- (1) korrekt beskrivelse av når og hvor laksesmolten vandrer ut av vassdragene og fjordene,
- (2) korrekt beskrivelse av smittepresset og dets utvikling, og
- (3) korrekte dødelighetsgrenser.

I henhold til disse punktene påpekes det at til punktene:

- (1) Det påpekes at det er spesielt stor usikkerhet knyttet til utvandringstidspunkter fra og med PO5 og nordover.
- (2.1) Kunnskapen om luseinfestasjon på vill laksesmolt har økt betraktelig de siste årene med mye bedre overvåkingsdata (mer data fra tråling av vill laksesmolt), og metoder som kan identifisere opphavsvelven til fisk. Disse dataene styrker både datagrunnlaget bak vurderingene og kalibreringen av modellene.
- (2.2) Mer detaljert informasjon fra lusetellinger, slik som telledato og antall lus per fisk, samt ukentlige innrapportering av antall fisk, slaktedato og sjøtemperatur kan bidra til redusert usikkerhet i modellestimatene. Det samme kan informasjon om fisk i slaktemerder, og antall lus på disse.
- (3) Gruppen har i denne rapporten inkludert vurdering av nye data som kan brukes til å dokumentere dødelighetsgrenser (appendiks XI), men påpeker allikevel at det bør gjennomføres flere studier fordi kunnskapsgrunnlaget bak disse grenseverdiene fortsatt er begrenset.

Det påpekes også at det er områder nord for PO7 hvor det er knyttet økende usikkerhet til vurderingene. Her anbefales det å innhente mer overvåkingsdata for å bedre et framtidig beslutningsgrunnlag hvis smittepresset skulle øke i PO7 og nordover.

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.
- 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.
- 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. In *Rapport fra Havforskningen*, p. 58 pp.
- 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.
- 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*, vol 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 pp.
- 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.
- 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.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T. mfl. (2013). Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases*, **36**: 273-281.
- 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**, 2.
- 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. 59pp.
- Johnsen, I. A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A. D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K. A., Karlsen Ø. Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) Infestation pressure on Atlantic salmon (*Salmo salar*) during post-smolt migration in Norway *in review*.
- 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.
- Kristoffersen 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.
- 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.
- Myksvoll, M.S., Asplin, L., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Ådlandsvik, B., Albretsen, J., Skarðhamar, J. (2018a). 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.S., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Kristensen, N.M., Melsom, A., Skarðhamar, J., & Ådlandsvik, B. 2018b. Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system – from physics to fish. *PLoS ONE*, 13(7)
- Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A.B., Sandvik, A.D., Sægvog, H., Ugedal, O., Vollset, K.W., Myksvoll, M.S. (2017). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Peterson, I. & Wroblewski, J. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1117-1120.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skardhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M., Skogen, M. D. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 527-542.

- Sandvik, A.D, Johnsen, I.A., Myksvoll, M., Sævik P. N., Skogen, M.D., (2019). Prediction of the salmon lice infestation pressure in a Norwegian fjord. In review, *ICES Journal of Marine Science*
- 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, p 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, p. 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 viltlevende 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 J. 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., 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.
- Urke, H. A., Kristensen, T. & Ulvund, J. B. (2015). Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lardalselvi 2014. In *INAQ AS 1393*, p. 19 s.
- 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. Havforskningsinstituttet.

8. Appendiks

- Appendiks I: Oversikt over laksevassdrag og utvandringstidspunkt for smolt
- Appendiks II: En vurdering av lakselusinfestasjonen i produksjonsområdene i 2018 og 2019
- Appendiks III: Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur
- Appendiks IV: Modellering av smittsomme lakseluslarver (HI)
- Appendiks V: Påvirkning fra lakselus på vill laksefisk (HI)
- Appendiks VI: Utvandring av virtuell postsmolt 2018/2019 (HI)
- Appendiks VII: Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet for villaks for 2019 (VI)
- Appendiks VIII: Simulert luseindusert dødelighet på virtuell smolt i produksjonsområde 2 til 7 ved bruk av SINMOD (SINTEF)
- Appendiks IX: Smolt
- Appendiks X: Sjøørretrappen
- Appendiks XI: Vurdering av dødelighetsgrenser
- Appendiks XII: Spørsmål brukt i vurdering av produksjonsområdene