Sjøørret (*Salmo trutta*) i trafikklysarbeidet – innledende undersøkelser

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

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

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

Knut W. Vollset, *Forsker ved NORCE*

Ørjan Karlsen, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Jan G. Davidsen, *Forsker NTNU Vitenskapsmuseet*

Harald Sægrov, *Forsker ved Rådgivende Biologer AS*

Innholdsfortegnelse

1. Utvidet sammendrag 3
2. Bakgrunn for oppdraget 5
3. Innledning 6
3.1 Oppgaven 6
4. Løsningsforslag og definering av biologisk relevante parameter 7
4.1 Antall vassdrag og posisjoner på disse. 8
4.2 Marint leveområde for sjøørret. 8
4.3 Størrelsen til førstegangsvandrere. 9
4.4 Tidsperioden førstegangsvandrere er i sjøen. 11
4.5 Oppholdstiden til sjøørret i sjøen. 13
4.6 Under hvilke forhold blir det marine habitatet utilgjengelig for sjøørret på grunn av lakselus – grenseverdier for effekt. 14
5. Modellert redusert tilgjengelighet av marint habitat for ørret i PO3 og PO5. 17
5.1 Modelloppsett og valg av grenseverdier 18
6. Resultater fra modellkjøringen 21
6.1 Produksjonsområde 5 (PO5) 21
6.1.1 Eksempel fra utvalgte elver – Eira og Rauma - PO5 26
6.2 Resultat fra den nasjonale lakselusovervåkingen (NALO) i PO5. 31
6.3 Produksjonsområde 3 (PO3) 32
6.3.1 Eksempel fra utvalgte elver – Etne og Oselva - PO3 37
7. Konklusjon 41
8. Referanser 43

Forsidefoto: John B. Pedersen.

1. Utvidet sammendrag

Sjøørret påvirkes av lakselus og det er påvist alt fra stressresponser til dødelighet med økende infestasjoner av lus. Sjøørret har en atferdsrespons som reduserer sannsynligheten for å dø av lakselus ved at den kan søke seg til vannmasser med lavere saltholdighet hvor lusen etter en stund vil falle av. Denne atferden kan sees som en økologisk avveining mellom tapt tid til beiting og de fysiologiske effektene av lakselus. Denne avveiningen varierer sannsynligvis mellom individer og populasjoner, og vil i praksis føre til at et forvaltningsmål basert kun på dødelighetsgrenser slik det er implementert i produksjonsområdeforskriften for laks, ikke vil fange opp den reelle effekten og dermed være en dårlig bærekraftsindikator for sjøørret. I et tidligere arbeid fra ekspertgruppen ble det foreslått at tapt marint leveområde sannsynligvis ville være en mer økologisk relevant bærekraftsindikator for sjøørret.

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 lakselusinfestasjon. Kunnskapsgrunnlag og grad av sikkerhet i vurderingene har blitt vektlagt og beskrevet.

I det påfølgende arbeidet er det foretatt et innledende forsøk på å definere spesifikt smittepress av lakselus på sjøørret i utvalgte marine habitat som ikke lenger er egnet oppholdssted for sjøørret. Et slikt mål er definert som redusert marint leveområde (RML) og redusert marin tid (RMT), og vil kunne gi innsikt i hvordan lakselusbelastninger på sjøørret i et større geografiske område vil kunne påvirke sjøørret i regionene. I kombinasjon med smittepressestimater for habitatet vil disse to målene til sammen i teorien gi en god oversikt over hvordan sjøørret i en region blir påvirket av lakselus. Metoden presentert i dette arbeidet er å ansees som innledende forsøk for å definere redusert marint leveområde.

Løsningsforslaget som vi presenterer i dette dokumenter er en modell som tar utgangspunkt i førstegangsutvandrende sjøørret som antas mest sårbare for effekter av lakselus. Modellforslaget tar utgangspunkt i Havforskningsinstituttets sin smittemodell, og har to modellprodukter. Første modellprodukt (1) regnes for hver elv, hvor man definerer et leveområde utenfor elven og beregner hvor stort andel av dette arealet som vil være uegnet oppholdssted for sjøørreten, og hvor lang tid av sesongen en del av dette arealet er uegnet for sjøørreten. Andre modellprodukt (2) beregner hvor store deler av hele produksjonsområdet som er uegnet for førstegangsvandrende sjøørret på grunn av lakselus. Dette innledende arbeidet har fokusert på produksjonsområde 3 (PO3 – Karmøy til Sotra) og produksjonsområde 5 (PO5 – Stadt til Hustadvika) og for enkeltelver innenfor hvert av disse POene.

For å kunne beregne disse modellproduktene er det nødvendig å definere følgende kriterier:

- Antall vassdrag og posisjoner på disse – basert på VRLs sjøørretrapport (Anon 2019)
- Marint leveområde for sjøørret.
- Størrelsen til førstegangsvandrere.

- Tidsperioden førstegangsvandrere er i sjøen.
- Oppholdstiden til sjøørreten i sjøen.
- Under hvilke forhold blir det marine habitatet utilgjengelig for sjøørret på grunn av lakselus - grenseverdier for effekt.

I kapittel 4 har vi fremmet forslag til hver av disse kriteriene. Disse har så blitt implementert i HI sin modell og i kapittel 5 og 6 presenter vi de preliminære resultatene fra disse kjøringene i PO3 og PO5.

Basert på kriteriene satt i denne rapporten viste modellen at en stor andel av sjøørretens marine leveområde i PO3 og PO5 ble påvirket av lakselus i 2019, og at for enkeltbestander ble marin tid i sjø sterkt redusert, spesielt når en spesifiserte sen utvandring i modellen. Det er imidlertid flere usikkerheter knyttet til denne modellen, herunder parameterne i den, og før den kan bli implementert som en bærekraftsindikator er det viktig at den blir validert mot feltobservasjoner.

Et annet viktig poeng er at metoden ikke beregner lakselusindusert villfiskdødelighet, men redusert marint habitat. Det behøves derfor en vurdering om hvordan man skal sette grenseverdier for å definere dette som en bærekraftsindikator.

For å kort oppsummere videre fremdrift foreslår vi følgende:

1) En grundig evaluering av hvordan disse målingene skal vurderes i forhold til dødelighetsgrensene som er opplistet.
2) At modellen bør vurderes opp mot datakilder (både NALO, prematur tilbakevandring og andre data som finnes og eventuelt kommer inn i nær framtid).
3) En fagfellevurdering av metoden og i den sammenheng at det skrives et manuskript med bakgrunn i dette dokumentet.

Vi vurderer derfor dette arbeidet som et innledende forsøk på å evaluere lakseluseffekter på sjøørret. Modellen ansees som et godt verktøy som kan videreutvikles for flere sjøørretvassdrag og produksjonsområder.

2. Bakgrunn for oppdraget

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon 2017) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. Avgrensingen av produksjonsområdene er basert på at de skal være minst mulig spredning av lakselus mellom områdene (Ådlandsvik 2015). Stortingsmeldingen Mld. St. 16 (Anon 2015) legger til grunn at bærekraftsindikatoren innen hvert produksjonsområde 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 lusepåvirking. 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:

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» (Nilsen mfl. 2019a) 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.»

3. Innledning

Brunørret er en laksefisk med naturlig utbredelse i Europa, Nord-Afrika og i det vestlige Asia, og den har blitt introdusert til mange andre steder i verden (Klemetsen mfl. 2003). Brunørret finnes i mange ulike leveområder, fra små bekker til store elver, innsjøer og kystnære områder i sjøen, men den gyter kun i ferskvann. Anadrom ørret, det vil si brunørret som har vandringer til saltvann, kalles sjøørret. Sjøørret og ferskvannsstasjonær brunørret er samme art (*Salmo trutta*) og samme foreldre kan gi avkom med både anadrom og ferskvannsstasjonær livshistoriestrategi. Relevante og nylig publiserte arbeider som omhandler disse momentene samt brunørretens biologi er nylig publisert i Thorstad mfl. (2015, 2016); Aldvén & Davidsen (2017); Nilsen mfl. (2019a), Nevoux mfl. (2019); Ferguson mfl. (2019) og Birnie-Gauvin mfl. (2019).

Siden sjøørreten oppholder seg ved kysten og i fjordene i hele den marine fasen er den påvirket av lakselus fra oppdrettsanlegg i en mye lengre periode enn utvandrende laksesmolt (Thorstad & Finstad 2018). Det er også vist at sjøørret har en potensiell atferdsrespons til lakselusinfestasjoner som gir prematur tilbakevandring til ferskvann/områder med lav salinitet (Birkeland 1996; Birkeland & Jakobsen 1997; Serra-Llinares mfl. 2018). I tillegg vil sjøørreten være av ulik størrelse og alder når den er i områder hvor den kan bli infestert av lakselus og dermed vil effekten av infestasjoner være ulike. Dette betyr at tilnærmingene for å beregne effekten av lakselus på sjøørret vil være ulik de metodene som er benyttet for laks. En mulig tilnærming som er diskutert i ekspertgruppen er å beregne endringer i tilgjengelig leveområde i sjø som følge av smittepress fra lakselus. Redusert tilgjengelighet av marint habitat vil gi effekter på sjøørretbestander i form av redusert vekst, reproduksjonspotensiale, overlevelse – og en mulig forskyvning fra anadrom til resident ørret.

3.1 Oppgaven

En av hovedutfordringene med å evaluere effekten av lakselus på sjøørretbestander er vår forståelse om hvordan lakselus påvirker sjøørret. Sjøørret har en atferdsrespons som reduserer sannsynligheten for å dø av lakselus ved at den kan søke seg til vannmasser med lavere saltholdighet hvor lusen etter en stund vil falle av. Effekten av vandring mot ferskvann er tosidig (1) sjøørreten vil kunne gjenoppnå osmotisk balanse ved at den plasserer seg i områder lavere enn 12 promille og (2) etter en gitt tid vil parasitten dø og falle av (Birkeland & Jakobsen 1997). Denne atferden kan sees som en økologisk avveining mellom beitevandring og de fysiologiske effektene av lakselus (Thorstad mfl. 2015). Denne avveiningen vil sannsynligvis variere mellom individer og populasjoner, og vil i praksis føre til at et forvaltningsmål basert på dødelighetsgrenser slik laks er implementert i produksjonsområdeforskriften vil være en dårlig bærekraftsindikator for sjøørret.

Samtidig er det også et annet element som kompliserer hvordan påvirkning av lus er på sjøørret. Sjøørreten er kjent for å ha en stor variasjon i atferdsstrategier (også innenfor populasjoner) som kan være genetisk eller fysiologisk betinget (Eldøy mfl. 2015; Bordeleau mfl. 2018; Nevoux mfl. 2019; Ferguson mfl. 2019; Birnie-Gauvin mfl. 2019). Hvis kostnadene til en atferd øker, vil frekvensen av denne atferden i populasjonen reduseres over tid. Dette er det man kan se for seg for sjøørret, hvor individer som er genetisk eller fysiologisk disponerte for å vandre lang vekk fra elven, og jevnlig ende opp i områder med mye lakselus (og høy salinitet), vil kunne forsvinne fra populasjonene. Slike effekter er ekstremt vanskelig å måle ettersom man ikke har gode nok kunnskap om hvor genetisk betinget slik atferd er og hvordan variasjonen i atferd til sjøørret er i forskjellige bestander. Det vi derimot vet fra atferdsstudier er at sjøørret kan bruke de fleste habitat i det marine miljøet hvor det er tilgjengelige byttedyr (Eldøy mfl. 2015; Flaten mfl. 2016; Davidsen mfl. 2018, 2019).

I tidligere studier hvor man har prøvd å koble bestandsstatus for sjøørret til smittepressmodeller for lakselus (Anon 2018), har man brukt argumentasjonen at det mest sårbare livsstadiet for sjøørret er postsmolten, og at disse hovedsakelig oppholder seg i nærheten av elvemunningen. Studier fra ulike fjordsystemer i Norge viser derimot at dette ikke alltid er tilfellet, men at selv relativt små postsmolt av sjøørret vandrer og utnytter habitatet langt fra det man kan definere som estuariet (>20 km) (Urke mfl. 2010; 2013; 2018; Flaten mfl. 2016; Davidsen mfl. 2018, 2019). En av problemstillingene med dette er at det blir vanskelig å koble lusesmitte til bestandseffekter fordi man ikke vet hvor man skal måle smittepress i det marine habitat.

En litt motsatt måte å se dette på er å definere områder i det marine habitat som ikke lenger vil være egnet oppholdssted for sjøørret. Et slikt mål definerer vi som "redusert marint leveområde (RML)", og vil kunne gi innsikt i hvordan luseforekomstene i et større geografiske område vil kunne påvirke sjøørretbestandene i regionen. I kombinasjon med smittepressestimater for habitatet rundt elvemunningen vil disse to målene til sammen i teorien gi en god oversikt over hvordan sjøørret i en region blir påvirket av lakselus.

4. Løsningsforslag og definering av biologisk relevante parameter

Løsningsforslag som vi presenterer i dette dokumenter er en modell som tar utgangspunkt i førstegangsutvandrende sjøørret som antas mest sårbare for effekter av lakselus. Modellforslaget tar utgangspunkt i Havforskningsinstituttets sin smittemodell, og har to tilnærminger. Den første tar utgangspunkt i enkeltelver, mens den andre tar utgangspunkt i hele produksjonsområdet. For hver av disse defineres et leveområde og deretter beregnes hvor stor andel av dette arealet som vil være uegnet oppholdssted for sjøørreten, og hvor lang tid av sesongen hvor en signifikant del av dette arealet er uegnet for sjøørreten. Dette innledende arbeidet har fokusert produksjonsområde 3 (PO3 – Karmøy til Sotra) og produksjonsområde 5 (PO5 – Stadt til Hustadvika), og enkeltelver innenfor hvert av POene.

For å kunne beregne disse modellproduktene er det nødvendig å definere følgende kriterier:

- Antall vassdrag og posisjoner på disse – basert på VRLs sjøørretrapport (Anon 2019)
- Hva som er marint leveområde for sjøørret.
- Størrelsen til førstegangsvandrere.
- Tidsperiode førstegangsvandrere er i sjøen.
- Oppholdstiden til sjøørreten i sjøen.
- Under hvilke forhold blir det marine habitatet utilgjengelig for sjøørret på grunn av lakselus - grenseverdier for effekt.

I den følgende teksten har vi gjort en vurdering av hver av disse spørsmålene og kommet med en foreløpig konklusjon som skal brukes inn i preliminær modellering av PO3 og PO5.

4.1 Antall vassdrag og posisjoner på disse.

Vi har tatt utgangspunkt i Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) sin sjøørretrapport (Anon 2019). Antallet klassifiserte sjøørretvassdrag og posisjoner på disse benyttes i modelleringen av PO3 (Karmøy til Sotra) og PO5 (Stadt til Hustadvika).

4.2 Marint leveområde for sjøørret.

Romlig variasjonen i sjøørrettetthet i sjøen.

Tettheten av sjøørret vil trolig variere mye på lokal skala langs kysten og innen og mellom produksjonsområder på grunn av variasjon i antall vassdrag langs kysten, variasjon i størrelsen på disse vassdragene, og ulik status for sjøørret i ulike områder av landet, men per i dag har vi ikke kunnskap til å ta høyde for denne romlige variasjonen i sjøørrettetthet. Hvis vi skal bruke slik informasjon må vi ha koordinater til alle sjøørretvassdrag (jfr. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) eller Miljødirektoratet for koordinater for de 1127 sjøørretvassdragene som er definert som slike vassdrag), info om produktivt areal i vassdragene (det har vi for alle de 448 laksevassdragene med gytebestandsmål) og kunnskap om status til 432 sjøørretbestander (Anon 2019). Utenom disse er det ett stort antall mindre bekker og elver som ikke der definert i disse databasene.

Oppholder sjøørreten seg littoralt eller pelagialt i fjorden?

Postsmolten oppholder seg generelt mer langs land enn midtfjords (Lyse mfl. 1998; Thorstad mfl. 2007), men i merkeundersøkelser blir den likevel gjerne, om enn i mindre grad, også registrert midtfjords (Flaten mfl. 2016; Atencio 2019). Det fanges også postsmolt sjøørret i trålundersøkelsene i fjordene.

Hvor langt vandrer sjøørreten fra hjemmevassdraget?

Det er stor variasjon i vandringsavstand fra hjemmevassdraget hvor noen individer som oppholder seg i eller umiddelbart utenfor elveosen, mens andre vandrer mer enn 30 km bort fra hjemmevassdraget (Berg & Berg 1987; Finstad mfl. 2005; Thorstad mfl. 2007; Middlemas mfl. 2009; del Villar-Guerra mfl. 2013; Davidsen mfl. 2014; Aldvén mfl. 2015; Flaten mfl. 2016). I både Tosenfjorden (Davidsen mfl. 2018) og Skjerstadfjorden (Davidsen mfl. 2019) i Nordland

vandret postsmolten generelt kortere enn veteranene og oppholdt seg lengre tid i indre deler av fjorden nær hjemmevassdraget (< 15 km) før enn de eventuelt vandret lengre ut. I Hemnfjorden i Trøndelag hadde 67 % en minimum vandringsavstand på 25 km fra elvemunningen, mens 27 % hadde minimum migrasjonsavstand på 14 km, og 6 % hadde minimum migrasjonsavstand på 4 km (Flaten mfl. 2016). I Altafjorden i Finnmark ble 8 % av postsmolten registrert 20 km unna hjemmevassdraget (Atencio 2019). Ut fra disse resultatene velger vi i første omgang å definere ørretens vandringsavstand inntil 20 km fra sitt respektive vassdrag.

Hvor dypt svømmer sjøørret?

Postsmolt av sjøørret bruker den øverste delen av vannsøylen under den marine næringsvandringen (Lyse mfl. 1998). I en undersøkelse i Altafjorden i Finnmark var gjennomsnittlig svømmedybde 0.9 m (variasjonsbredde: 0.4-1.3 m) og kun 1 % av registrerte svømmedybder var på 3 m eller dypere (Atencio 2019). I Nordfjord oppholdt postsmolten seg i all hovedsak i de øverste 2 m (Urke mfl. 2018), mens postsmolten i Tvedestrandfjorden i Agder i all hovedsak oppholdt seg på 1-5 m dybde, men ble registrert ned til 7 m (Ruud, 2015) og tilsvarende ble observert i Sandnesfjord (Serra-Llinares mfl. 2018). Ut fra disse resultatene velger vi i første omgang å definere ørretens svømmedybde til å holde seg i de 2 øverste meterne av vannsøylen.

Konklusjon: I utgangspunktet er alt areal i fjordsystemene og minimum 500 m ut mot åpent hav tilgjengelig habitat (mulig leveområde) for sjøørret langs hele norskekysten. Områder lengre ut enn 500 m er ikke kartlagt og derfor ikke inkludert i modellene. Det antas også at sjøørreten vandrer inntil 20 km fra elvemunningen fra sitt respektive vassdrag. Sjøørreten defineres i modellen til å holde seg i de 2 øverste meterne av vannsøylen.

4.3 Størrelsen til førstegangsvandrere.

Belastningen av lakselus på smolt er relatert til størrelse, det vil si at belastning er målt som antall lus per gram kroppsvekt (Taranger mfl. 2012). Ved samme tetthet av infestive lusestadier i sjøen vil derfor de minste individene få den største belastningen, og det samme vil være tilfelle på bestandsnivå for bestandene med den laveste gjennomsnittlige smoltstørrelsen. Smolt med ulik smoltstørrelse kan ha ulik atferd når den kommer ut i sjøen, f.eks. er det mulig at de største smoltene vandrer lenger og bruker de åpne vannmassene i større grad enn de minste som trolig i større grad vandrer langs land. Effektene av lakselus i forhold til smoltstørrelse vil dermed være både direkte (lus/gram fiskevekt) og indirekte (størrelsesrelatert habitatbruk). Påvirkningen av lakselus på sjøørretbestander kan derfor være forskjellig mellom bestander som beiter i det samme sjøområdet.

I en undersøkelse av sjøørret fra 34 norske vassdrag ble det vist at gjennomsnittlig smoltlengde økte fra rundt 14 cm (25 gram) i de sørligste til rundt 18 cm (50 gram) i de nordligste vassdragene (L'Abèe-Lund mfl. 1989).

Størrelsen på sjøørreten ved førstegangs utvandring til sjøen kan variere mellom bestander i ulike vassdrag på samme breddegrad og innen vassdragsdeler. Jonsson mfl. (2001) fant at smoltlengden avtok med middelvannføringen i små bekker på Sørlandet og fant at ørret ned til 7 cm i de minste bekkene vandret ut til sjøen. Ørret som oppholder seg i innsjøer i en lengre periode før smoltutvandring er normalt større enn smolt som har hatt hele oppveksten på elvestrekninger. I Vossovassdraget varierte smoltstørrelsen mellom 14 og 29 cm (25-220 gram) (Jonsson 1985). I Eidselvvassdarget i Nordfjord varierte lengden på ørretsmolt mellom 12 og 40 cm (15 – 600 gram) med et gjennomsnitt på 33 cm (320 gram) (Urdal 2013). De store smoltene har de siste to - tre årene før utvandring oppholdt seg i Hornindalsvatnet der det er lav tetthet av fisk og gode vekstbetingelser (Sægrov mfl. 2003; Gjelland mfl. 2018).

Smoltlengden for ørreten i Eidselvvassdraget og i mange andre undersøkte bestander er tilbakeberegnet fra skjell fra fisk som har overlevd et sjøopphold frem til de ble fanget. De største smoltene kan ha hatt høyere sjøoverlevelse enn de minste, og skjellprøver kan dermed underestimere andelen små smolt som vandrer ut fra vassdraget sammenlignet med de største. Dette er en potensiell feilkilde i alle undersøkelser der gjennomsnittlig smoltstørrelse er beregnet fra skjellprøver. I elver der det er smoltfeller får en bedre oversikt over størrelsen på utvandrende ørretsmolt. I Aurlandselva og Flåmselva i Sogn stod det smoltfeller i perioden 2001-2006 og gjennomsnittlig lengde på ørretsmolten som ble fanget varierte mellom 12,5 og 14,8 cm, men var 13,5 cm i begge elvene tre av årene. I Flåmselva er det ingen innsjøer på anadrom elvestrekning, mens det ligger en innsjø (Vassbygdvatnet) på anadrom strekning i Aurlandselva (Sægrov mfl. 2007).

Det er betydelig variasjon i størrelse til utvandrende sjøørretsmolt mellom vassdragstyper og langs en sør-nord gradient. I bekker og mindre elver på Vestlandet er smolten i gjennomsnitt rundt 25 gram, men størrelsen øker nordover til rundt 50 gram i tilsvarende nordnorske vassdrag. Smolt som kommer fra innsjøer er vanligvis større og kan være opptil 300 gram i gjennomsnitt. Postsmolt av sjøørret vokser raskt den første sommeren i sjøen, og under normale forhold kan en anslå en gjennomsnittlig tilvekst på 12 cm ved et opphold på 8 uker i Sør-Norge. Hvis en bruker en gjennomsnittlig smoltstørrelse på 14 cm (25 gram) og antar lineær tilvekst gjennom sjøoppholdet er postsmolten 20 cm (80 gram) etter 4 uker og 26 cm etter 8 uker (110 gram). I Nord-Norge er smolten større når den vandrer ut, men oppholdstiden er kortere slik at størrelsen er ikke veldig forskjellig etter første sommer i sjøen for sjøørret i ulike deler av landet.

I samme sjøområde vil den minste smolten få størst belastning av lakselus; større smolt kan tåle flere lus og kan i tillegg trolig bruke en større del av sjøområdene det første året i sjøen.

Ved beregning av habitatets egnethet i forhold til belastning av lakselus har vi satt snittvekten på smolten til 60 gram. Det er da tatt hensyn til at smolten kan ha vokst før eventuelt påslag av lakselus og at det kommer større smolt fra større vassdrag og vassdrag med innsjøer på anadrom del. Effekten av lakselus på bestandsnivå er bla. avhengig av størrelsesfordelingen av smolten og som varierer mellom bestander.

Konklusjon: Ved beregning av habitatets egnethet i forhold til belastning av lakselus har vi satt snittvekten på smolten til 60 gram.

4.4 Tidsperioden førstegangsvandrere er i sjøen.

Hvilken tidsskala det er hensiktsmessig å benytte i slike beregninger (ukes, halvmåned eller månedsbasis) må defineres. Slike beregninger er avhengig av at man kan definere de aktuelle periodene fisken er i sjøen. I dette forslaget til en risikovurdering definerer vi oppholdstid i sjø i sørlige breddegrader fra mai til august (og deler av april og september) og i nordlige breddegrader fra juni til august (og deler av mai og september), og definerer tre forskjellige utvandringsperioder som representerer tidlig, normal og sen utvandring. I første steg vil vurderingene gjøres for førstegangsvandrende sjøørrets beiteperiode i sjø om sommeren og vi ser bort fra negative effekter av lus til andre tider av året. I den følgende teksten utleder vi de faglige begrunnelsene for disse vurderingene.

Når vandrer sjøørreten inn og ut av vassdraget?

Sjøørretsmolt vandrer typisk til sjøen om våren (Jensen 1968; Flaten mfl. 2016; Thorstad mfl. 2016; Davidsen mfl. 2018; Davidsen mfl. 2019), men kan vandre ut gjennom hele året (Aarestrup mfl. 2017; del Villar-Guerra mfl. 2019). Ulike telemetriprosjekter på sjøørretsmolt har vist at periodene for utvandring og tilbakevandring typisk strekker seg over mye lengre tidsrom enn hos villaks. Førstegangsvandrere fra Strynselva vandret ut i perioden 03.05 – 07.07, med hovedtyngde i mai (Urke mfl. 2018). I Hemnfjorden i Trøndelag utvandret smolt fra Rovatnet i perioden 30.04-08.06, mens postsmolten vandret opp i perioden 08.06 – 20.09 (Flaten mfl. 2016). I Tosenfjorden i Nordland vandret smolten fra Leirelva ut i løpet av mai måned for så å returnere jevnt fordelt over perioden juli-september (Davidsen mfl. 2018). I Skjerstadfjorden var utvandringen fra Botnvassdraget enda seinere med utvandring i perioden 30.05.–12.07. og oppvandring i perioden 04.07–08.09 (Davidsen mfl. 2019).

Utvandringstidspunktet for sjøørretsmolt er den viktigste parameteren for å definere sårbare tidsperioder for sjøørret ettersom det i all hovedsak definerer når smolten befinner seg i områder hvor de blir eksponert for lakselus. I kunnskapsoppsummeringen for lakselus ble det gjort en oppsummering av utvandringstidspunkt hos førstegangsvandrende sjøørret (Karlsen mfl. 2016) fra vassdrag der utvandringen av ørret og laks har blitt overvåket ved fangst i heldekkende feller som fanger mesteparten av den utvandrende smolten, i video eller i mindre feller som fanger et utvalg av smolten.

Denne gjennomgangen viste at smolt av sjøørret og laks synes å vandre ut på omtrent samme tid fra samme vassdrag (Karlsen mfl. 2016) - men at utvandringsforløpet kan være noe mer irregulært og utstrakt i tid for sjøørret enn for laks (for eksempel se Jensen mfl. 2012). Utvandringen av sjøørretsmolt vil derfor skje stadig senere på året ettersom en beveger seg nordover langs kysten. I sør og i vest starter utvandringen i april, mens i nordlige vassdrag kan utvandringen starte så sent som i først halvdel av juni. Hovedutvandringen i sør og vest synes å være i mai måned, mens den i nord kan forekomme så sent som i månedskiftet juni/juli i enkelte vassdrag (Jensen mfl. 2012).

I dette notatet skal vi gjøre beregninger for to produksjonsområder på Vestlandet (PO3 og PO5) slik at utvandringsdata fra disse to produksjonsområdene er de mest relevante i første omgang.

På Vestlandet er det driftet heldekkende smoltfeller over lengre tid i to vassdrag. I Guddalselva (Hordaland, PO3) er utvandringen av sjøørretsmolt registrert med en heldekkende Wolff-felle fra og med 2001. Utvandringen starter rundt midten av april og pågår enkelte år ut juni. Dato for 50 % utvandring varierte mellom 10. mai og 22. mai i perioden 2001–2011 (Skaala mfl. 2014). I Daleelva i Vaksdal (Hordaland, PO4) er utvandringen av sjøørretsmolt registrert med en heldekkende Wolff-felle siden 2004. Denne tidsserien viser at utvandringen starter i løpet av april og at forløpet kan variere relativt mye mellom år. Dato for 25 % utvandring varierte fra 29. april til 20. mai. Hovedutvandringen foregår normalt i andre og tredje uka i mai, med dato for 50 % utvandring registrert fra 10. mai til 26. mai. Dato for 75 % utvandring varierte fra 17. mai til 7. juni, og normalt var smoltutvandringen over i midten av juni (se figur 2.10 i Karlsen mfl. 2016).

I Granvinsvassdraget (PO3) ble utvandringen av smolt registrert med videoovervåking i 2018. Her ble det observert at utvandringen av sjøørretsmolt var konsentrert over et kort tidsrom der 50 % av all smolt passerte i løpet av en uke fra 22.- 28. mai. Det vandret imidlertid enkelte individer fra rundt 20. april til litt ut i juni (Lamberg 2019).

Utvandringen er trolig mer langstrakt i vassdrag der ørreten også bruker innsjøer til oppvekst. For eksempel var median dato for 75 % fangst av ørretsmolt i feller i Aurlandselva (31. mai) - 10 dager senere enn i Flåmselva (21. mai) (Sægrov mfl. 2007). I Aurlandsvassdraget er det gyting og oppvekst av sjøørret både nedstrøms og oppstrøms Vassbygdvatn og også oppvekst og noe gyting i selve innsjøen. I enkelte år vandrer det ut sjøørretsmolt fra dette vassdraget i hele juni.

I Eira (Møre og Romsdal, PO5) varierte tidspunkt for 50 % akkumulert fangst av sjøørretsmolt fra 7. mai til 29. mai med en median dato den 20. mai (se tabell 2.5 i Karlsen mfl. 2016). I Vatnevassdraget (PO5) ble utvandringen av sjøørretsmolt, som var merket med PIT-merker på våren og registrert ved passering av en antenne i munningen, undersøkt i perioden 2015-2018. Utvandringen startet i månedsskiftet april/mai og varte til rundt midten av juni. Størsteparten av smolten vandret i løpet av mai , og tidspunkt for 50 % utvandring varierte fra 7.-19. mai. (Berntsen mfl. 2019). Det foreligger sparsomt med data fra PO5, men det er lite sannsynlig at

utvandringen i dette produksjonsområdet skal avvike mye fra de to områdene lengre sør på kysten av Vestlandet.

Det er vanskelig å sette opp et generelt utvandringsforløp for sjøørretsmolt i elver på Vestlandet. Vi har derfor valgt å gjøre beregninger for lusepåvirkning for tre utvandringstidspunkter: tidlig: 24. april; middels: 15. mai og sent: 05. juni. En slik beregningsperiode vil dekke hovedutvandringen av sjøørretsmolt i de fleste vassdrag og år. Hvor stor andel av smolten som vandrer tidlig, middels eller sent vil imidlertid variere mellom vassdrag og år, og det vil derfor ikke være mulig å omsette resultatet fra slike beregninger til påvirkning på enkeltbestander.

Det må understrekes at vi mangler kunnskap om utvandring av sjøørretsmolt fra mindre vassdrag som har direkte utløp i sjøen. Slike vassdrag finnes det mange av i enkelte områder av kysten, og lokalt kan slike vassdrag ha stor betydning for produksjonen av sjøørret.

Konklusjon: Vi har valgt å gjøre beregninger for lusepåvirkning for tre utvandringstidspunkter: tidlig: 24. april; middels: 15. mai og sent: 5. juni. En slik beregningsperiode vil dekke hovedutvandringen av sjøørretsmolt i de fleste vassdrag og år.

4.5 Oppholdstiden til sjøørret i sjøen.

Telemetriprosjekter har vist at postsmolten har stor individuell variasjon i oppholdstid i sjøen. I Hemnfjorden var gjennomsnittlig oppholdstid i sjøen på 38 dager (Flaten mfl. 2016), men det var store variasjoner mellom individene (22-99 dager). For Tosenfjorden var oppholdstiden 73 dager (49 - 113 dager; Davidsen mfl. 2018) mens det for Skjerstadfjorden var 55 dager (11-116 dager; Davidsen mfl. 2019). Registreringer fra fiskefeller viser at det også er stor geografisk variasjon. Smolt fra Halsvassdraget i Finnmark var i gjennomsnitt 55 dager i sjøen (variasjon mellom år fra 47 til 64 dager; Jensen mfl. 2005), mens smolt fra Vardnesvassdraget på Senja hadde en gjennomsnittlig oppholdstid i sjøen på 70 dager (Berg & Berg 1989). I Imsa i Rogaland, var førstegangsvandrere som gikk til sjøen mellom januar og juni borte mellom seks til ni måneder før de kom tilbake (Jonsson & Jonsson 2009). Førstegangsvandrere som forlot Imsa mellom juli og desember var i gjennomsnitt mellom åtte måneder og 1,5 år borte før de vendte tilbake, det vil si at de enten overvintret i ferskvann eller brakkvann nedenfor fiskefella, i brakkvann, i sjøen andre steder, eller i andre vassdrag. Ut fra disse dataene har vi definert en oppholdstid i sjøen til opp mot 70 dager for postsmolt av sjøørret.

Konklusjon: Det er store forskjeller på oppholdstid i sjøen. Disse avhenger i hovedsak av morfologi på vassdrag, kjønn og fysiologisk kondisjon ved utvandringstidpunktet. I modellene her er valgt en oppholdstid på 70 dager da dette ofte gjelder for større vassdrag i Midt-Norge hvor sjøørreten har gode overvintringsmuligheter.

4.6 Under hvilke forhold blir det marine habitatet utilgjengelig for sjøørret på grunn av lakselus – grenseverdier for effekt.

Et areal blir uegnet som habitat for sjøørret når lusetettheten blir så stor at det enten 1) medfører risiko for påvirkning over et visst nivå hvis en fisk oppholder seg der over tid, eller 2) fører til risiko for at ørreten må trekke bort fra området for å avluse seg i brakkvannsområder eller gå tilbake til ferskvann. Utfordringen er å definere grenseverdier for lusetetthet og eksponeringsperiode som gir slike effekter på sjøørret. Deretter kan lusemodeller benyttes til å beregne egnet areal og endringer i dette utfra hvordan smittepresset endres utover sommeren.

Bjørn & Finstad (1997) observerte en signifikant økning i dødelighet ved kunstige luseinfestasjoner av klekkeriprodusert postsmolt av sjøørret (gjennomsnittsvekt 91 gram). Dødelighet ble observert i gruppen med de høyeste infestasjonene. De konkluderte med at relativ tetthet av lakselus på døende fisk på mer enn 1,0 lus per gram kroppsmasse hos fisken, eller 50 preadulte og voksne lus per fisk, kunne forårsake dødelighet hos små (60 g) postsmolt av sjøørret. Gitt en gjennomsnittlig overlevelse hos lusene på 63 %, kan ca. 1,6 chalimuslarver per gram fiskevekt, eller mer enn 90 larver for en liten postsmolt av sjøørret (60 g), være dødelig nivå. Tetthetsavhengig dødelighet av lakselus på fisken kan imidlertid ha en effekt på estimater av slike terskelnivå, og antakelsen om en enkel lineær sammenheng mellom antall lus og lusedødelighet er ikke nødvendigvis oppfylt. I en parallelt studie konkluderte Wells mfl. (2006) at 13 mobile lus (preadult eller voksne individer) per fisk var den kritiske intensiteten som ga ikke-dødelige stressresponser hos postsmolt av sjøørret (kroppsvekt 19–70 gram). Forsøk med kultivert 133 grams sjørøye i labforsøk indikerte at økende infestasjoner > 0,09 lus/g medførte tap i kondisjon, infestasjoner > 0,3 lus/g medførte total stagnasjon eller vekttap (Fjelldal mfl. 2019), samt dødelighet ble observert. All fisk med infestasjoner > 0,7 lus/g døde.

Basert på tidligere undersøkelser ble det foreslått at et enkelt, konservativt og føre-var-nivå for å forvalte og beskytte ville bestander av sjøørret er et terskelnivå på mindre enn 10 mobile lus per fisk for sjøørret i deres første år i sjøen (Finstad & Bjørn 2011).

Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk.

I dag benyttes prosentvis innslag over en grenseverdi for en gitt lakselusdose (lus per gram fiskevekt) som en indikator for påvirkning av lakselus på vill laksefisk både i Havforskningsinstituttets (HI) risikovurdering (Taranger mfl. 2011, 2015) og i "Kvalitetsnormer for laks - anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander" fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) (Anon 2011). VRL har imidlertid avgrenset sin vurdering til utvandrende laksesmolt (postsmolt), mens HI også har inkludert andre arter av laksefisk (sjøørret og sjørøye). Grenseverdiene er derfor noe forskjellige, selv om hovedtilnærmingene er lik. Metoden har flere svakheter. I mangel av noe bedre har likevel både HI og VRL valgt denne tilnærmingen som et første forsøk på å kvantifisere effekter, og det er en god basis for en felles omforent vurdering som presentert i Taranger mfl. (2012).

Siden eksperimentelle forsøk indikerer ulike fysiologiske og økologiske effekter på smolt og modnende fisk, ble det foreslått omforente grenseverdier for: 1) laksesmolt og førstegangsutvandrende sjøørret og sjørøye, og 2) modnende sjøørret og sjørøye. I dette innledende arbeidet har vi benyttet grenseverdiene satt opp for førstegangsutvandrende sjøørret og sjørøye.

Det er i Taranger mfl. (2012) presentert en objektiv førstegenerasjons beregningsmetode for å kvantifisere effektene populasjonsmessig gjennom en luseindeks (**tabell 1**). Dersom estimert bestandsreduksjon beregnet ut fra luseindeksen blir mindre enn 10, tilsvarer dette en antatt < 10 % reduksjon i bestand og en liten påvirkning i henhold til VRLs definisjon på redusert gytebestandsmål (GBM). Dersom luseindeksen blir mellom 10–30, tilsvarer dette en antatt 10–30 % reduksjon i bestand og en moderat påvirkning i henhold til VRLs definisjon på redusert GBM. Dersom luseindeksen blir > 30, tilsvarer dette en antatt > 30 % reduksjon i bestand og en stor påvirkning i henhold til VRLs definisjon på redusert GBM. Dette gir en objektiv metode for å vurdere bærekraft, men må også, slik det gjøres i HIs risikovurdering, inkludere en ekspertvurdering som også inkluderer faktorer som for eksempel sårbarhet til bestandene i området, tidspunkt for infeksjonsøkning med mere.

Basert på best tilgjengelig kunnskap er det i Taranger mfl. (2012) foreslått følgende beregningsmåte for luseindeks på laksesmolt og førstegangs utvandrende sjøørret og sjørøye < 150 g (**tabell 1**).

Tabell 1. *Skjema for beregning av luseindeks for antatte effekter av lakselus på utvandrende laksesmolt og førstegangs utvandrende sjøørret og sjørøye <150 g: Samplet deles prosentvis inn i infestasjonsgrupper med antatt forskjellig effekt på individ. Indeks (% døde) for hver infestasjonsgruppe bestemmes ut fra til enhver tid best tilgjengelig kunnskap om forventet påvirkning innen infestasjonsgruppen. Summen av alle gruppene gir estimert bestandsreduksjon (%), og klassifiseres så i henhold til VRLs-definisjoner av liten (< 10 %), moderat (10-30 %) og stor (> 30 %) reduksjon i GBM. Inndeling i infestasjonsgrupper og forventet påvirkning må regelmessig revurderes når ny kunnskap tilsier det. Verdier fylles inn og gir en estimert bestandsreduksjon ut fra andel av populasjon i hver infestasjonsgruppe.*

Infestasjonsgruppe (antall lus/fiskevekt)	**Andel av populasjon (%)**	**Forventet påvirkning**	**Indeks**
< 0,1		0 %	
0,1 - 0,2		20 %	
0,2 - 0,3		50 %	
> 0,3		100 %	
Estimert bestandsreduksjon (%)			

Påvirkning i naturen kan være høyere eller lavere enn det som registreres i laboratorieundersøkelser. Effektene av lakselus har for eksempel vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks som er påvirket også 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). Et redusert immunsystem kan derfor på lang sikt resultere i økt påvirkning på grunn av tilleggsfaktorer i naturen som fisken er beskyttet mot i laboratoriet, og dette kan ha betydning for fastsettelse av kritiske terskelnivå for påvirkning (Bjørn & Finstad 1997). Til gjengjeld kan fisken ikke reagere atferdsmessig til lusepåslaget i laboratoriet. Den kan ikke, som i naturen, søke til avlusingsområder i lav-saltholdig vann i overflaten, estuariet eller elv. Det er derfor mulig at adaptiv atferd i naturen kan redusere påvirkningen i forhold til verdier funnet i laboratorieundersøkelser.

Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012, 2015) er basert på relativt kortvarige laboratorieforsøk, og verdiene må betraktes som veiledende og som førstegenerasjons indikatorverdi. Imidlertid støtter vi oss i tillegg på nyere eksperimenter mht. tålegrenser hos laksefisk og det vises til disse som vedlegg til hovedrapporten.

Lakseluspåvirkning og virtuell smoltmodell

For å beregne konsekvensen av lakselus på vill laksefisk tas det hensyn både til antall lus fisken har og hvor stor den er. Modellene er presentert og debattert i rapporten «Forslag til førstegenerasjons målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på viltlevende laksefiskbestander» (Taranger mfl. 2012). Basert på eksisterende kunnskap, er det i **tabell 1** lagt til grunn at laksesmolt har 0% sannsynlighet for å dø om infestasjonen er > 0,1 lus/g fisk, 20% ved infestasjoner mellom 0,1 og 0,2 lus/g, 50% for infestasjoner mellom 0,2 og 0,3 lus/g og 100% sannsynlighet for påvirkning ved mer enn 0,3 lus per gram fiskevekt (lus/g) hvis disse utvikler seg til mobile lus (Taranger mfl. 2015). Det er antatt at 60% av all lakselusene som setter seg på fisken forblir på fisken (Stien mfl. 2005; Wagner mfl. 2008). Ut fra disse beregningene har vi antatt at all fisk (postsmolt av laks) i våre beregninger er **20 g** (Rikardsen mfl. 2004). Fra beregningene av tålegrensene i Taranger mfl. (2015) for modellfisken blir da det som følger i **tabell 2** lagt til grunn for den estimerte påvirkningen.

Tabell 2. *Antatt påvirkning for* ***postsmolt av laks*** *med gitt antall lus. Fiskens størrelse er beregnet til* ***20 gram*** *og kalkulert påvirkning er inndelt iht. Taranger mfl. (2015) forklart i teksten ovenfor – eksempelvis: <0.1 lus/gram fiskevekt – 20*0.1= 2: <2 lus og 0% påvirkning; 0.1-0.2 lus/gram fiskevekt – 20*0.2= 4: 2≤4 lus og opp til 20% påvirkning; 0.2-0.3 lus/gram fiskevekt – 20*0.3= 6: 4≤6 lus og opp til 50% påvirkning; 0.3 lus/gram fiskevekt – 20*0.3=6:>6 lus og opp til 100% påvirkning.*

ANTALL LUS/FISK	ANTATT PÅVIRKNING
< 2	0 %
2 ≤ 4	20 %
4 ≤ 6	50 %
> 6	100 %

Ved høye lusepåslagstall vil den beregnede påvirkningen kamuflere variabilitet i lusebelastningen. Dersom en er interessert i å undersøke variabilitet i modellresultatet ved høye lusepåslag bør gjennomsnittlig intensitet lus på fisken.

Utledet fra disse beregningene er det videre foreslått verdier for å modellere antatt påvirkning hos postsmolt av sjøørret på **60 gram** (**tabell 3**). Merk at som påpekt av Taranger mfl. (2012) behøver disse verdiene videre verifisering og validering, særlig når formålet er å bestemme kritiske nivå av lakselus som grunnlag for bevaring og forvaltning.

Tabell 3. *Antatt påvirkning for* ***postsmolt av sjøørret*** *med gitt antall lus. Fiskens størrelse er beregnet til* ***60 gram*** *og kalkulert påvirkning er inndelt iht. Taranger mfl. (2015) forklart i teksten ovenfor – eksempelvis: <0.1 lus/gram fiskevekt – 60*0.1= 6: <6 lus og 0% påvirkning; 0.1-0.2 lus/gram fiskevekt – 60*0.2=12: 6≤12 lus og opp til 20% påvirkning; 0.2-0.3 lus/gram fiskevekt – 60*0.3= 18: 12≤18 lus og opp til 50% påvirkning; 0.3 lus/gram fiskevekt – 60*0.3=18: >18 lus og opp til 100% påvirkning.*

ANTALL/LUS FISK	ANTATT PÅVIRKNING
< 6	0 %
6 ≤ 12	20 %
12≤18	50 %
> 18	100 %

Konklusjon: Kritiske grenseverdier for lakseluspåvirkning hos en 60 grams førstegangsvandrende sjøørret er satt til følgende basert på tidligere litteratur og beregninger rundt dette: <6 lus og 0% påvirkning; 6≤12 lus opp til 20% påvirkning; 12≤18 lus opp til 50% påvirkning og >18 lus opp til 100% påvirkning.

5. Modellert redusert tilgjengelighet av marint habitat for ørret i PO3 og PO5.

Havforskningsinstituttet modellerer konsentrasjonen av smittsomme lakseluskopepoditter med høy oppløsning i tid og rom for hele landet basert på rapportert mengde lakselus i oppdrettsanlegg og de reelle strømforholdene. Resultatene publiseres ukentlig på www.lakselus.no.

For å bestemme når og hvor lusemengden er så stor at den vil gjøre skade på de ville laksefiskene, har vi kalibrert den modellerte tettheten av luselarver mot lus på fisk i smoltbur (Sandvik mfl. 2016, 2017a,b). Vi kaller produktet ROC (Relative Operating Characteristic) etter

metoden som er benyttet i kalibreringen, og det kan lettest tolkes som resultat der vi har utplassert virtuelle smoltbur i et finmasket rutenett i hele fjordsystemet og langs kysten.

Metoden, slik den så langt har blitt benyttet i rådgivningen, har hatt grenseverdiene 1 og 10 lus. Disse har blitt satt på bakgrunn av konservativ empiri, slik at vi skal være rimelig sikre på effektene over og under. Metoden har høsten 2019 blitt videreutviklet slik at vi nå kan velge en vilkårlig grenseverdi, og dermed også benytte metoden til å undersøke sjøørret, som veier mer enn laksesmolt, og derfor har andre tålegrenser, og har en annen oppholdstid langs kysten enn laks.

Modellen som har blitt og fortsatt blir benyttet i rådgivningen, er satt opp på et gitter der hver rute er 800m x 800m. For utvalgte områder langs kysten har vi også satt opp en modell med et enda finere gitter (160m x 160m). Denne modellen er foreløpig ikke like godt testet mot observasjoner som 800m modellen, men de foreløpige testene som er utført tyder på at forskjellene først og fremst er lokale, og at kalibreringen som er gjort for 800m modellen også gjelder for 160m modellen. Vi har i dette arbeidet valgt å benytte resultat fra 160m modellen.

På bakgrunn av beste mulig kunnskap som beskrevet i «Løsningsforslag og definering av biologisk relevante parameter» har vi satt grenseverdier og utvandringsforløp som beskrevet under i *"Modell oppsett og valg av grenseverdier"*. Resultatene er presentert i kart med 3 farger, der rødt kan tolkes som at villfisken som oppholder seg i disse områdene i den perioden smittepresskartet gjelder for, trolig vil få på seg flere lus enn det som regnes som dødelig dose hvis den ikke forlater området, mens fisk som oppholder seg i områder med lav smitteklasse (grønn farge på kartet) vil få på seg antall lakselus som vil ha svært begrensede negative konsekvenser for fisken. I områder med middels smittepress (gult) vil den ville laksefisken få på seg noe lus og ha en atferdsrespons i mellomskiktet mellom grønn og rød respons.

5.1 Modelloppsett og valg av grenseverdier

Leveområde/habitat

Basert på vurderingene over lar vi hele fjorden være leveområde for ørretsmolten. Vi har definert leveområdene som alle modellruter som ligger nærmere enn 2560m (160m *16) fra land, samt tettet igjen de få fjordområdene som ligger lenger fra land. Utbredelse av leveområdet i PO5 kan sees i **figur 2**. Følsomheten i forhold til å definere leveområdet som 5*160m eller 16*160m fra land ble undersøkt. Forholdet mellom røde, gule og grønne områder endret seg lite med disse to beregningene slik at vi valgte 160*16 rutenettet for å dekke hele fjordsystemene.

I tillegg har vi modellert lusepåvirkning på ørretsmolt som kommer fra fire spesifikke elver (PO 3 Oselva (i Os) og Etne, og i PO 5 Eira og Rauma) ved å definere et sannsynlig leveområde som strekker seg 20 km fra elvemunningen.

Vekt

Basert på vurderingen over har vi antatt at ørretsmolten veier 60 gram.

Tålegrenser

Basert på vurderingen over tar vi utgangspunkt i risikovurderingen til Taranger et al. (2012). Siden modellen beregner infektive kopepoditter og vi antar at om lag 60% av lusen overlever til preadult stadium (se f.eks. Grimnes & Jakobsen 1996; Bjørn & Finstad 1997, 1998) blir tålegrensene som følger:

18/0.6=30 kopepoditter per fisk

6/0.6=10 kopepoditter per fisk

Basert på dette har vi laget denne forenklede tabellen (**tabell 4**) basert på **tabell 3** til bruk i modellen.

Tabell 4. *Antatt påvirkning av lakseluskopepoditter på sjøørret.*

N KOPEPODITTER FISK	ANTATT PÅVIRKNING
< 10	Lav påvirkning
10≤30	Moderat påvirkning
> 30	Høy påvirkning

Utvandring og forventet naturlig oppholdstid i sjø

Basert på vurderingene over har vi definert følgende datoer for utvandring og oppholdstid i sjø for postsmolt av ørret på 60 gram.

Antatt utvandring: 24. april, 15. mai og 5. juni. All fisk vandrer ut samme dag.

Antatt naturlig tid i sjø: 70 dager

Basert på vurderingen over antar vi at ørretsmolten befinner høyt oppe i vannsøylen og at den er eksponert for alle luselarver som befinner seg i de 2 øverste meter av vannsøylen.

Beregning av indeks

På samme måte som i leveransen til trafikklyssystemet på laksesmolt, HI kalibrert smittepress eller ROC, kan vi definere en indeks som forteller oss hvor stor andel av det antatte leveområdet som har en antatt dødelig dose kopepoditter (rødt), moderat dose (gult) og lav dose (grønt).

Den foreslåtte indeksen for redusert marint leveområde (RML) blir dermed som følger:

$$\text{RML} = \frac{Areal\ Rød(70d) + 0.5 * Areal\ Gul(70d)}{Areal\ antatt\ leveområde}$$

der Areal Rød (70d) er størrelsen på det røde området etter 70 dager og Areal Gul(70d) er størrelsen på det gule området etter 70 dager (se **figur 2 og 9** for utbredelse av rød/gul/grønn). Dette er samme definisjon som vi har benyttet for laksesmolt i trafikklyssystemet. Merk at 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.

Siden den naturlige marine oppholdstiden for postsmolt av sjøørret er antatt å være 70 dager har det på elvenivå også blitt beregnet hvor mange dager det går før leveområdet har redusert kvalitet (der redusert kvalitet er definerte som RML > 30%).

For laksesmolt har vi satt grensene

Høy påvirkning: RML> 30%

Moderat påvirkning: 10% > RML < 30 %

Lav påvirkning: RML < 10%

Vi foreslår å benytte samme grenseverdier for ørretsmolt. Argumentasjonen for dette er at vi antar at det vil være en lineær kobling mellom størrelsen på marint leveområde og potensiell eggproduksjon hos ørret, og tapet i marint leveområde vil direkte påvirke potensiale sjøørreten har til å produsere avkom. På denne måten kan RML ansees som en tilnærming for «lakselus indusert påvirkning» slik det er definert i Stortingsmelding Meld. St. 16 (2014-2015).

Dette er åpenbart en forenkling som må faglig vurderes nøyere, men settes i denne omgang som førstegenerasjons vurdering av påvirkning av lakselus på bestander av sjøørret. Det er også åpenbart at ved å vurdere dette over et helt produksjonsområde vil noen bestander påvirkes sterkt, mens andre påvirkes i liten grad. I så måte bryter dermed en slik indeks med en bestandsforvaltning (på lik linje med vurderingen av laks som bryter med kvalitetsnormen for villaks).

For å vurdere enkeltbestander har vi derfor også estimert påvirkning på enkeltbestander ved å ta ut en radius på 20 km (som beskrevet over).

En annen indeks som vi har definert er redusert marin tid (RMT). Det vil si antall dager frem til RML krysser **30%** - minus det som er antall å være naturlig oppholdstid i fjorden. Altså:

RMT = (Antall dager før RML > 30%) minus 70 dager

Merk at modellen er kjørt frem til 15. august, slik at ørretsmolten som vandrer ut 5. juni bare blir beregnet å stå ute i fjorden i 69 dager.

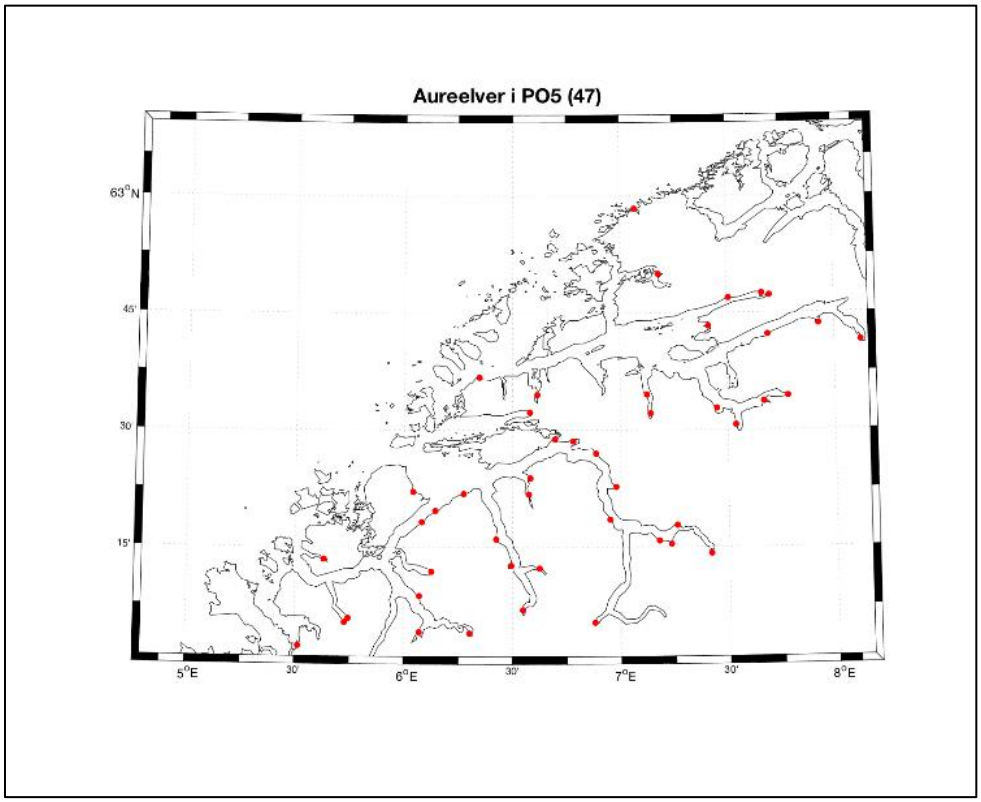
6. Resultater fra modellkjøringen

I teksten under presenterer vi følgende resultat for produksjonsområde 3 og 5 (PO3 og PO5):

1) Kart med posisjonen til alle ørretelvene i området.
2) Kart som viser områder med høy, moderat og lav påvirkning på fisk som har stått i området i 70 dager fra de tre utvandringsdatoene.
3) Kurver som summerer opp andel av området med høy, moderat og lav påvirkning fra den dagen ørretsmolten går ut i fjorden, til den dagen den er antatt å naturlig vandre tilbake til ferskvann og videre til simuleringens slutt 15. august.
4) Tabell med RML (redusert marint leveområde) indeks og RMT (redusert marin tid) indeks for enkelt elver.

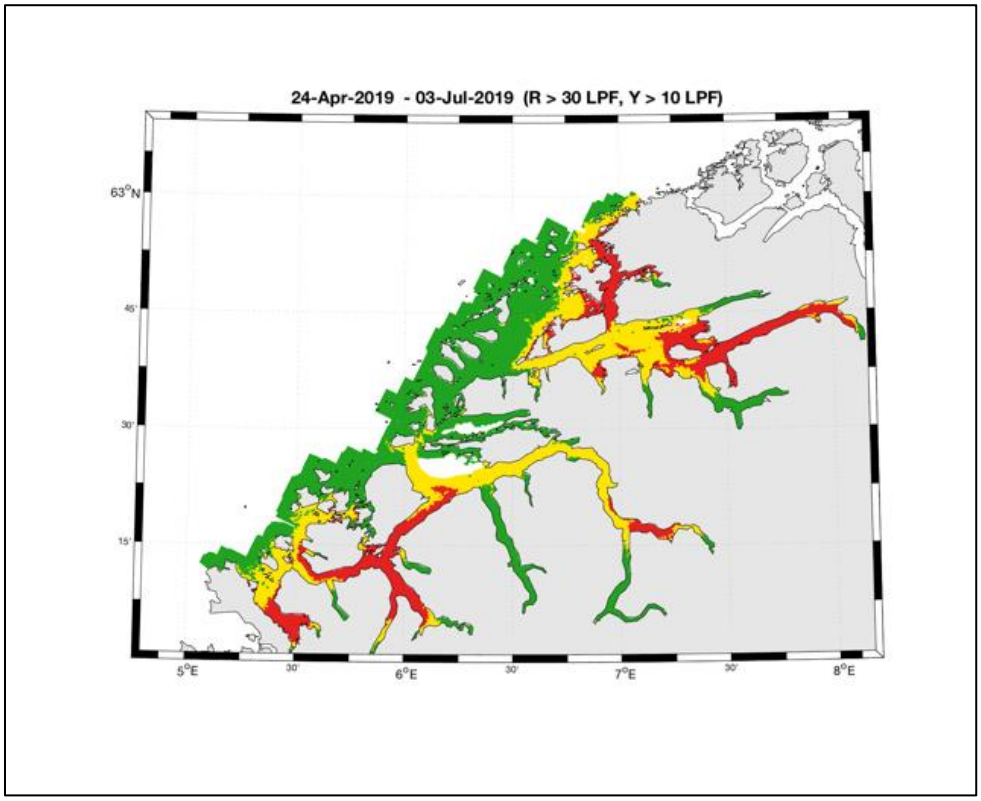
6.1 Produksjonsområde 5 (PO5)

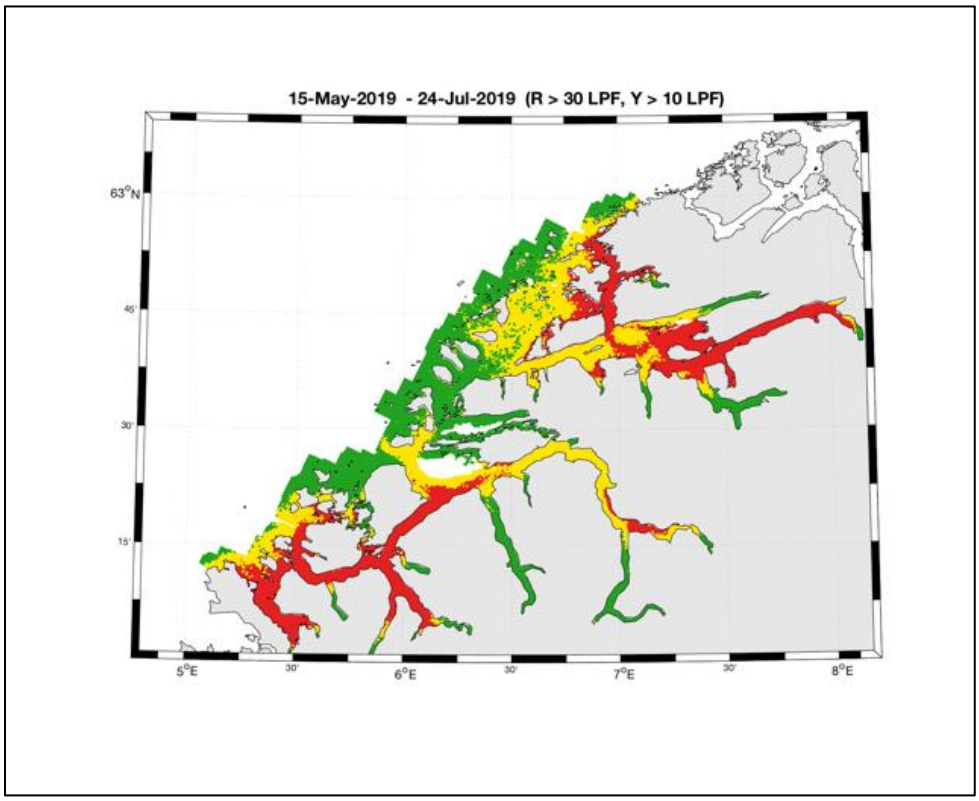
Det er 47 klassifiserte sjøørretvassdrag i PO5 (Anon 2019) som gitt i **figur 1**.

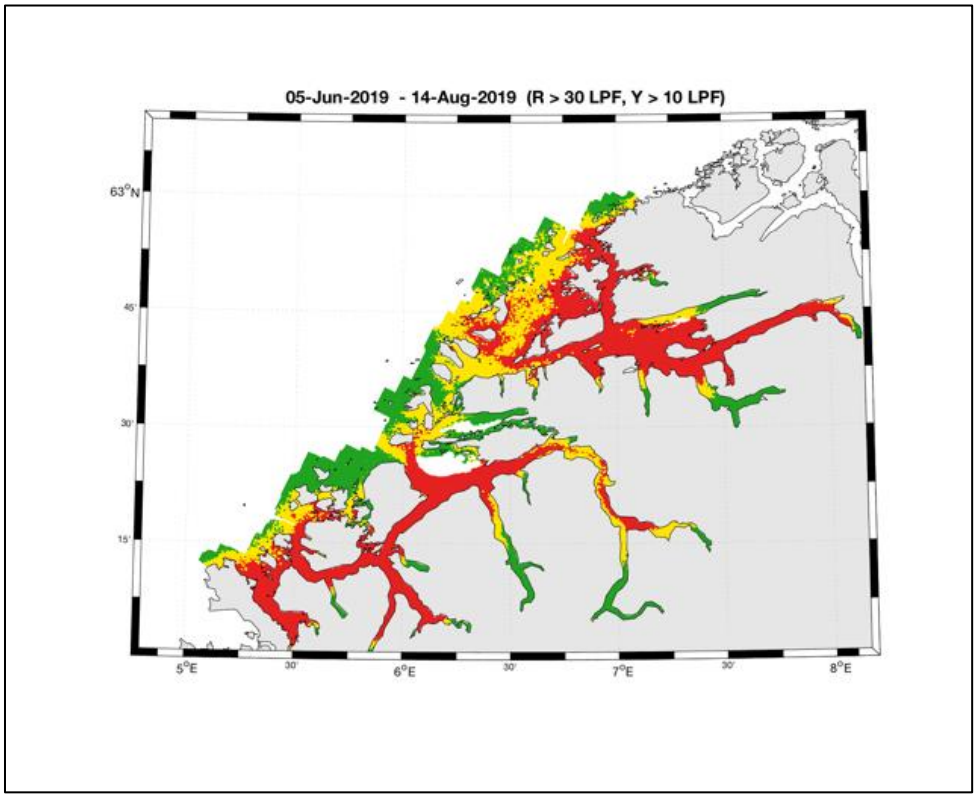


Figur 1. *Posisjon til alle ørretelver i PO5 iht. Anon (2019).*

Figur 2 viser kalibrert smittepress i PO5 fra 24. april til 14. august i tre utvandringsdatoer der vi ser at det fremkommer et mer og mer redusert leveområde for sjøørret utover sesongen. Dette fremkommer som røde områder der det er sannsynlig at ørretsmolten vil få på seg mer enn 30 luselarver som vil overleve til 18 preadulte lus og dermed påvirke ørreten i negativ retning.

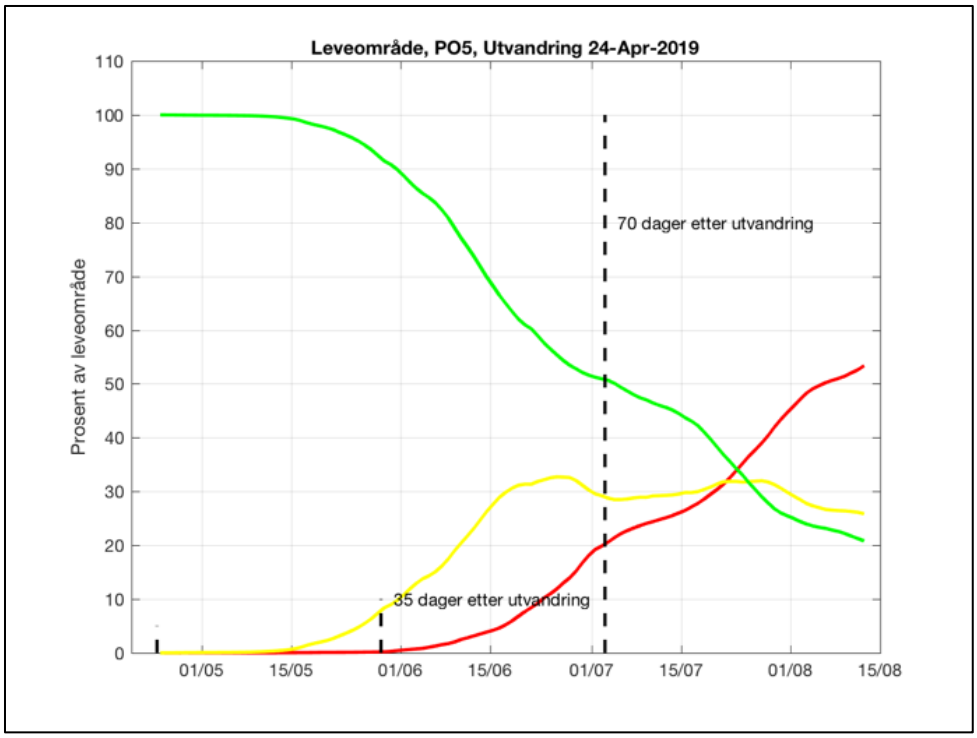


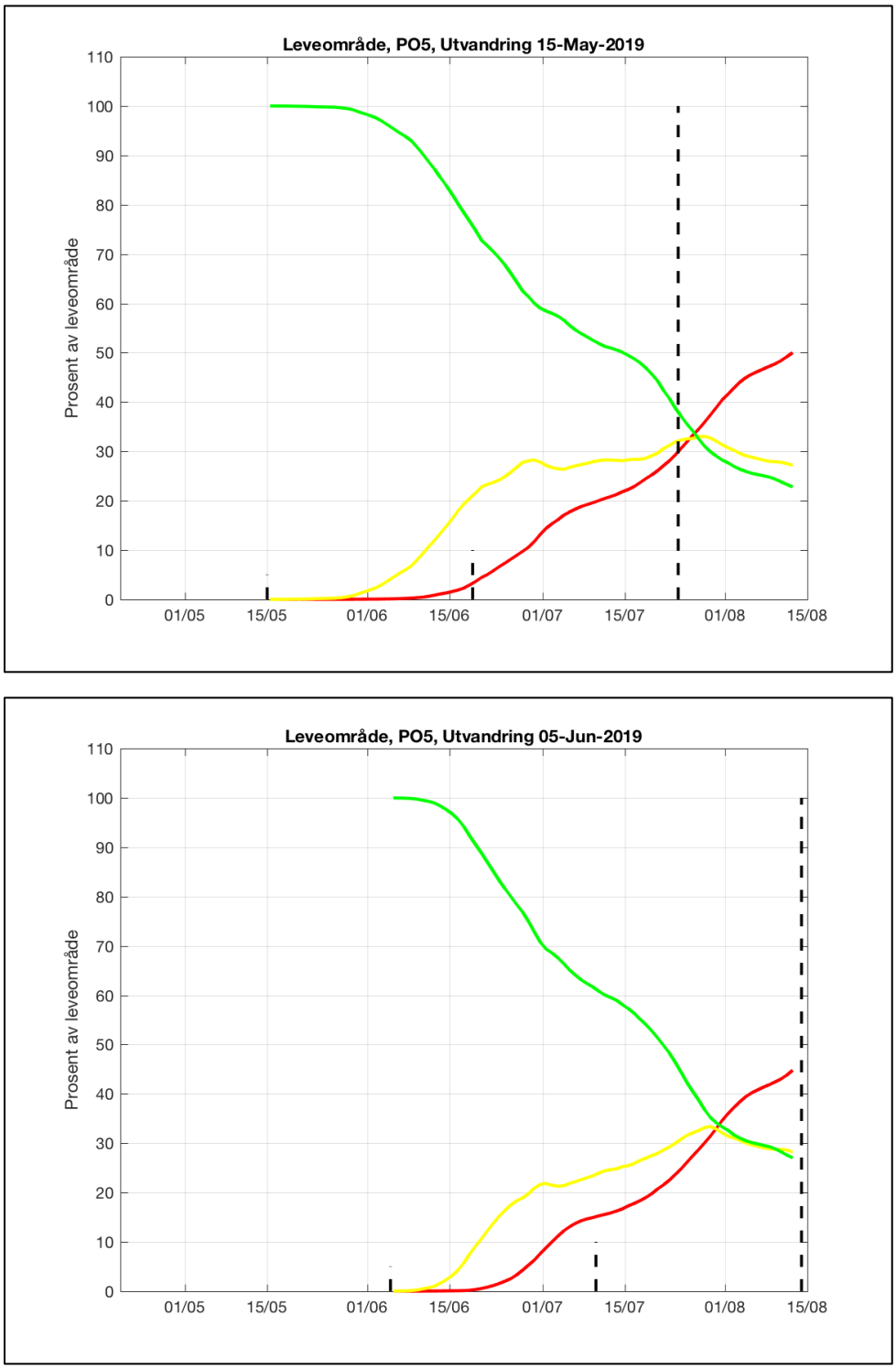

15-May-2019 - 24-Jul-2019 (R > 30 LPF, Y > 10 LPF)
63°N
45'
30'
15'
5°E
30'
6°E
30'
7°E
30'
8°E


05-Jun-2019 - 14-Aug-2019 (R > 30 LPF, Y > 10 LPF)
63°N
45'
30'
15'
5°E
30'
6°E
30'
7°E
30'
8°E

***Figur 2**. Øverst: Kalibrert smittepress fra 24. april til 3. juli. Midten: Kalibrert smittepress fra 15. mai til 24. juli. Nederst: Kalibrert smittepress fra 5. juni til 14. august. I røde områder er det sannsynlig at ørretsmolten vil få på seg mer enn 30 luselarver som vil overleve til 18 preadulte lus. I grønne områder er det sannsynlig at ørretsmolten får på seg mindre enn 10 luselarver som vil overleve til 6 preadulte lus. I gule områder er det sannsynlig at ørretsmolten får på seg mellom 6 og 18 preadulte lus, og dermed være noe påvirket.*

Figur 3 viser beregnet andel av leveområde der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje). Jo lengre sjøopphold ørreten har i dette området jo større påvirkning får den som følge av lakseluspåslaget. Følgen av dette er redusert marint leveområde utover sesongen.





Figur 3**. Beregnet andel av leveområde der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje). En figur er gitt for hver utvandringsdato hhv. 24. april, 15. mai og 5. juni. Den vertikale stiplete linjen markerer 70 dager fra utvandringsdato og er den fordelingen som er vist i kartene i **figur 2.

Den antatte utvandringsdatoen er markert som en kort sort linje, og 35 dager etter utvandring er markert som en kort stiplet linje.

Tabell 5 er beregnet redusert marint leveområde (RML) etter at fisken har stått 70 dager i sjøen mot tre ulike utvandringsdatoer. Som for **figur 3** ser vi at ørret som vandrer senere på sesongen møter et større lakseluspress i fjorden og resultat av dette er større reduksjon i marint leveområde.

Tabell 5. *Beregnet redusert marint leveområde (RML) etter at fisken har stått 70 dager i sjø fra de tre antatte utvandringsdatoene. Kolonnen RML kommer frem ved å gå inn på grafen ved 70 dager i* ***figur 3*** *(stiplet loddrett linje), lese av verdien på den røde kurven og legge til 0.5 ganger verdien på avlesing av den gule kurven.*

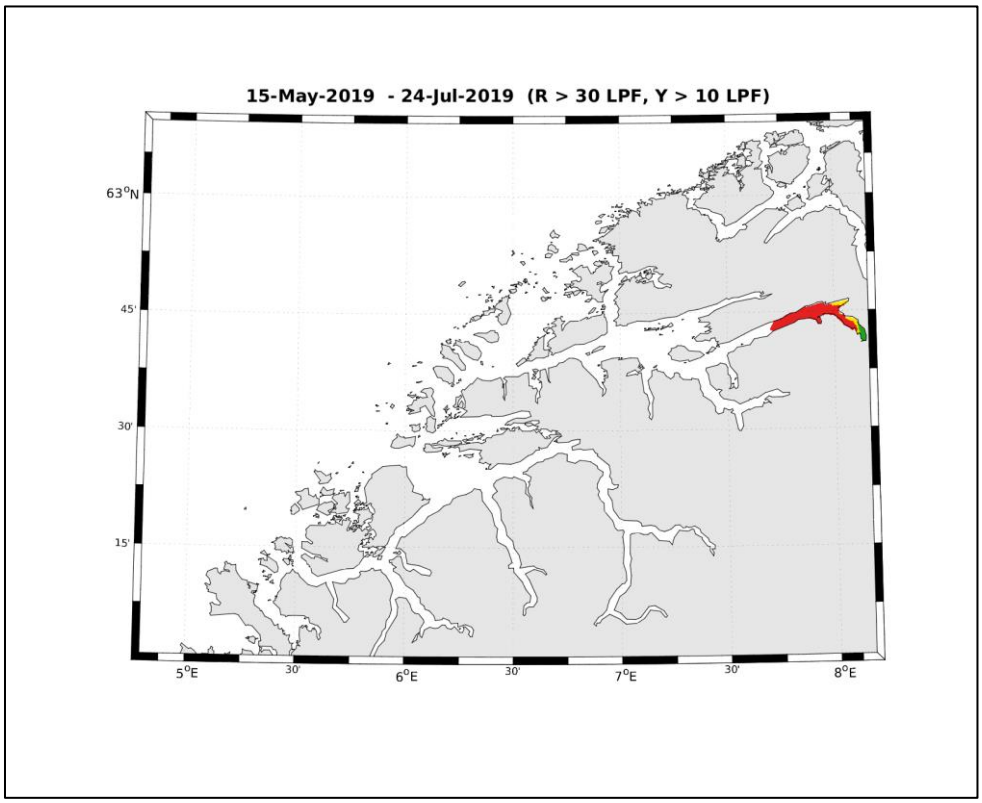
Utvandringsdato	***RML (redusert marint leveområde), PO5***
24. april	34 %
15. mai	45 %
5. juni	59 %

6.1.1 Eksempel fra utvalgte elver – Eira og Rauma - PO5

Som det fremkommer i **figur 2** vil det være stor variasjon i RML mellom de ulike elevene innen produksjonsområdet, der elevene helt på kysten gjerne vil ha lite redusert leveområde og noen av elevene innerst i fjordarmene ser ut til å ha lave saltholdigheter og lite lakseluslarver i områder nært elvemunningen.

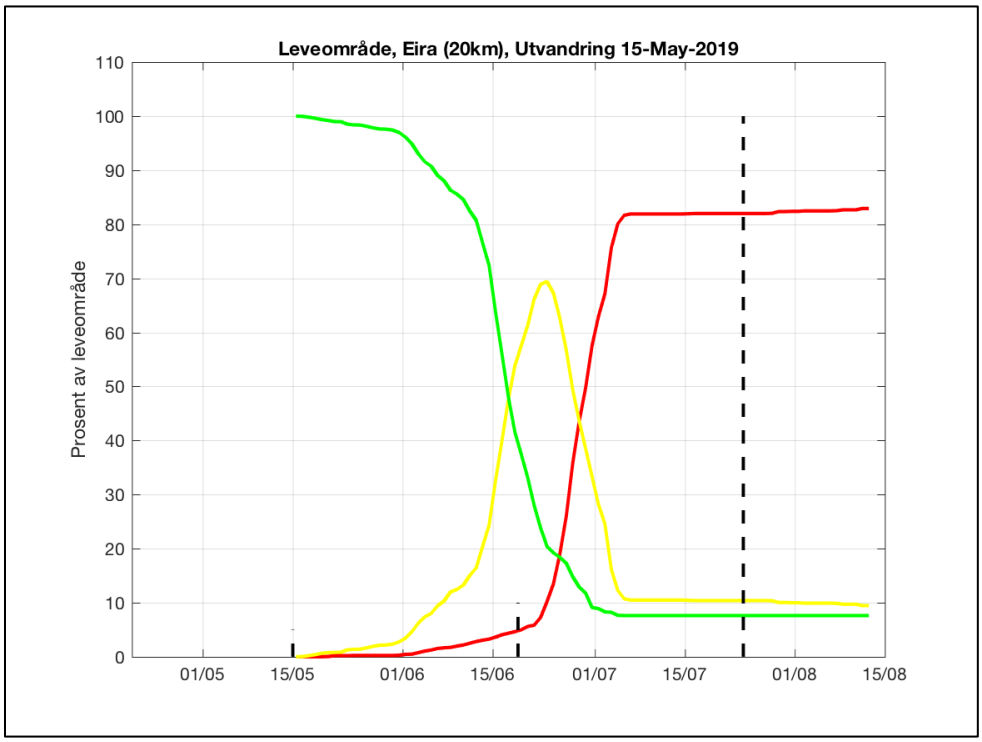
Eira – vassdragsnummer 104.Z

I **figur 4** vises et antatt leveområdet for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen til Eira innerst i Romsdalsfjorden. De røde områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg mer enn 18 preadulte lus.



***Figur 4**. Antatt leveområde for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen til Eira innerst i Romsdalsfjorden. De røde områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg mer enn 18 preadulte lus.*

Figur 5 viser beregnet andel av leveområde i Eira der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje). Etter 15. juni viser modellen at marint leveområde for fisken reduseres kraftig pga. lakselus.



Figur 5 *viser beregnet andel av leveområde i Eira der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje).*

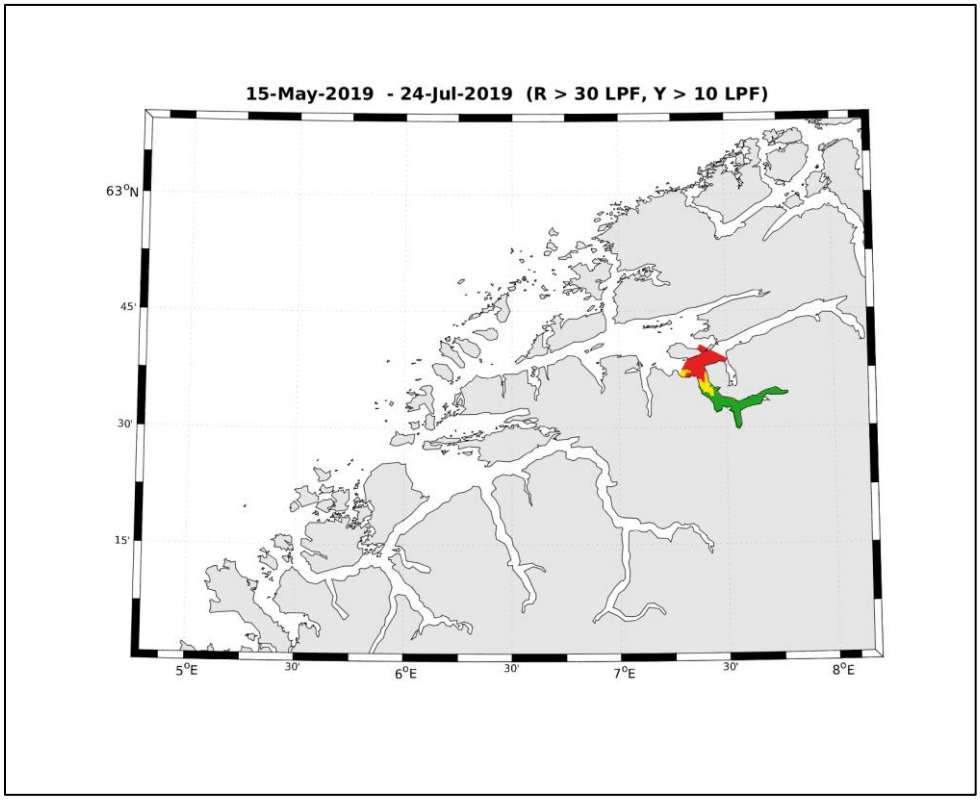
Tabell 6 understøtter data fra **figur 5** som viser redusert marin tid (RMT) for sjøørret som vandrer ut ved modellert tid den 5. juni sammenlignet med en tidligere utvandringsdato.

Tabell 6*. Beregnet redusert marin tid (RMT) for fisk som oppholder seg for et område som er definert å strekke seg 20 km ut fra elvemunningen av Eira (se* ***figur 4*** *for antatt leveområde). RML er beregnet etter at fisken har stått 70 dager i sjøen fra de tre antatte utvandringsdatoene. Kolonnen RML kommer frem ved å gå inn på grafen ved 70 dager i* ***figur 3*** *(stiplet loddrett linje), lese av verdien på den røde kurven og legge til 0.5 ganger verdien av avlesing på den gule kurven. Kolonnen RMT kommer frem ved å se hvor mange dager det tar før kurven for RML krysser* ***30%,*** *og så trekke fra 70 dager.*

Utvandringsdato	***RML (70d)***	***RMT (dager før RML>30%) minus 70 dager***
24. april	83 %	- 19 dager (dvs. ørreten fikk 51 dager i sjø)
15. mai	87 %	- 35 dager (dvs. ørreten fikk 35 dager i sjø)
5. juni	85 %	- 50 dager (dvs. ørreten fikk 20 dager i sjø)

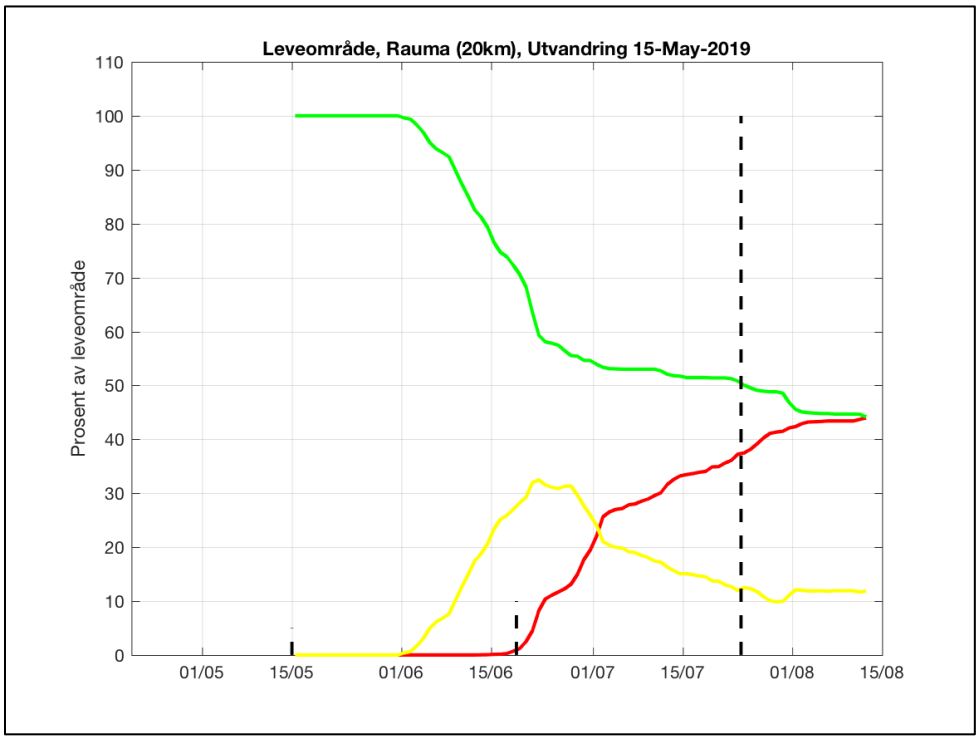
Rauma – vassdragsnummer 103.Z

I **figur 6** vises et antatt leveområde for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen til Rauma innerst i Romsdalsfjorden. De røde områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg mer enn 18 preadulte lus.



***Figur 6**. Antatt leveområde for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen til Rauma innerst i Romsdalsfjorden. De røde områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg mer enn 18 preadulte lus.*

Figur 7 viser beregnet andel av leveområdet utenfor Rauma der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje). Etter 15. juni viser modellen at marint leveområde for fisken reduseres kraftig pga. lakselus. Men ca. 50% av området er fortsatt lite påvirket ved slutten av modellsimuleringen. Dette skyldes mest sannsynlig at det er lav saltholdighet i området.



Figur 7 *viser beregnet andel av leveområdet utenfor Rauma der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje).*

Tabell 7 understøtter data fra **figur 7** som viser redusert marin tid (RMT) for sjøørret som vandrer ut ved modellert tid den 5. juni sammenlignet med en tidligere utvandringsdato.

Tabell 7. *Beregnet redusert marin tid (RMT) for fisk som oppholder seg for et område som er definert å stekke seg 20 km ut fra elvemunningen av Rauma (se* ***figur 6*** *for antatt leveområde). RML er beregnet etter at fisken har stått 70 dager i sjøen, fra de tre antatte utvandringsdatoene. Kolonnen RML kommer frem ved å gå inn på grafen ved 70 dager i* ***figur 3*** *(stiplet loddrett linje), lese av verdien på den røde kurven og legge til 0.5 ganger verdien på den gule kurven. Kolonnen RMT kommer frem ved å se hvor mange dager det tar før kurven for RML krysser* ***30%,*** *og så trekke fra 70 dager.*

Utvandringsdato	***RML (70d)***	***RMT (dager før RML>30%) minus 70 dager***
24. april	40 %	- 6 dager (dvs. ørreten fikk 64 dager i sjø)
15. mai	43 %	- 24 dager (dvs. ørreten fikk 46 dager i sjø)
5. juni	48 %	- 40 dager (dvs. ørreten fikk 30 dager i sjø)

Konklusjon: For PO5 (Stadt til Hustadvika) er det satt opp 47 klassifiserte sjøørretvassdrag. Kalibrert smittepress av lus i dette POet for perioden 24. april til 3. juli, 15. mai til 24. juli og 5. juli til 14 august er satt opp for kategori grønt, gult og rødt. Videre er det beregnet for en periode på opptil 70 dager hvor fisken per periode får på seg opp til 6 preadulte lus (grønt), 6-18 preadulte lus (gult) og over 18 preadulte lus (rød). Redusert marint leveområde (RML) og redusert marin tid (RMT) for sjøørreten er deretter modellert for hele området samt for to utvalgte vassdrag (Eira og Rauma) i dette POet. Basert på *kriteriene* satt i denne rapporten viser modellen at et stort andel av marint leveområde i PO5 blir påvirket av lakselus, og at i enkeltbestander blir marin tid i sjø sterkt redusert, spesielt ved å spesifisere sen utvandring i modellen. Det er fremdeles flere usikkerheter ved denne modellen og parameterne i den og før den kan bli implementert som en bærekraftsindikator er det viktig at den blir validert mot feltobservasjoner.

6.2 Resultat fra den nasjonale lakselusovervåkingen (NALO) i PO5.

Tallene i **tabell 8** viser middelverdien av lus i fastsittende stadier (copepoditt og chalimus) på ørret under 150 g. Resultatene herfra indikerer at vi ikke overestimerer antall lus i modellen, snarere underestimerer. Vi har ikke gått inn på en detaljert sammenligning av modell og observasjoner her. Dette vil være et eget studium som eventuelt får komme senere.

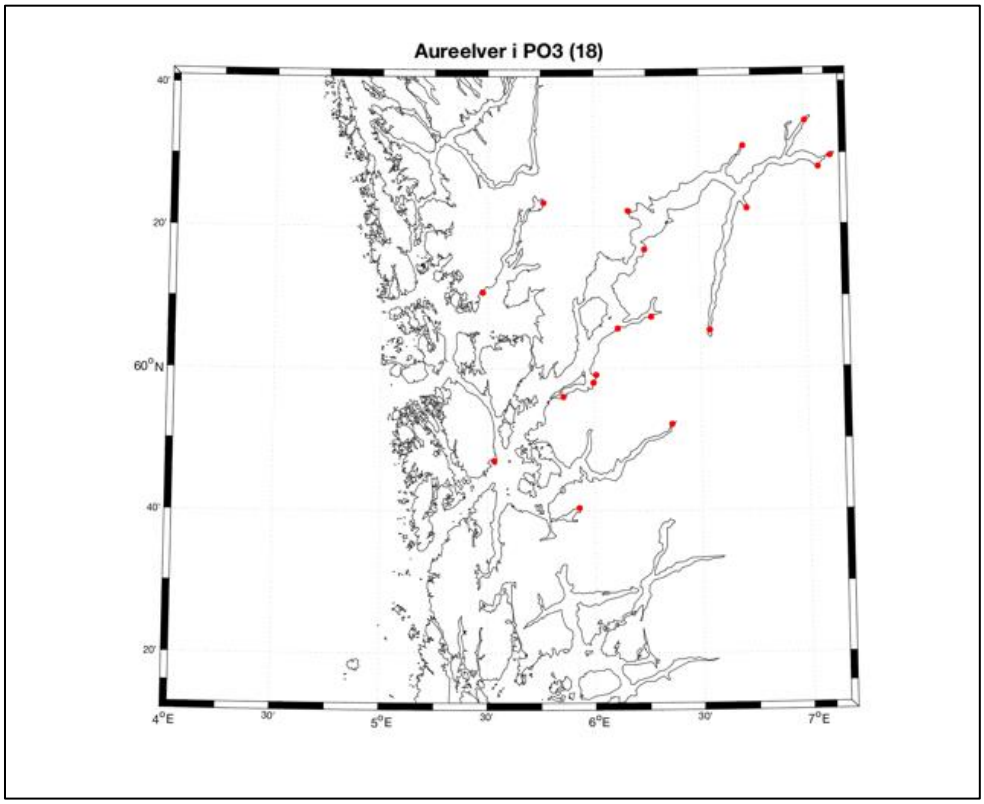
Tabell 8. *Resultat fra den nasjonale lakselusovervåkingen (NALO) fra 2019.*

Uke	***Sunnmøre***	***Vatne***	***Frænfjord***
21 (20.5 – 26.5)		6 (0-82)	
22 (27.5 -2.6)	23 (1-123)	13 (0-74)	
23 (3.6 -9. 6)	43 (0-432)		22 (0-159)
24 (10.6 – 16 6)	43 (0-345)		42 (2-247)
25 (17. 6 – 23. 6)		34 (0-91)	
26 (24.6 - 30.6)		55 (1-189)	

*Tallene i **tabell 8** viser middelverdien av lus i fastsittende stadier (copepoditt og chalimus) på ørret under 150 g. Tall i parentes viser minimumsverdi og maksimumsverdi. Totalt 503 fisk under 150 g i Romsdal (Vatne og Frænfjord) og 312 fisk under 150 g på Sunnmøre (Ørsta og Sykkylven). I tillegg ble det fanget 30 og 23 større ørreter i henholdsvis Romsdal og Sunnmøre. Resultat som inkluderer alle stadier av lus er angitt i NALO-rapport 2019 (Nilsen mfl. 2019).*

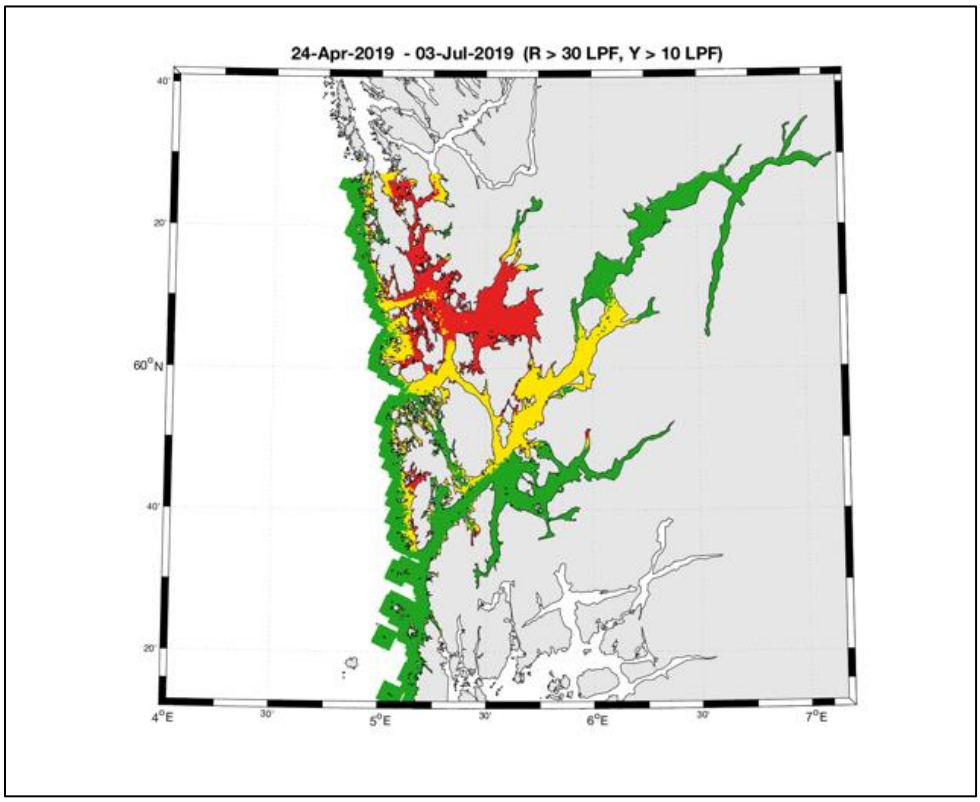
6.3 Produksjonsområde 3 (PO3)

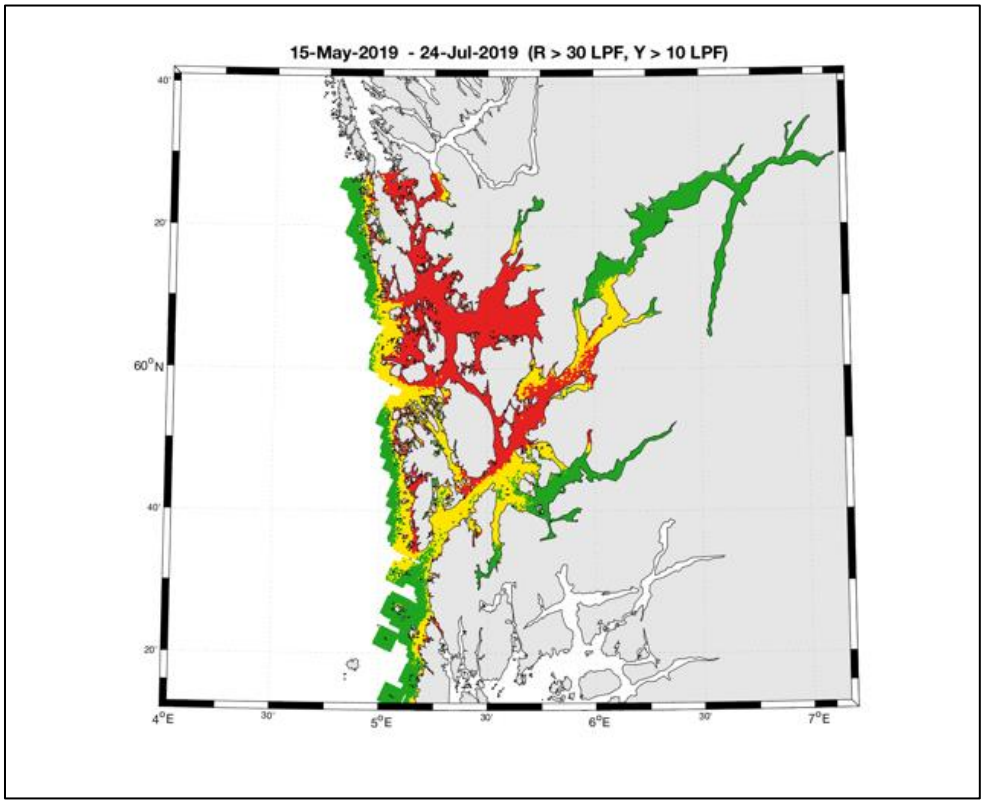
Det er 18 klassifiserte sjøørretvassdrag i PO3 (Anon 2019) som gitt i **figur 8.**

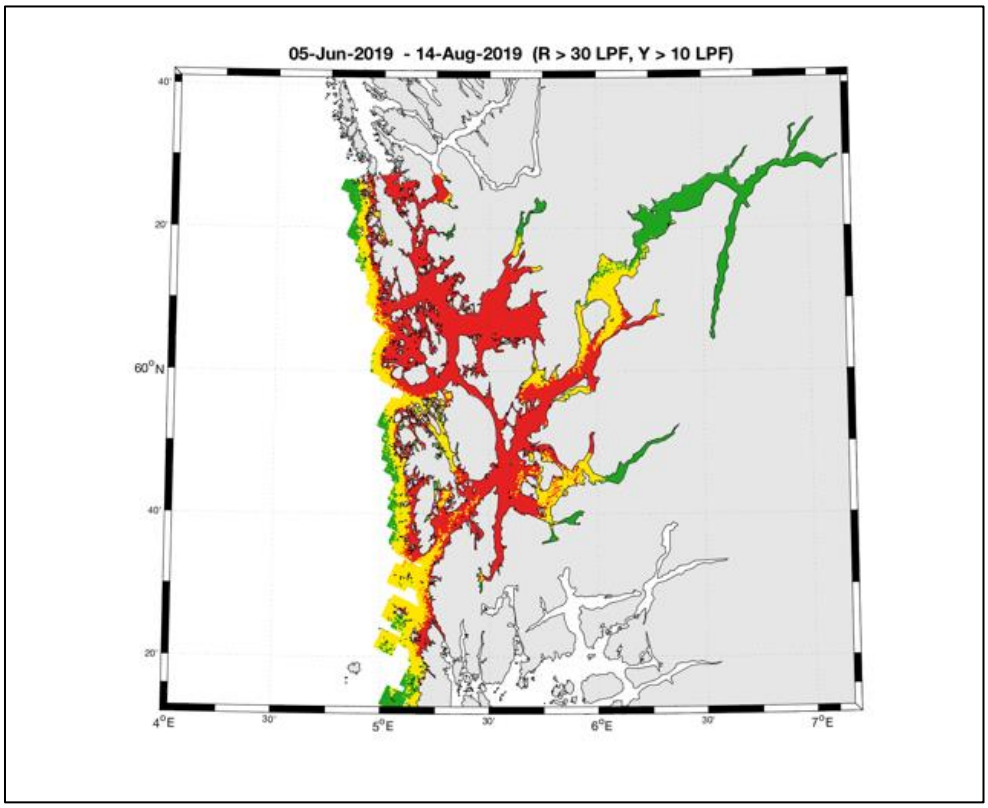


Figur 8. *Posisjon til alle ørretelver i PO3 iht. Anon (2019).*

Figur 9 viser kalibrert smittepress i PO3 fra 24. april til 14. august der vi ser at det fremkommer et mer og mer redusert leveområde for sjøørret utover sesongen. Dette fremkommer som røde områder der det er sannsynlig at ørretsmolten vil få på seg mer enn 30 luselarver som vil overleve til 18 preadulte lus og dermed påvirke ørreten i negativ retning.

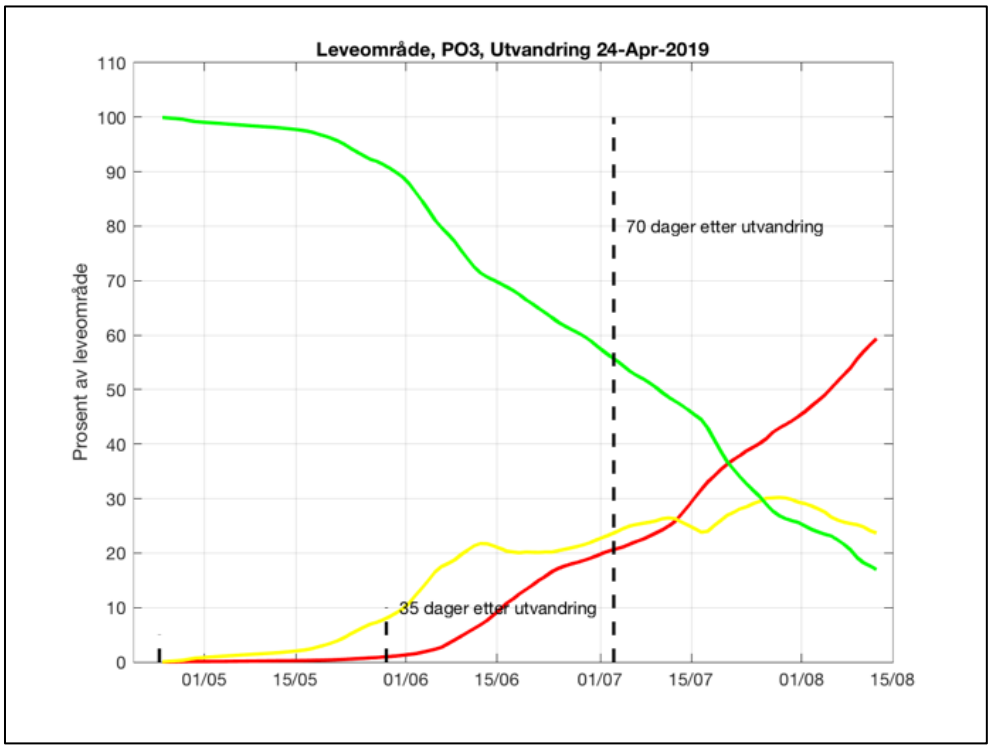

24-Apr-2019 - 03-Jul-2019 (R > 30 LPF, Y > 10 LPF)
40'
20'
60°N
40'
20'
4°E
30'
5°E
30'
6°E
30'
7°E

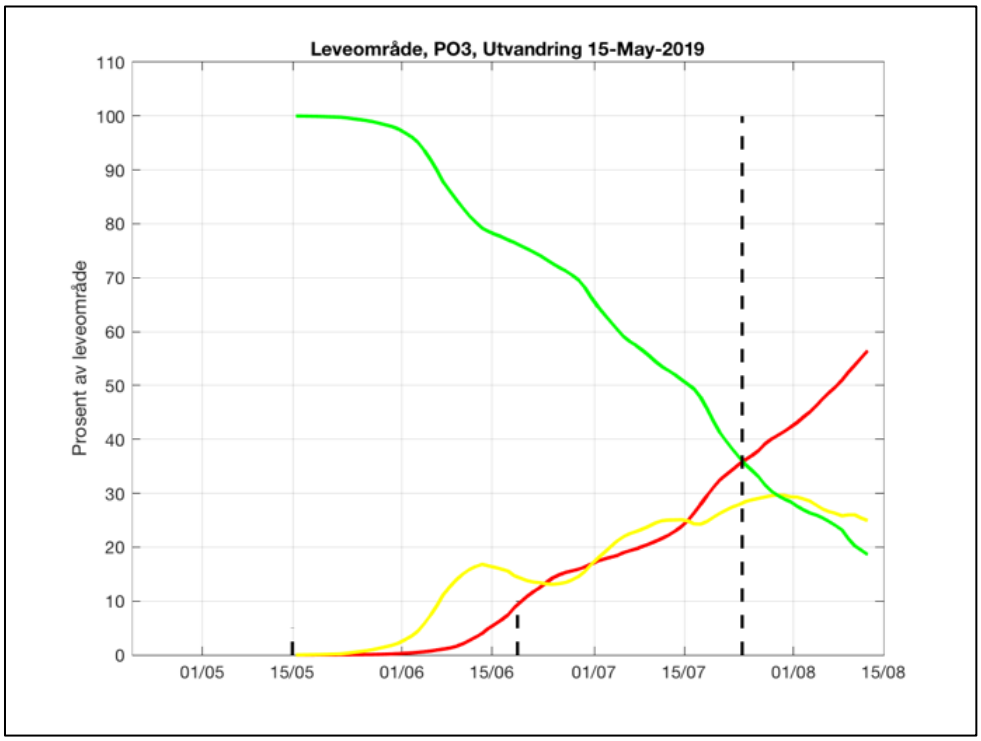

15-May-2019 - 24-Jul-2019 (R > 30 LPF, Y > 10 LPF)
40'
20'
60°N
40'
20'
4°E
30'
5°E
30'
6°E
30'
7°E

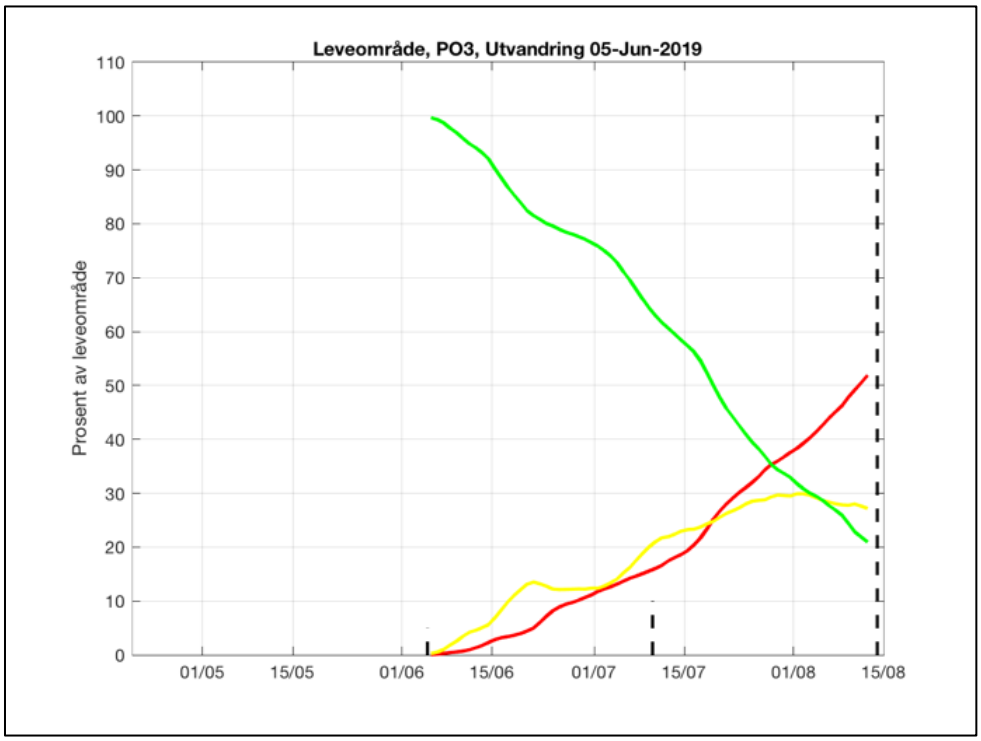


Figur 9. *Øverst: Kalibrert smittepress fra 24. april til 3. juli. Midten: Kalibrert smittepress fra 15. mai til 24. juli. Nederst: Kalibrert smittepress fra 5. juni til 14. august. I røde områder er det sannsynlig at ørretsmolten vil få på seg mer enn 30 luselarver som vil overleve til 18 preadulte lus. I grønne områder er det sannsynlig at ørretsmolten får på seg mindre enn 10 luselarver som vil overleve til 6 preadulte lus. I gule områder er det sannsynlig at ørretsmolten får på seg mellom 6 og 18 preadulte lus, og dermed være noe påvirket.*

Figur 10 viser beregnet andel av leveområdet der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje). Jo lengre sjøopphold ørreten har i dette området jo større påvirkning får den som følge av lakseluspåslaget. Følgen av dette er redusert marint leveområde utover sesongen.


Leveområde, PO3, Utvandring 24-Apr-2019
Prosent av leveområde
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
70 dager etter utvandring
35 dager etter utvandring
01/05
15/05
01/06
15/06
01/07
15/07
01/08
15/08


Leveområde, PO3, Utvandring 15-May-2019
Prosent av leveområde
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
01/05
15/05
01/06
15/06
01/07
15/07
01/08
15/08



***Figur 10**. Beregnet andel av leveområdet der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje). En figur er gitt for hver utvandringsdato hhv. 24. april, 15. mai og 5. juni. Den vertikale stiplete linjen markerer 70 dager fra utvandringsdato og er den fordelingen som er vist i kartene i **figur 9.** Den antatte utvandringsdatoen er markert som en kort sort linje, og 35 dager etter utvandring er markert som en kort stiplet linje.*

Tabell 9 er beregnet redusert marint leveområde (RML) etter at fisken har stått 70 dager i sjøen mot tre ulike utvandringsdatoer. Som for **figur 10** ser vi at ørret som vandrer senere på sesongen møter et større lakseluspress i fjorden og resultat av dette er redusert marint leveområde.

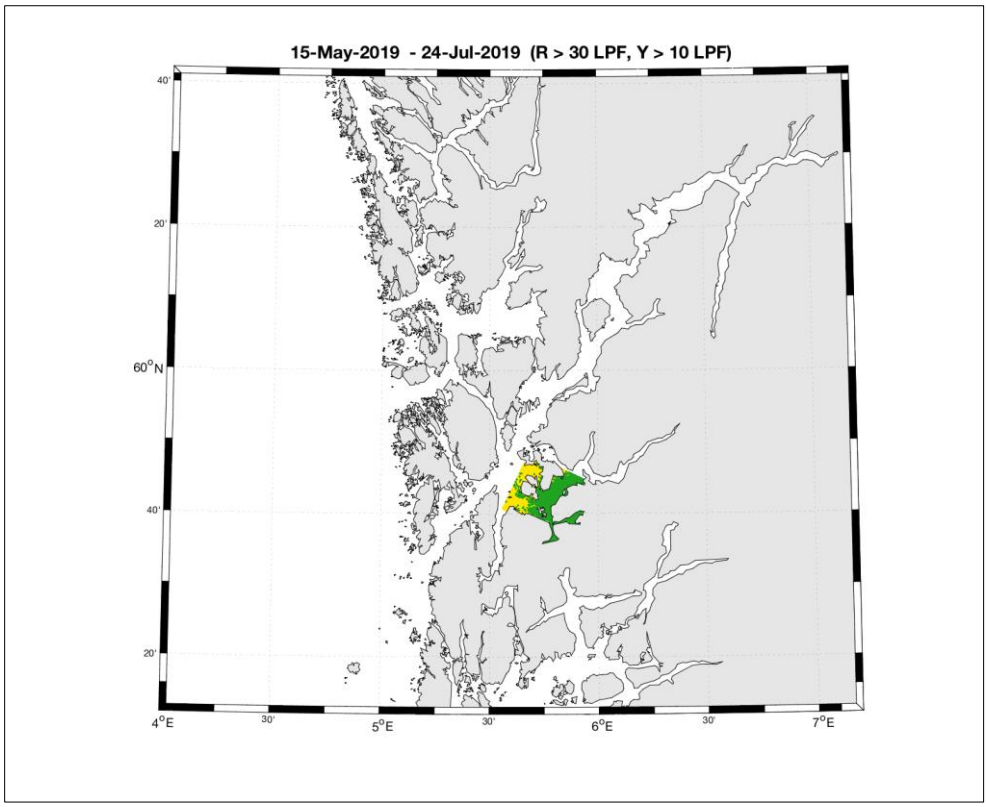
***Tabell 9.** Beregnet redusert marint leveområde (RML) etter at fisken har stått 70 dager i sjø fra de tre antatte utvandringsdatoene. Kolonnen RML kommer frem ved å gå inn på grafen ved 70 dager i **figur 10** (stiplet loddrett linje), lese av verdien på den røde kurven og legge til 0.5 ganger verdien på avlesing av den gule kurven.*

Utvandringsdato	***RML (redusert marint leveområde), PO3***
24. april	32 %
15. mai	49 %
5. juni	66 %

6.3.1 Eksempel fra utvalgte elver – Etne og Oselva - PO3

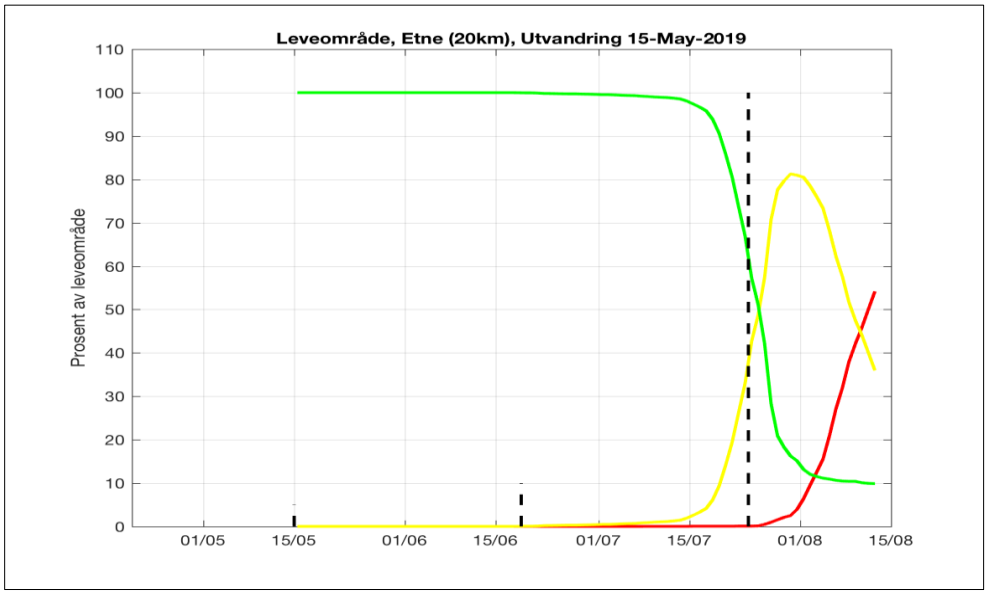
Etne – vassdragsnummer 041.Z

I **figur 11** vises et antatt leveområdet for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen til Etne i Hardangerfjorden. De gule områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg opptil 18 preadulte lus.



***Figur 11**. Antatt leveområde for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen Etne i Hardangerfjorden. De gule områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg opptil 18 preadulte lus.*

Figur 12 viser beregnet andel av leveområde der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje) i Etne i Hardangerfjorden. Modellen viser at det kun var ørreten som vandret ut i siste del av perioden som ble påvirket av lakselus.



***Figur 12**. Beregnet andel av leveområde der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje) i Etne i Hardangerfjorden. Den vertikale stiplete linjen markerer 70 dager fra utvandringsdato og er den fordelingen som er vist i kartet i **figur 11.** Den antatte utvandringsdatoen er markert som en kort sort linje, og 35 dager etter utvandring er markert som en kort stiplet linje.*

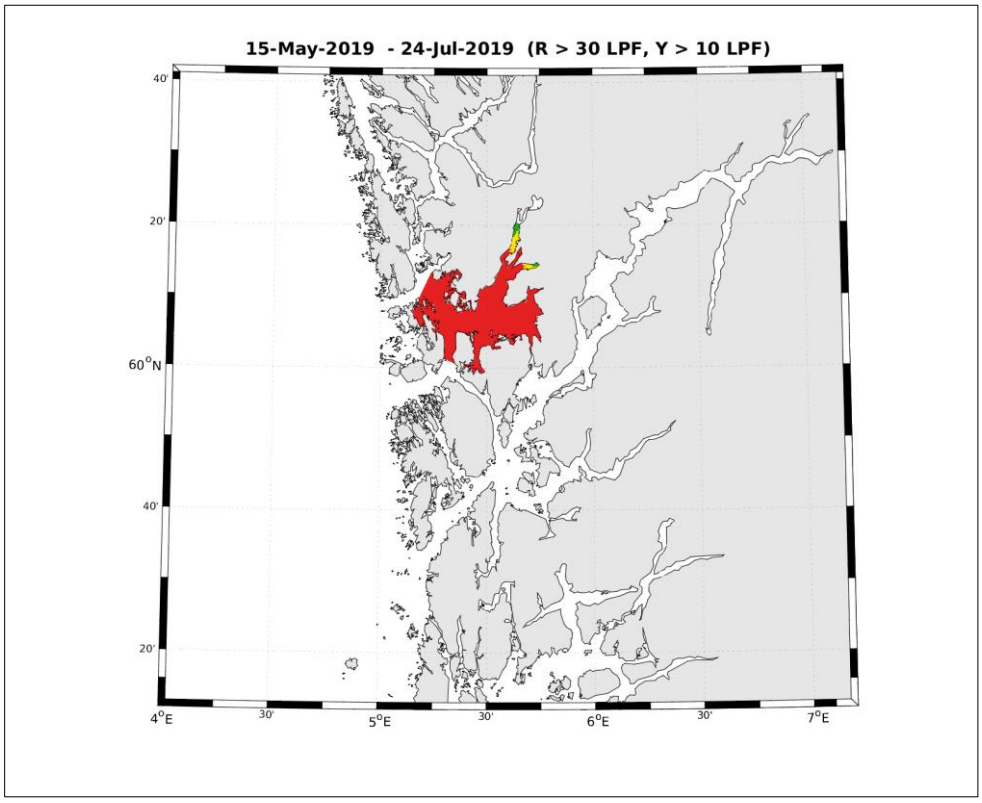
Tabell 10 understøtter data fra **figur 12** og viser at det kun var reduksjon i marin tid for ørreten fra Etne i Hardangerfjorden ved siste utvandringsperiode den 5. juni.

***Tabell 10.** Beregnet redusert marin tid (RMT) for fisk som oppholder seg for et område som er definert å stekke seg 20 km ut fra elvemunningen av Etne (se **figur 11** for antatt leveområde). RML er beregnet etter at fisken har stått 70 dager i sjøen, fra de tre antatte utvandringsdatoene. Kolonnen RML kommer frem ved å gå inn på grafen ved 70 dager (stiplet loddrett linje) i **figur 12**, lese av verdien på den røde kurven og legge til 0.5 ganger verdien på den gule kurven. Kolonnen RMT kommer frem ved å se hvor mange dager det tar før kurven for RML krysser **30%,** og så trekke fra 70 dager.*

Utvandringsdato	***RML (70d)***	***RMT (dager før RML>30%) minus 70 dager***
24. april	0 %	0 (dvs. ørreten fikk 70 dager i sjø)
15. mai	17 %	0 (dvs. ørreten fikk 70 dager i sjø)
5. juni	68 %	-16 (dvs. ørreten fikk 54 dager i sjø)

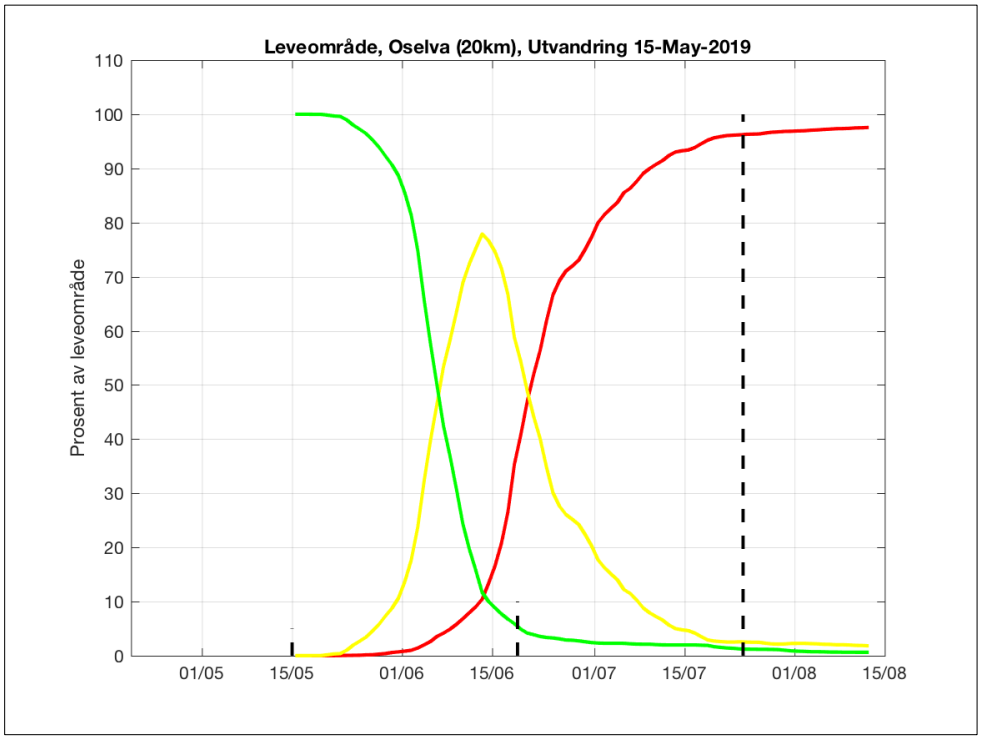
Oselva – vassdragsnummer 055.7Z

I **figur 13** vises et antatt leveområde for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen til Oselva i Bjørnafjorden. De røde områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg mer enn 18 preadulte lus. I dette området var lusepåslaget på ørreten svært høyt.



***Figur 13**. Antatt leveområde for ørretsmolt som strekker seg 20 km ut fra elvemunningen i Oselva i Bjørnafjorden. De røde områdene indikerer at fisk som har stått i dette området i 70 dager trolig har fått på seg mer enn 18 preadulte lus.*

Figur 14 viser beregnet andel av leveområde der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje) i Oselva i Bjørnafjorden. Jo lengre sjøopphold ørreten har i dette området jo større påvirkning får den som følge av lakseluspåslaget. Følgen av dette er et svært redusert marint leveområde utover sesongen.



***Figur 14**. Beregnet andel av leveområde der fisken sannsynligvis får på seg mer enn 18 preadulte lus (rød linje), 6-18 preadulte lus (gul linje), mindre enn 6 preadulte lus (grønn linje) i Oselva i Bjørnafjorden. Den vertikale stiplete linjen markerer 70 dager fra utvandringsdato og er den fordelingen som er vist i kartet i **figur 13.** Den antatte utvandringsdatoen er markert som en kort sort linje, og 35 dager etter utvandring er markert som en kort stiplet linje.*

Tabell 11 understøtter data fra **figur 14** som viser redusert marin tid (RMT) for sjøørret som vandrer ut ved modellert tid ved alle de tre periodene 24. april, 15. mai og 5. juni.

***Tabell 11.** Beregnet redusert marin tid (RMT) for fisk som oppholder seg for et område som er definert å stekke seg 20 km ut fra elvemunningen av Oselva i Bjørnafjorden (se **figur 13** for antatt leveområde). RML er beregnet etter at fisken har stått 70 dager i sjøen, fra de tre antatte utvandringsdatoene. Kolonnen RML kommer frem ved å gå inn på grafen ved 70 dager (stiplet loddrett linje) i **figur 14** (og tilsvarende figurer for de 2 andre utvandringstidspunktene), lese av verdien på den røde kurven og legge til 0.5 ganger verdien på den gule kurven. Kolonnen RMT kommer frem ved å se hvor mange dager det tar før kurven for RML krysser **30%,** og så trekke fra 70 dager.*

Utvandringsdato	***RML (70d)***	***RMT (dager før RML>30%) minus 70 dager***
24. april	94 %	-30 (dvs. ørreten fikk 40 dager i sjø)
15. mai	97 %	-46 (dvs. ørreten fikk 24 dager i sjø)
5. juni	98 %	-56 (dvs. ørreten fikk 14 dager i sjø)

Konklusjon: For PO3 (Karmøy til Sotra) er det satt opp 18 klassifiserte sjøørretvassdrag. Kalibrert smittepress av lus i dette POet for perioden 24. april til 3. juli, 15. mai til 24. juli og 5. juli til 14 august er satt opp for kategori grønt, gult og rødt. Videre er det beregnet for en periode på opptil 70 dager hvor fisken per periode får på seg opp til 6 preadulte lus (grønt), 6-18 preadulte lus (gult) og over 18 preadulte lus (rød). Redusert marint leveområde (RML) og redusert marin tid (RMT) for sjøørreten er deretter modellert for hele området samt for to utvalgte vassdrag (Etne og Oselva) i dette POet. Basert på kriteriene satt i denne rapporten viser modellen at en stor andel av marint leveområde i PO3 blir påvirket av lakselus, og at i enkeltelver blir marin tid i sjø sterkt redusert, spesielt ved å spesifisere en sen utvandring i modellen. Det er fremdeles flere usikkerheter knyttet til denne modellen og parameterne i den, og før den kan bli implementert som en bærekraftsindikator er det viktig at den blir validert mot feltobservasjoner.

7. Konklusjon

Modellene i dette arbeidet har basert seg på modellert smittepress av lus i to produksjonsområder (PO3 og PO5). Modelleringen er foretatt for førstegangsvandrende postsmolt av sjøørret og tar hensyn til fiskestørrelse, vandringslengde, utvandringstid, oppholdstid i sjø og antatt lusepåvirkning på fisken. Ut fra dette er det definert redusert marint leveområde (RML) for hele produksjonsområdet og for sjøørret fra enkeltelver, samt redusert marin tid (RMT) for sjøørret fra disse enkeltelvene. Resultatene herfra er presentert i tabeller og figurer.

For å kort oppsummere videre fremdrift foreslår vi følgende:

1) En grundig evaluering av hvordan disse modellresultatene skal vurderes i forhold til dødelighetsgrensene som er opplistet.
2) At resultatene fra modellen bør vurderes opp mot datakilder (både NALO, prematur tilbakevandring og andre data som fins og eventuelt kommer inn i nær framtid).
3) En fagfellevurdering av metoden og i den sammenheng at det skrives et manuskript med bakgrunn i dette dokumentet.

Basert på kriteriene satt i denne rapporten viste modellen at en stor andel av sjøørretens marine leveområde i PO3 og PO5 ble påvirket av lakselus i 2019, og at for enkeltbestander ble marin tid i sjø sterkt redusert, spesielt når en spesifiserte sen utvandring i modellen. Det er imidlertid flere usikkerheter knyttet til denne modellen, herunder parameterne i den, og før den kan bli implementert som en bærekraftsindikator er det viktig at den blir validert mot

feltobservasjoner. Et annet viktig poeng er at metoden ikke beregner lakselusindusert villfiskdødelighet, men redusert marint habitat. Det behøves derfor en vurdering om hvordan man skal sette grenseverdier for å definere dette som en bærekraftsindikator.

Smittepressmodellen er tidligere validert mot feltobservasjoner som i Sandvik mfl. (2016, 2019 - burdata i Hardanger) i og Myksvoll mfl. (2018 - garn- og rusefanget fisk) og er i stadig utvikling.

Grenseverdiene som velges for dødelighet er i stor grad basert på laboratorieundersøkelser, mens effekten av lakselus som en driver for tidlig tilbakevandring til brakkvann/ferskvann for å kvitte seg med lus er fra noen få merkeforsøk og observasjoner. Det er derfor behov for metoder for å kategorisere effekten på sjøørretbestandene når fisken velger å foreta en prematur tilbakevandring, når den dør og hvilke konsekvenser det er ved reduksjon i tapt marint leveområde og tapt beiteperiode.

Ett nylig forsøk har indikert at sjøørret som har fått en tidligere lakselussmitte blir mindre smittet i etterkant. Om dette er en generell sammenheng, betyr det at smitteeffektiviteten av lakselus må justeres ned utover i sesongen. Videre forsøk må avklare dette.

Det er her antatt en lusedødelighet på 40% fra fastsittende til bevegelige lusestadier på fisken. Dette er anekdotiske tall, oss bekjent er dette svært dårlig undersøkt, og utelukkende basert på et fåtallig forsøk i laboratoriet. Gjenfangst av kunstig infestert fisk i områder uten lus kan avklare om dette også gjelder i naturen. Alternativt kan en modellere med og uten dødelighet på lakselus, og vurdere i hvilken grad dette vil endre en kategorisering.

Vi antar at en god del av sjøørreten som tilbakevandrer pga. lus ikke returnerer til sjøen samme året. Imidlertid viser data fra noen innledende forsøk at en del av fisken kan vandre ut i sjøen etter at den har kvittet seg med lus og returnere til vassdraget igjen samme året. Dette støttes av observasjoner gjort under telemetristudier på sjøørretsmolt.

Prematur tilbakevandring betyr ikke at fisken nødvendigvis overlever. Det er vist at fiskens kondisjon påvirker vinterdødeligheten i ferskvann. Ved for tidlig tilbakevandring har ikke sjøørreten fått spist seg opp så mye som den ellers ville ha hatt mulighet til og kondisjonen vil derfor være lavere enn den burde for å berge seg gjennom vinteren. Tilsvarende har det blitt observert at sjøørret med svært høye infestasjoner dør selv om de har en prematur tilbakevandring. Denne undersøkelsen er imidlertid basert på noe kunstige forhold, og det ble ikke tatt høyde for at fisken kunne valgt en tidligere prematur tilbakevandring. Ovenstående illustrerer at det fortsatt er en del kunnskapshull og at det spesielt er et behov for en bedre beskrivelse av innslagspunkter for prematur tilbakevandring, fysiologisk effekt og dødelighet.

8. Referanser

Aarestrup, K., Birnie-Gauvin, K. & Larsen, M. H. (2017). Another paradigm lost? Autumn downstream migration of juvenile brown trout: Evidence for a presmolt migration. Ecol. Freshw. Fish 27, 513-516.

Aldvén, D., Degerman, E. & Höjesjö, J. (2015). Environmental cues and downstream migration of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Boreal Env. Res. 20, 35-44.

Aldvén, D. & Davidsen, J. G. (2017). Marine migrations of sea trout (*Salmo trutta*). In *Sea Trout: Science & Management. Proceedings of the 2nd International Sea Trout Symposium, October 2015, Dundalk, Ireland* (Harris, G. S., ed.), pp. 267-276.

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. (2015). Meld. St. 16 (2014-2015). Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Regjeringen.no.

Anon. (2017). Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret (produksjonsområdeforskriften). Lovdata.no.

Anon. (2018). Status for norske laksebestander i 2018. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 11, 122s.

Anon. (2019). Klassifisering av tilstanden til 432 norske sjøørretbestander. Temarapport nr. 7, 114 s.

Atencio, B. J. (2019). The migratory behaviour of Atlantic salmon, brown trout and Arctic charr post-smolts in a Norwegian fjord. Master´s thesis - UiT The Arctic University of Norway, Tromsø. 63 s.

Berg, O. K. & Berg, M. (1987). Migrations of sea trout, *Salmo trutta* L., from the Vardnes river in northern Norway. J. Fish Biol. 31, 113-121.

Berg, O.K. & Berg, M. (1989). The duration of sea and freshwater residence of the sea trout, *Salmo trutta*, from the Vardnes River in northern Norway. Env. Biol.Fish. 24, 23-32.

Berntsen, H.H., Finstad, B & Berg, M. 2019. PIT-prosjekt i Storelva (Vatnevassdraget), Haram kommune, 2014-2018, fremdriftsnotat for 2019. NINA Prosjektnotat 149.

Birkeland, K. (1996). Consequences of premature return by seas trout (*Salmo trutta*) infested with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer): migration, growth and mortality. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2808-2813.

Birkeland, K. & Jakobsen, P., J. (1997). Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation as a causal agent of premature return to rivers and estuaries by sea trout, *Salmo trutta*, juveniles. Env. Biol. Fish. 49, 129-137.

Birnie-Gauvin, K., Thorstad, E.B. & Aarestrup, K. (2019). Overlooked aspects of the *Salmo salar* and *Salmo trutta* lifecycles. Rev. Fish. Biol. Fisheries, https://doi.org/10.1007/s11160-019-09575-x.

Bjørn, P. A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolts. Nordic J. Freshw. Res., 73: 60-72.

Bjørn, P.A. & Finstad, B. (1998). The development of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on artificially infested post smolts of sea trout (*Salmo trutta*). Can. J. Zool. 76(5): 970-977.

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.

Bordeleau, X., Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjursen, A. D., Whoriskey, F. G. & Crossin, G. T. (2018). Nutritional correlates of spatio-temporal variations in the marine habitat use of brown trout, *Salmo trutta*, veteran migrants. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 75, 1744-1754.

Davidsen, J. G., Daverdin, M., Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Sjursen, A. D. & Koksvik, J. I. (2014). Riverine and near coastal migration performance of hatchery brown trout (*Salmo trutta* L.). J. Fish Biol. 85, 586–596.

Davidsen, J. G., Sjursen, A. D., Rønning, L., Davidsen, A. G. & Daverdin, M. (2017). Kartlegging av sjøørret i habitatområde ved utløpet av Stjørdalselva, Nord-Trøndelag og konsekvensanalyse av tre utfyllingsalternativer. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rap. 2017-4, 1-27.

Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjursen, A. D., Rønning, L., Bordeleau, X., Daverdin, M., Whoriskey, F. & Koksvik, J. I. (2018). Marine vandringer og områdebruk hos sjøørret og sjørøye i Tosenfjorden. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2018-8, 84s.

Davidsen, J. G., Eldøy, S. H., Halvorsen, A., Sjursen, A., Rønning, L., Daverdin, M., Bårdsen, M. T. & flere, m. (2019). Sjøørret og sjørøye i Skjerstadfjorden - Marine vandringer, områdebruk og populasjonsgenetikk. - under utarbeidelse.

del Villar-Guerra, D., Aarestrup, K., Skov, C. & Koed, A. (2013). Marine migrations in anadromous brown trout (*Salmo trutta*). Fjord residency as a possible alternative in the continuum of migration to the open sea. Ecol. Freshwater Fish 23, 594-693.

del Villar-Guerra, D., Larsen, M. H., Baktoft, H., Koed, A. & Aarestrup, K. (2019). The influence of initial developmental status on the lifehistory of sea trout (Salmo trutta). Sci. rep. 9:13468, 1-13.

Eldøy, S. H., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Aarestrup, K., Næsje, T. F., Rønning, L., Sjursen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. A. (2015). Marine migration and habitat use of anadromous brown trout *Salmo trutta*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 72, 1366 - 1378.

Ferguson, A., Reed, T.E., Cross, T.F., McGinnity, P., & Prodöhl. (2019). Anadromy, potamodry and recidency in brown trout *Salmo trutta*: the role of genes and the environment. J. Fish. Biol., DOI:10.1111/jfb.14005.

Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E. B., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. (2005). Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. J. Fish Biol. 66, 86-96.

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.

Finstad, B. & Bjørn, P.A. (2011). Present status and implications of salmon lice on wild salmonids in Norwegian coastal zones. I: Salmon Lice: An Integrated Approach to Understanding Parasite Abundance and Distribution. (Jones, S. & Beamish, R. eds.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK, 281-305.

Fjelldal, P.G., Hansen, T.J., Karlsen, Ø. & Wright, D.W. (2019) Effects of laboratory salmon louse infection on Arctic char osmoregulation, growth and survival. Conserv. Physiol. 00(00): coz072; doi:10.1093/conphys/coz072.

Flaten, A. C., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Rønning, L., Sjursen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. A. (2016). The first months at sea - migration and habitat use of sea trout *Salmo trutta* post-smolts. J. Fish Biol. 89, 1624-1640.

Gjelland, K.Ø., Sandlund, O.T., Postler, C., Bækkelie, K.A., Eloranta, A., Pettersen, O., Solberg, I. & Saksgård, R. (2018). Overvåking av fisk i store innsjøer (FIST) i 2017. NINA rapport 1644, 78 s.

Grimnes, A. & Jakobsen, P.J. (1996). The physiological effects of salmon lice infection on post-smolt of Atlantic salmon. J. Fish. Biol. 48: 1179-1194.

Halttunen, E., Gjelland, K. Ø., Hamel, S., Serra-Llinares, R. M., Nilsen, R., Arechavala-Lopez, P., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Asplin, L., Karlsen, Ø., Bjørn, P. A. & Finstad, B. (2017). Sea trout adapt their migratory behaviour in response to high salmon lice concentrations. J. Fish Dis. 41, 953-967.

Jensen, K. W. (1968). Seatrout (*Salmo trutta* L.) of the River Istra, Western Norway. Rep. Inst. Freshwater Res., Drottningholm 48, 1187-1213.

Jensen, A.J., Finstad, B., Forseth, T. & Rikardsen, A. (2005). Sjøørret, sjørøye og klima. NINA Temahefte 31, 55-61.

Jensen, A. J., Finstad, B., Fiske, P., Hvidsten, N. A., Rikardsen, A. H. & Saksgård, L. (2012). Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69, 711-723.

Jonsson, B. (1985). Life history pattern of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. Trans. Am. Fish. Soc. 114, 182-194.

Jonsson, B., Jonsson, N., Brodtkorp, E. & Ingebrigtsen, P.J. (2001). Life-history traits of brown trout vary with the size of small streams. Funct. Ecol. 15, 310-317.

Jonsson, B. & Jonsson, N. 2009. Migratory timing, marine survival and growth of anadromous trout *Salmo trutta* in the River Imsa, Norway. J. Fish Biol. 74, 621-638.

Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. (red.). 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen 14-2016. 139 s.

Klemetsen, A., Amundsen, P.A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. Ecol. Freshw. Fish 12, 1-59.

Lamberg, A. (2019). Videoovervåking av laks og sjøørret i Granvinsvassdraget i 2018. SNA-rapport 14/2019. 61 s.

L'Abée-Lund, J.H., Jonsson, B., Jensen, A.J., Sættem, L.M., Heggberget, T.G., Johnsen, B.O. & Næsje, T.F. (1989). Latitudinal variation in life-history characteristics of sea-run migrant brown trout *Salmo trutta*. J. Anim. Ecol. 58, 525-542.

Lyse, A. A., Stefansson, S. O. & Fernö, A. (1998). Behaviour and diet of sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. J. Fish Biol. 52, 923-936.

Middlemas, S. J., Stewart, D. C., Mackay, S. & Armstrong, J. D. (2009). Habitat use and dispersal of post-smolt sea trout *Salmo trutta* in a Scottish sea loch system. J. Fish Biol. 74, 639-651.

Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Kristensen, N.M., Melsom, A., Skarðhamar, J., & Ådlandsvik, B. (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system – from physics to fish. PLoS ONE, 13(7): e0201338.

Nevoux, M., Finstad, B., Davidsen, J.G., Finlay, R., Josset, Q., Poole, R. Höjesjö, J., Aarestrup, K., Persson, L., Tolvanen, O. & Jonsson, B. (2019). Environmental influences of life history strategies in partial anadromous brown trout (*Salmo trutta*, Salmonidae). Fish and Fisheries, DOI:10.1111/faf.12396.

Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Helgesen, K. O., Karlsen, Ø., Qviller, L., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O. & Vollset, K.W. (2019a). Vurdering av kunnskapsgrunnlaget for å implementere lakselus på sjøørret som en bærekraftsindikator i

«produksjonsområdeforskriften». Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning. ISBN 978-82-7744-200-6, 23 s.

Nilsen, R., Serra Llinares, R.M., Sandvik, A.D., Schrøder Elvik, K.M., Kjær, R., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Lehmann, G.B. (2019b). Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2019. Rapport fra havforskningen nr. 2019-35 (ISSN:1893-4536 (online): 1-97.

Rikardsen, A., Haugland, M., Bjørn, P.A., Finstad, B., Knudsen, R., Dempson, J., Holst, J.C., Hvidsten, N.A. & Holm. M (2004). Geographical differences in marine feeding of Atlantic salmon postsmolts in Norwegian fjords. J. Fish. Biol, 64:1655-1679.

Ruud, T. (2015). Space use and harvest selection of sea trout (*Salmo trutta*) living in a marine protected area. Master's Thesis - Norwegian University of Life Sciences, Available at: http://hdl.handle.net/11250/293744.

Sandvik, A.D., Asplin, L., Bjørn, P.A., Johnsen, I.A., Skarðhamar, J., Myksvoll, M.S, Ådlandsvik, B. & Skogen, M. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. Aquacult. Env. Interact. 8: 527-542, doi:10.3354/aei00193.

Sandvik, A.D., Asplin, L., Bjørn, P.A., Johnsen, I.A., Skarðhamar, J., Myksvoll, M.S, Ådlandsvik, B. & Skogen, M. (2017a). Smittepress fra lakselus på vill laksefisk – estimert fra luselarvefelt med stor variabilitet (Rapport fra Havforskningen nr. 13-2017).

Sandvik, A.D., Asplin, L., Bjørn, P.A., Johnsen, I.A., Skarðhamar, J., Myksvoll, M.S, Ådlandsvik, B. & Skogen, M. (2017b). Smittepress fra lakselus på vill laksefisk- estimert fra luselarvefelt med stor variabilitet (Rapport fra Havforskningen nr. 40-2017).

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. Innsendt til ICES J. Mar. Sci.

Serra-Llinares, R. M., Freitas, C., Nilsen, R., Elvik, K. M. S., Albretsen, J., Bøhn, T., Karlsen, Ø. & Bjørn, P. A. (2018). Towards direct evidence of the effects of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) on sea trout (*Salmo trutta* L.) in their natural habitat: proof of concept for a new combination of methods. Env. Biol. Fish 101, 1677-1692.

Serra-Llinares, R. M., Freitas, C., Nilsen, R., Elvik, K. M. S., Albretsen, J., Karlsen, Ø. & Bjørn, P.A. (in press). Testing artificial infestation as an alternative approach to assess the impact of salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) on free-swimming sea trout (*Salmo trutta* L.) post smolts. MEPS, accept.

Stien, A., Bjørn, P.A., Heuch, P.A. &Elston, D.A. (2005). Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. Mar. Ecol. Prog. Series 290, 263-275.

Sægrov, H, Hellen, B.A, Kålås, S, Urdal, K & Johnsen, G.H. (2007). Endra manøvrering i Aurland 2003 – 2006. Sluttrapport - Fisk. Rådgivende Biologer AS, rapport nr.1000, 103 s.

Sægrov, H., Telnes, T. & Urdal, K. (2003). Fiskeundersøkingar i Hornindalsvatnet i 2001. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 600, 28 s.

Thorstad, E. B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech Manel-la, N., Bjørn, P. A. & McKinley, R. S. (2007). Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. Hydrobiologia 582, 99-107.

Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. J. Fish Biol. 81, 500-542.

Thorstad, E.B., Todd, C.D., Uglem, I., Bjørn, P.A., Gargan, P.G., Vollset, K.W., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. (2015). Effects of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on wild sea trout *Salmo trutta*-a literature review. Aquacult. Env. Interact. 7, 91-113.

Thorstad, E. B., Todd, C. D., Uglem, I., Bjorn, P. A., Gargan, P. G., Vollset, K. W., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. (2016). Marine life of the sea trout. Mar. Biol. 163: 47.

Thorstad, E.B. & Finstad, B. (2018). Impacts of salmon lice emanating from salmon farms on wild Atlantic salmon and sea trout. NINA Report 1449, 1-22.

Skaala, Ø., Kålås, S. & Borgstrøm, R. (2014). Evidence of salmon lice-induced mortality of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in the Hardangerfjord, Norway. Marine Biol. Res. 10, 279-288.

Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S. & Boxaspen, K. K. (2011). Risikovurdering miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2010. Fisken og Havet, særnr. 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. Mar. Sci. 72: 997-1021.

Urdal, K. (2013). Analysar av skjelprøvar frå Sogn og Fjordane i 2012. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 1728, 29 s.

Urke, H. A., Kristensen, T., Alfredsen, K. T., Lundmark, K. & Alfredsen, J. A. (2010). Utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt frå Lærdalselva. NIVA Rap. 49, 6033-2010.

Urke, H. A., Haugen, T. O., Kjærstad, G., Alfredsen, J. A. & Kristensen, T. (2018). Laks- og aurebestanden i Strynevassdraget; vandrings-mønsteret hjå laksesmolt og aure, ungfiskproduksjon og botndyr. Mina Fagrap. 48, 1-56.

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. J. Fish Biol. 82, 206-227.

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.

Wells, A., Grierson, C.E., MacKenzie, M., Russon, I.J., Reinardy, H., Middlemiss, C., Bjørn, P., Finstad, B., Wendelaar Bonga, S.E., Todd C.D. and Hazon. N. (2006). The physiological effects of simultaneous, abrupt seawater entry and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis)* infestation of wild, sea-run brown trout (*Salmo trutta*) smolts. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63: 2809-2821.

Ådlandsvik, B. (2015). Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. Rapport fra Havforskningen, Nr. 20-2015, 59 s. Havforskningsinstituttet.