

En evaluering av det vitenskapelige grunnlaget for trafikklyssystemet for norsk lakse- og ørretoppdrett

Evalueringskomiteen, desember 2021

Dette er en norsk oversettelse av et originaldokument skrevet på engelsk av evalueringskomiteen. Oversettelsen er kvalitetssikret, men kan allikevel inneholde feil og mangler. Dersom evalueringskomiteens nøyaktige anbefalinger og vurderinger er nødvendig finnes den engelske originalen her:

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

© Norges forskningsråd 2024

Norges forskningsråd
Besøksadresse: Drammensveien 288
Postboks 564
NO-1327 Lysaker

Telefon: +47 22 03 70 00

post@rcn.no

www.rcn.no

Rapporten kan bestilles og lastes ned på
www.forskningsradet.no/publikasjoner

Oslo, 13.12.2024

ISBN 978-82-12-04191-2 (PDF)

Medlemmer av evalueringskomiteen (i alfabetisk rekkefølge):

Kirstin Eliassen	Fiskaaling, Færøyene
David Jackson	Marinbiolog, Irland
Anders Koed	DTU Aqua, Danmark
Crawford Revie	University of Strathclyde, Storbritannia (leder)
Heather Anne Swanson	Aarhus Universitet, Danmark
Jimmy Turnbull	University of Stirling, Storbritannia
Jarno Vanhatalo	Helsingfors universitet, Finland
André Visser	DTU Aqua, Danmark

Innhold

Sammendrag	4
1. Innledning	6
2. Trafikklyssystemet og fokuspunkter i denne rapporten	8
3. Nøkkelområder for utvikling	11
3.1 Kunnskapsinkludering	11
3.2 Grenseverdier for dødelighet	13
3.3 Modellrammeverk	15
3.4 Estimering av usikkerhet	19
3.5 Kommunisering av usikkerhet	20
3.6 Ekspertvurderinger	23
4. Andre hensyn / datasårbarheter	25
5. Systemytelse	28
5.1 Vurdering av systemytelse	28
5.2 DPSIR: et rammeverk for fremtidig vurdering	29
6. Konklusjoner	34
Tabell over anbefalinger	35
Referanser	37

Forkortelser brukt i denne rapporten

- EK – Evalueringskomité
- EG – Ekspertgruppe
- PO – Produksjonsområde
- SG – Styringsgruppe
- TLS – Trafikklyssystem

Sammendrag

Dette dokumentet er sluttrapporten fra en evalueringskomité (EK) nedsatt i regi av Norges forskningsråd, på oppdrag fra Nærings- og fiskeridepartementet, med oppdrag å evaluere det vitenskapelige grunnlaget til trafikklyssystemet (TLS) som brukes til å regulere veksten i norsk lakseoppdrettssektor. Komiteens oppgave var først og fremst å fokusere på to spørsmål: (i) **valg av vitenskapelige modeller og metoder** (herunder deres styrker og svakheter, håndtering av risiko og usikkerhet, og kvaliteten på vurderingene), og (ii) i hvilken grad anbefalingene fra TLS **gjenspeiler det vitenskapelige** grunnlaget.

Evalueringskomiteen ble formelt konstituert i slutten av 2020 og møttes i løpet av en periode på et år for å oppfylle sitt mandat, som omfattet et foreløpig notat i juli 2021 samt denne endelige rapporten. I tillegg til møter mellom medlemmene av komiteen (for det meste via et nettbasert medium) var det også en del samhandling tidlig i prosessen med medlemmer av ekspert- og styringsgruppene knyttet til TLS, for å avklare spørsmål om driftsprosessen og for å sikre at komiteen hadde all relevant dokumentasjon tilgjengelig.

Dokumentasjonen var på over 1 000 sider, fra nesten 100 dokumenter, og som sådan var det verken mulig eller ønskelig å kommentere alle aspekter ved TLS, eller dets ulike modeller, datakilder og analyser. I stedet valgte Evalueringskomiteen å fokusere på noen få nøkkelområder av TLS der de følte det var rom for forbedringer, og å utarbeide en rekke anbefalinger for å håndtere svakheter eller begrensninger ved den nåværende tilnærmingen. Disse spenner fra ekspertkunnskap og dataene som trengs for å lage og parametrisere modellene i TLS, til samspillet mellom disse modellene, til den endelige tolkningen av modellerte utdata og overføringen til politiske anbefalinger. På tvers av alle disse aspektene ved TLS-prosessen skilte to tverrgående temaer seg ut som avgjørende for å sikre åpenhet og legitimitet ved TLS-tilnærmingen til enhver tid: **usikkerhet** og rollen **ekspertvurderinger** spiller i TLS.

Det er åpenbart at **usikkerhet** er til stede på en rekke områder innenfor TLS. Dette kan være et resultat av manglende tilgang på tilstrekkelige data eller rett og slett iboende tilfeldighet knyttet til de biologiske og miljømessige variablene i modellen. Som sådan er det viktig å fange opp og kvantifisere disse usikkerhetskildene på riktig måte. Det er også viktig å vise hvor sensitive modellerte utdata fra TLS er for endrede antagelser om disse usikre parametrene. Det er også elementer av usikkerhet knyttet til risikovurderingene og de rådene til akvakulturforvaltningen de resulterer i, som alle krever bruk av et egnet, lettfattelig språk for å kommunisere denne usikkerheten til en rekke interessenter.

Det er også slik at TLS er avhengig av at det foretas **ekspertvurderinger** på ulike punkter for å ta opp eller besvare spørsmål, alt fra hvilke datakilder som bør inkluderes, til hvordan ulike – og noen ganger forskjellige – luserisikoindekser skal tolkes. I systemer som er så komplekse som TLS, og der det vitenskapelige kunnskapsgrunnlaget spiller en fremtredende rolle, er det noen ganger fare for at viktigheten av slike ekspertvurderinger undervurderes i prosessen. Evalueringskomiteen mener dette er en feil og fremmer en rekke anbefalingene knyttet til metoder for bruk av ekspertråd på en mer formell, transparent måte.

En av utfordringene i en så sammensatt prosess som TLS er å få en grunnleggende forståelse for nøkkelementene i systemet og samspillet mellom disse. Det gis derfor en grafisk oversikt over TLS tidlig i rapporten. På ulike steder i rapporten er anbefalingene «forankret» til ulike deler av grafikken for å hjelpe leseren med å forstå relevansen av et konkret forslag innenfor rammen av den overordnede TLS-prosessen.

Det er femten anbefalinger knyttet til hvordan ulike aspekter av TLS kan forbedres. Flere av disse har overlappende implikasjoner, men oppstår i sammenheng med ulike aspekter av komiteens vurderinger. Den endelige anbefalingen [A15] forsøker å bringe de andre anbefalingene sammen ved å foreslå et omfattende rammeverk for iterativ vurdering. Rammeverket Driver-Pressure-State-Impact-Response (**DPSIR**) er en tilnærming som kan brukes til å vurdere årsaker, konsekvenser og responser på endring i et sammensatt adaptivt system på en systematisk måte. Det er Evalueringskomiteens oppfatning at DPSIR gir et rammeverk som vil støtte TLS' fortsatte relevans og verdi, ved å sikre at systemet kontinuerlig oppdateres i tråd med ny informasjon og utvikling innen beste praksis. Bruken av DPSIR bør også gjøre det lettere å forklare prosessene som ligger til grunn for TLS, og resultatene av systemet, til et bredere spekter av interessenter.

1. Innledning

I denne første delen av rapporten gir vi litt bakgrunn for rapporten og formålet med den, samt prosessen den ble utarbeidet i, og hvordan den er strukturert.

Bakgrunn og ansvarsområde

Mot slutten av 2020 ble det i regi av Norges forskningsråd, på oppdrag fra Nærings- og fiskeridepartementet, nedsatt en gruppe internasjonale eksperter som ble gitt i oppgave å evaluere det vitenskapelige grunnlaget til Trafikklyssystemet (TLS) som brukes til å regulere veksten i norsk lakseoppdrettssektor. Sammensetningen av evalueringskomiteen (heretter også kalt EK) er beskrevet nedenfor, sammen med prosessen som ledet frem til denne sluttrapporten.

Sammensetning av EK og sentrale kompetanseområder

Evalueringskomiteen besto av åtte forskere fra syv ulike forskningsinstitusjoner i fem europeiske land (se forfatterlisten for navn og institusjonstilhørighet). Medlemmene av komiteen representerer følgende fagområder: oseanografisk modellering, fiskebiologi, fiskehelse og velferd, forvaltning og regulering av lakseoppdrett, vert-parasitt-modellering, epidemiologi, biostatistikk, forskningsformidling, statsvitenskap og vitenskap og teknologi.

Møtevirksomhet og utarbeidelse av rapport

Evalueringskomiteen ble formelt konstituert i slutten av 2020 og gjennomførte mellom november 2020 og desember 2021 14 digitale møter (referatene er tilgjengelige på forespørsel). Disse møtene fokuserte vanligvis på spesifikke aspekter ved TLS, og mot den siste delen av prosessen omfattet de diskusjoner om nye deler av utkastet til sluttrapporten. I juni 2021 ble det utarbeidet en delrapport som besto av foreløpige vurderinger og forslag til forbedringer.

Sent i november 2021 møttes de fleste av komiteens medlemmer i København. De som ikke kunne møte personlig, deltok via digital tilkobling. På dette møtet utarbeidet Evalueringskomiteen den endelige rapporten, i stor grad basert på diskusjonene som hadde funnet sted medlemmene imellom gjennom året. Ulike medlemmer var ansvarlige for å utarbeide de ulike delene av rapporten. Deretter leste alle medlemmene det ferdige dokumentet og ble enige om de foreslåtte anbefalingene.

Filosofi vedtatt under vurderingsprosessen

Allerede tidlig i prosessen ble det klart for komiteen at det verken ville være mulig eller ønskelig å dekke alle deler av dokumentasjonen, inkludert alle detaljer om data og modellering, for å kunne foreta denne gjennomgangen. Som et ledd i prosessen med å sikre at relevante dokumenter ble viet oppmerksomhet, ble det opprettet en «dokumentmatrise» (dvs. en liste over dokumenter krysstabulert med komiteens medlemmer). Dette resulterte i en liste på nesten 100 dokumenter og totalt over 1 000 sider med tekst. I lys av denne omfattende dokumentasjonen – for ikke å nevne

den tekniske kompleksiteten ved de mange modellene som utgjør komponenter i TLS – ble det besluttet at det ville være mer produktivt å fokusere på nøkkelområder der komiteen var enige om at potensielle forbedringer og/eller utvidelser av det eksisterende arbeidet til ekspertgruppen (EG) og styringsgruppen (SG) sannsynligvis ville gi de mest betydningsfulle refleksjonene og mulige forbedringer, enn å forsøke å diskutere alle aspekter ved det vitenskapelige arbeidet.

Denne tilnærmingen til «nøkkelområder» ble skissert i en delrapport som ble ferdigstilt i juli 2021, inkludert et notat om våre førsteinntrykk av områdene det var sannsynlig at Evalueringskomiteen ville fokusere på. Disse områdene forentes i løpet av de første seks månedene av komiteens arbeid, som omfattet utbredt samhandling med medlemmer av SG og EG og utgjør kjernen i analysene i kapittel 3 og 4 av denne rapporten. Faktisk bemerket vi i den foreløpige rapporten at «vi planlegger å fokusere på disse områdene i den neste fasen av evalueringen», men som ventet har en rekke av anbefalingene blitt endret og nye forslag kommet til.

Før vi skisserer disse fokusområdene vil vi bemerke at vår vurdering av TLS er at det sannsynligvis er det mest sofistikerte risikovurderingssystemet for lakseoppdrett som er i bruk rundt om i verden, når det gjelder forsøk på å knytte forskningsfunn til akvakulturforvaltning. Dette betyr imidlertid ikke at det vil være den eneste praktiske eller nyttige tilnærmingen: det kan også finnes andre potensielt enklere tilnærminger. Disse alternativene er imidlertid ikke vurdert i dette dokumentet ettersom komiteen ikke tolket dem som en del av sitt mandat.

I tillegg vurderte komiteen at evalueringer og anbefalinger knyttet til sjøørret og røye lå utenfor omfanget av arbeidet de skulle utføre. Vurderinger av lakselusindusert dødelighet er ikke utført for sjøørret eller røye, noe som betyr at det er lite data å evaluere per i dag. Det har vært et uttalt mål å utvide bruken av TLS til å omfatte både røye og sjøørret. Finstad mfl. foreslo en metode¹ der tap av marine leveområder og marin oppholdstid kunne fungere som bærekraftsindikatorer for sjøørret og røye i trafikklssystemet. Metoden er imidlertid ennå ikke fagfellevurdert, og sjøørret og røye er per nå ikke omfattet av TLS. Selv om ambisjonen om å utvide TLS til å gjelde potensielle påvirkninger på andre laksefiskarter ble anerkjent som viktig, ble den ikke ytterligere evaluert av EK.

Rapportens struktur

Etter disse innledende kommentarene om prosessen knyttet til gjennomføringen av gjennomgangen og utviklingen av rapporten gir vi en oversikt over TLS (kapittel 2). I tillegg til å gi en oversikt over komponentene som utgjør TLS, gir dette oss også mulighet til å introdusere to av de viktigste, tverrgående aspektene ved vår gjennomgang: tilstedeværelsen og viktigheten av **usikkerhet** i TLS, samt rollen **ekspertvurderinger** spiller på ulike områder innenfor rammeverket. Dette etterfølges av en av de viktigste delene av rapporten (kapittel 3), der vi oppsummerer hva komiteens medlemmer ser på som nøkkelområder for forbedringer av TLS. Vi fremhever deretter en rekke andre viktige forhold som kan påvirke den fremtidige nytten av TLS (kapittel 4). Deretter oppsummeres «veien videre» (kapittel 5) ved å fokusere på viktigheten av å etablere ulike tilbakemeldingssløyfer for å sikre at TLS er egnet til formålet og produserer de forvaltningsresultatene det ble utformet for. Vi

¹Finstad B., Sandvik A.D., Ugedal O., Vollset K.W., Karlsen Ø., Davidsen G., Sægrov H. (2019). **Appendiks X Sjøørret (*Salmo trutta*) i trafikklssystemet – metodeforslag. Delrapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

foreslår DPSIR-rammeverket for utvikling av en løpende iterativ ytelsesanalyse. Til slutt avsluttes rapporten (kapittel 6) med et sett overordnede konklusjoner og refleksjoner rundt de vitenskapelige problemstillingene som er avgjørende for det framtidige potensialet til TLS i Norge.

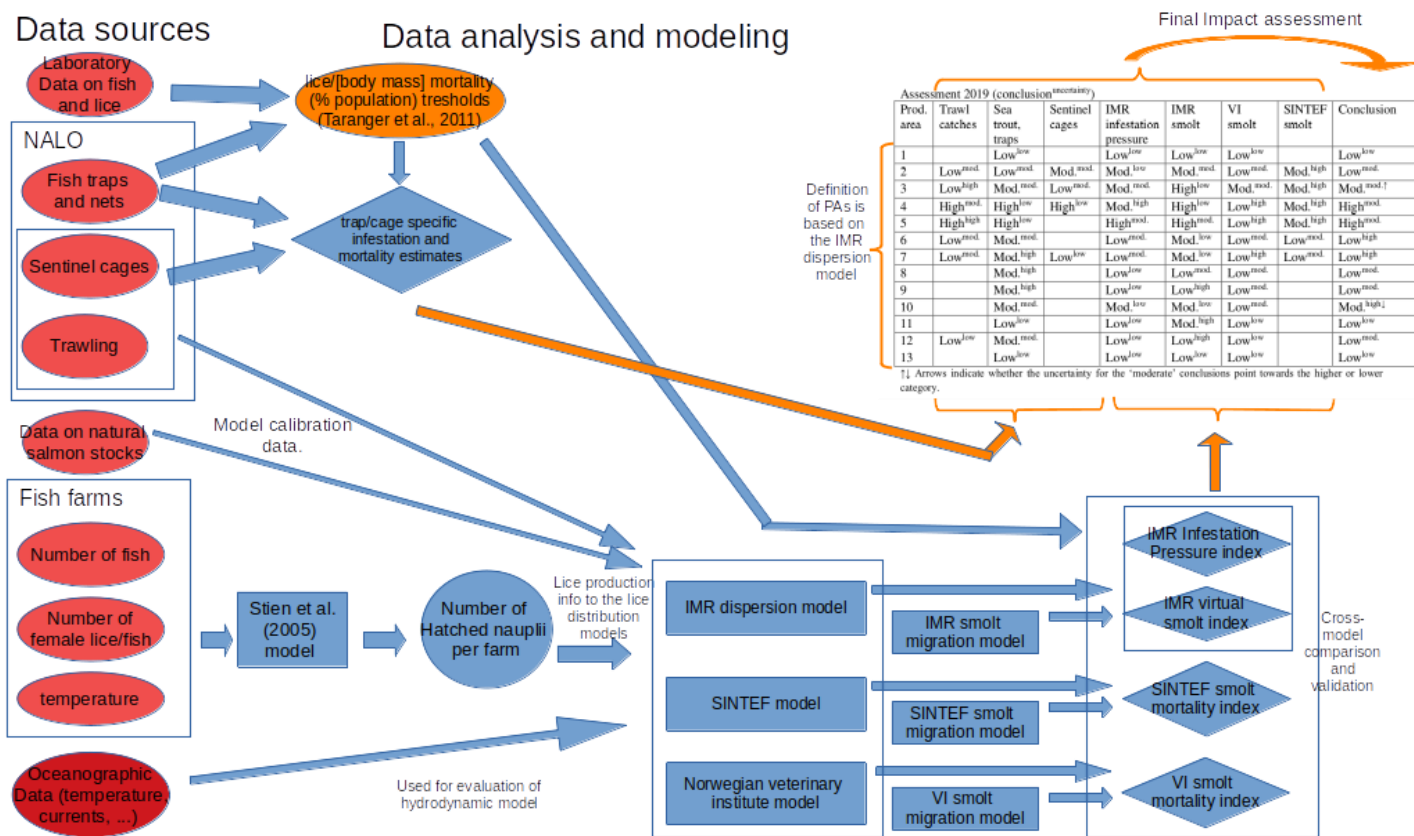
2. Trafikklyssystemet og fokuspunkter i denne rapporten

TLS-vurderingene produsert av EG er et resultat av en sammensatt prosess med å integrere flere modeller, dataanalyser og ekspertvurderinger. Det så ikke ut til at det fantes noen enkel oversikt som kunne gi oss et helhetlig overblikk over denne prosessen. Vi utarbeidet derfor en grafisk fremstilling (figur 1) for å hjelpe oss med forståelsen. Da vi opprettet figur 1, skildret vi den gjensidige avhengigheten mellom datakilder og analytiske trinn, slik vi forstå den, der første utkast ble endret i lys av tilbakemeldinger fra Ekspertgruppen. Figuren er ikke på noen måte ment å gi en omfattende beskrivelse av alle detaljene i prosessen; snarere oppsummerer den nøkkelelementer i vurderingsprosessen og fremhever den gjensidige avhengigheten mellom ulike trinn i prosessen.

Generelt følger den overordnede risikovurderingsprosessen i TLS god vitenskapelig praksis og tradisjon for denne typen vurderinger. Konsekvensutredningen baserer seg på flere informasjonskilder og bruker prosessbaserte modeller for å svare på spørsmål om årsakssammenhenger (f.eks. overføring av kopepoditter). Den fortsetter med logiske trinn fra empirisk og teoretisk kunnskap på vei mot endepunktene i vurderingen (kolonne 2–8 i vurderingsmatrisen; øverst til høyre i figur 1). Fra den overordnede beskrivelsen av vurderingsprosessen kan vi identifisere noen få nøkkelelementer.

Det første er ekspertvurderingen knyttet til grenseverdier for lakselusindusert dødelighet (i hovedsak Taranger mfl., 2011). Disse grenseverdiene er estimater for den prosentandelen av laksebestanden som dør etter å ha blitt smittet med et antall lus per gram fiskevekt over grenseverdien (oransje sirkel øverst i figur 1). Grenseverdiene for lakselusindusert dødelighet er sentrale for hele TLS-prosessen ettersom alle indekser for lakseluspåvirkning avhenger av dem (se de blå pilene i figur 1). Disse indeksene danner også grunnlaget for sluttpunktene som brukes til å utlede de endelige konklusjonene fra TLS (pil fra kolonne 2–8 til kolonne 9 i vurderingsmatrisen). De syv utfyllende vurderingspunktene er derfor ikke gjensidig uavhengige. Det er også andre kilder til avhengighet blant dem, som vist med piler fra en enkelt kilde til flere utfall i figur 1, men grenseverdiene for dødelighet er den viktigste enkeltkilden til avhengighet mellom sluttpunktene i vurderingen.

For det andre brukes dataene (røde ovaler i figur 1) – som kommer i ulike former og brukes i TLS-vurderingen på flere måter – til å kalibrere modeller, for eksempel modeller for lusespredning og lakseutvandring. Undersøkellesdata fra ruser og garn, vaktbur og trålfangst brukes også til å utlede tre indekser for lakseluspåvirkning (kombinert i den øverste diamanten i figur 1), som deretter mates inn i tre vurderingsendepunkter (kolonne 2–4 i tabellen øverst til høyre i figur 1). Data spiller en sentral rolle i alle delprosesser, analyser og konklusjoner i TLS, som årsaken til at kvaliteten (dvs. informasjonsinnholdet) og kvantiteten (dvs. mengden informasjon gitt av data) påvirker de endelige



Figur 1 Flytskjema over påvirkningsvurderingen i TLS for hvert PO. Røde ovaler representerer data, modellprediksjoner (blå) eller ekspertvurdering (oransje). Bokser representerer modeller, og diamanter representerer indekser for lakseluspåvirkning fra modell- eller dataanalyseutfall. Blå piler angir informasjonsflyt fra tidligere analysetrinn til senere analysetrinn. Oransje piler angir EG sine vurderingsprosesser som fører til komplementære endepunkter i risikovurderingen (kolonne 2–8 i vurderingstabellen) og til de endelige konklusjonene om hvert POs status (kolonne 9 i vurderingstabellen). Vurderingstabellen øverst til høyre er tatt fra Ekspertgruppens 2019-rapport.

TLS-konklusjonene betydelig.

Det tredje er modellene for lakselusspredning (blå rektangler i figur 1), som simulerer hvordan lakselus fra lakseoppdrettsanlegg sprer seg i vannsøylen og smitter utvandrende laks. Dette er komplekse mekanistiske og deterministiske modeller som er kalibrert og drevet av enorme mengder observasjons- og undersøkelsesdata. Disse modellene produserer fire lusepåvirkningsindekser (diamantene i nedre høyre hjørne av figur 1) som danner grunnlaget for fire endepunktene i TLS (kolonne 5–8 i tabellen i figur 1).

Det fjerde er ekspertvurderingstrinnene (oransje piler i figur 1) som brukes til å produsere de faktiske risikovurderingsendepunktene (kolonne 2–8 i vurderingsmatrisen) fra de enkelte lusepåvirkningsindeksene (blå diamanter), samt de endelige konklusjonene (kolonne 9 i vurderingsmatrisen). Dette ekspertvurderingstrinnet er det avgjørende avsluttende trinnet i hele TLS, der usikkerheten i de komplementære risikovurderingsindeksene vurderes og endelige konklusjoner trekkes.

Basert på vurderingen av den overordnede strukturen i TLS (figur 1) fant Evalueringskomiteen seks temaer de anså det som viktig å utforske. Disse temaene, som utforskes i kapittel 3, gir et rammeverk for å diskutere sentrale forbedrings- eller utviklingspunkter for måten TLS brukes på i Norge.

Temaene er:

- **kunnskapsinkludering** (kapittel 3.1) – Hvilke typer kunnskap inngår i systembyggings- og evalueringsprosessen, og hvem bestemmer dette?
- **estimering av grenseverdier for dødelighet** (kapittel 3.2) – Ved hvilket nivå av lusepåslag anser vi at en villakssmolt er i fare?
- **modellrammeverk** (kapittel 3.3) – Hvilke implikasjoner følger av valgene for hvilke typer modeller som utvikles, og hvordan integreres disse?
- **estimering av usikkerhet** (kapittel 3.4) – Hvordan estimeres usikkerhetsnivået på hvert trinn av prosessen?
- **kommunisering av usikkerhet** (kapittel 3.5) – Hvordan kommuniseres usikkerhet til interessenter og sluttbrukere av vurderingene?
- **felles vurdering basert på resultatene («expert elicitation»)** (kapittel 3.6) – Hvordan gjennomføres ekspertvurderinger i praksis, og hvordan påvirker dette de endelige konklusjonene i TLS-vurderingen?

3. Nøkkelområder for utvikling

3.1 Kunnskapsinkludering

Evalueringskomiteen ble i sitt mandat bedt om å vurdere «åpenheten og etterprøvnbarheten i arbeidet til ekspert- og styringsgruppene (dokumentasjon, publikasjoner osv.)» i tillegg til det tekniske arbeidet.

Det er vårt inntrykk at EG og SG har vist en klar, beundringsverdig ambisjon om å inkludere et bredt spekter av kunnskap i TLS. Instruksen for EG foreslår spesifikt at den skal «settes sammen så bredt som mulig av personer med kompetanse på feltet og med evne til å gjøre en samlet analyse av all tilgjengelig kunnskap, for å komme frem til en enhetlig vurdering av lakselusindustri villfiskdødelighet per produksjonsområde». Fokuset på bred kompetanseinkludering og åpenhet for ulike kunnskapskilder er et viktig signal som er i tråd med EUs og FNs uttalelser om viktigheten av offentlighetens deltakelse i og tilgang til forskning, samt viktigheten av å drive «forskning i samfunnet».

I lys av målene for EG og SG om (1) å analysere all tilgjengelig kunnskap, (2) å ha en komité bestående av kompetente personer som posisjonerer seg for å gjøre nettopp det, og (3) sikre transparente prosesser, fremhever vi flere punkter for å styrke disse forpliktelsene ytterligere.

Dokumentasjon av prosesser rundt kunnskapsinkludering

Som svar på spørsmålene våre pekte EG og SG på at de har gjennomført betydelig oppsøkende virksomhet for å gi medlemmer av ulike interessegrupper og allmennheten muligheten til å formidle tilgjengelig kunnskap som er relevant for lakselusindustri dødelighet. Dokumentasjon og registreringer av disse aktivitetene, herunder prosesser for informasjonsinnhenting og invitasjon til møter, ser imidlertid ut til å være begrenset. Vi vil gjerne anerkjenne innsatsen EG og SG har gjort for å gjennomføre slike aktiviteter. Mer omfattende dokumentasjon av kunnskapsinkludering og åpen, offentlig innhenting av kunnskap er imidlertid viktig for åpenhet og legitimitet.

Slik generell dokumentasjon av praksiser for kunnskapsinkludering bør kombineres med en klart definert policy for hvordan mottatt kunnskap om lakselusindustri dødelighet evalueres, slik at interessenter og allmennheten bedre kan forstå kunnskapsvurderingsprosesser.

Eksplisitte uttalelser om tilnærminger til kunnskapsinkludering (hvem bestemmer hva som er «gyldig», og hvordan?)

På grunn av begrenset informasjon i den vitenskapelige fagfelleverderte litteraturen har det noen ganger vært nødvendig for Ekspertgruppen å henvise til et bredere spekter av informasjonskilder. Dette har omfattet rapporter og annen grå litteratur. I tråd med etablert praksis for systematiske oversikter eller metaanalyser er det viktig at det finnes retningslinjer for inkludering og ekskludering av informasjon i vitenskapelige vurderinger, for å unngå skjevheter. Det er viktig at Ekspertgruppen baserer seg på en tilnærming som innebærer aktiv refleksjon over beslutninger som tas rundt inkludering eller ekskludering av informasjon. Dette kan med fordel knyttes til en oversikt over kunnskapshull i eksisterende data/informasjon.

Dette har også relevans for det bredere spørsmålet om kunnskapsinkludering. Det er mye erfaring og praktisk kunnskap knyttet til oppdretts- og villaksbestander. Risikoen ved å bruke slik informasjon er at den kan være anekdotisk og partisk. I mangel av et klart rammeverk for inkludering eller ekskludering av informasjonskilder kan imidlertid de som besitter relevant kunnskap, med rette stille spørsmål ved hvorfor de ikke ble rådført, eller hvorfor deres synspunkt ikke ble vurdert. Det er åpenbart ikke slik at ny kunnskap bare genereres av forskere; prosessene der kunnskap som er generert av andre (f.eks. lakseoppdrettsnæringen, lokalsamfunn, vassdragsforvaltningsorganisasjoner, fiskere), innlemmes i vitenskapelig modellering og andre vitenskapelige vurderingsprosesser bør imidlertid dokumenteres og begrunnes bedre. Foreløpig er det ikke mulig å fullt ut forstå rammeverket Ekspertgruppen benyttet da de bestemte hvilke kilder som skulle inkluderes.

Vi foreslår også at oppmerksomheten rettes mot å fremme en relativt rettferdig fordeling av vitenskapelige kapasiteter og evne til å utføre/dra nytte av vitenskapelig forskning på tvers av ulike interessegrupper/aktører. Spesielt er det viktig å vurdere tilgang til ressurser for formell forskning i forhold til ulike temaer som oppstår fra «grå» og/eller lokale kunnskapskilder, som en del av den eksisterende forpliktelsen i TLS til å vurdere og bruke all tilgjengelig kunnskap.

Forbedret kommunikasjon av vitenskapelige resultater på måter som er tilgjengelige for ulike målgrupper

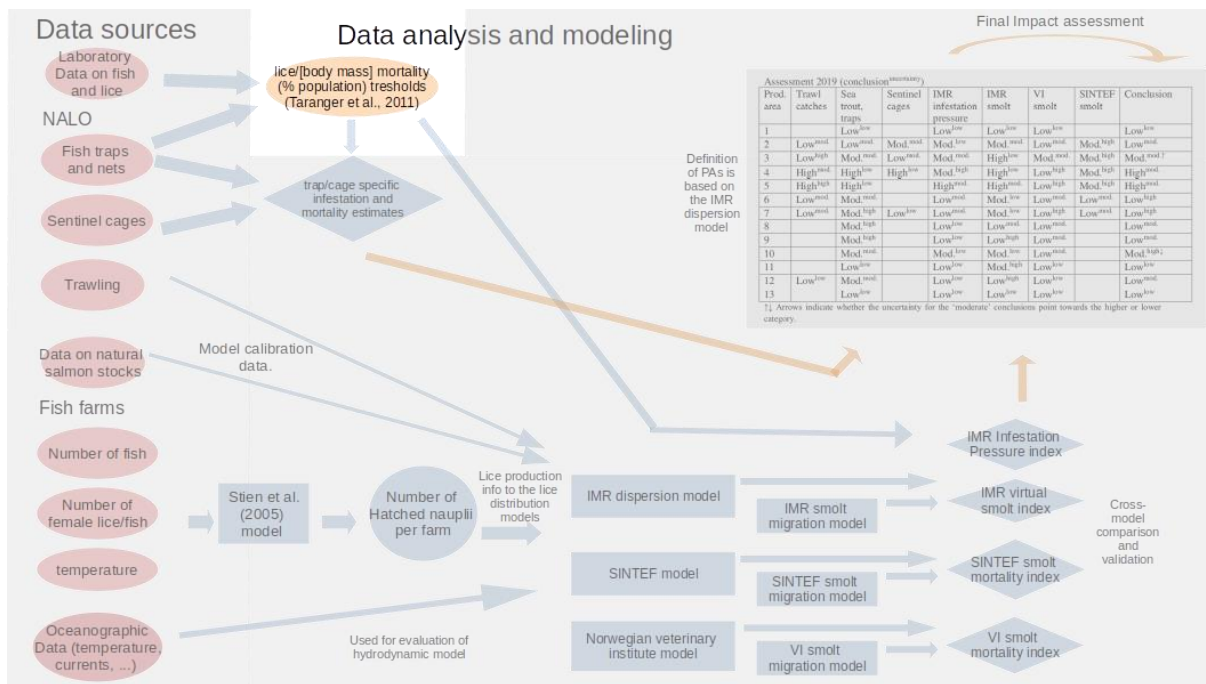
Verdien av å gi en form for «systemoversikt» (som vist i figur 1) har allerede blitt kommentert i sammenheng med vitenskapelig kritikk og identifisering av kunnskapshull. Elementer som dette vil være et nyttig tillegg til fremtidige rapporter for å sikre bedre forståelse blant et større publikum for prosessene som leder frem til den endelige konsekvensanalysen og foreslåtte tiltak. Spørsmålet om effektiv formidling av vitenskapelig informasjon til interessenter og allmennheten, spesielt med hensyn til usikkerhet, behandles videre i kapittel 3.4 av rapporten. Det er også viktig at det tas hensyn til trafikklyssystemets innhold og sammensetning og hvordan det presenteres, for å gjøre det lettere for publikum å forstå hvordan dets *kvalitative* så vel som kvantitative elementer utgjør sentrale deler av den samlede prosessen.

Anbefalinger

- A1** Vi anbefaler mer robust rapportering av **prosesser knyttet til kunnskapsinkludering** for å sikre åpenhet og legitimitet.
- A2** Vi anbefaler **klare rammer for inkludering eller ekskludering av informasjonskilder** og en klart definert policy for hvordan mottatt kunnskap, særlig rapporter og «grå» litteratur, evalueres.
- A3** Vi anbefaler en nærmere vurdering av **Ekspertgruppens sammensetning**, herunder muligheten for å utvide med ekspertise innen vitenskapelig epistemologi, kunnskapsinkludering og forskningsformidling, for å oppmuntre til fortsatt refleksjon rundt slike spørsmål.

- A4** Vi anbefaler at det som en del av kommunikasjonen med interessenter reflekteres over **måten TLS presenteres på** (dvs. er det et strengt kvantitativt system eller mer presist et føre-var-system med innebygde kvantitative tilnærminger?).

3.2 Grenseverdierfor dødelighet



Figur 1a Estimerte grenseverdier for dødelighet er en sentral del av TLS som inngår i alle indekser for lakselusindusert dødelighet.

Dødelighetsgrensene som brukes i dagens TLS, er sentrale faktorer i estimater av lakselusindusert dødelighet hos vill laksefisk (figur 1a). Kildene til estimater for disse grenseverdiene er Taranger mfl. (2011) og Taranger mfl. (2012).

Forfatterne bak både Taranger mfl. (2011) og Taranger mfl. (2012) gjorde det klart at det manglet solid empirisk dokumentasjon på grenseverdiene, og at det var behov for mer forskning. Så sent som i 2019² pekte Ekspertgruppen på mangler ved metodene som ble brukt for å bestemme grenseverdiene, og anbefalte at de ble gjennomgått og evaluert på nytt.

² Vollset K.W., Nilsen F., Ellingsen I., Finstad B., Helgesen K.O., Karlsen Ø., Sandvik A.D., Sægrov H., Ugedal O., Qviller L., Dalvin S. (2019). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2019. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

I 2019 gjennomgikk en undergruppe av EG tilgjengelige data for å avgjøre om det var grunnlag for å endre grenseverdiene. De konkluderte med at det ikke var grunnlag for å endre grensene foreslått av Taranger mfl. (2011 og 2012) og anbefalte videre forskning, herunder forsøk gjort i naturen.

I sitt foreløpige notat reiste Evalueringskomiteen spørsmålet om behovet for en mer fullstendig vitenskapelig gjennomgang av grunnlaget for dødelighetsgrenseestimatene, som skissert i Taranger mfl. (2011). På grunnlag av dokumentasjonen som ble gitt oss, var det siste dokumentet som tar for seg dette problemet, en gjennomgang utført i 2019 av en undergruppe³ av EG. Evalueringskomiteen er av den oppfatning at det til dags dato ikke er gitt et solid empirisk grunnlag for grenseverdiene, og at dette er nødvendig for å understøtte sentrale vurderinger som utledes av TLS.

TLS er opptatt av villaksbestandsnivåene og sårbarheten hos utvandrende smolt overfor lakselusmitte. Effektene på laksebestandene vil være en kombinasjon av infestasjonsintensiteten (eksponeringsnivå og -varighet osv.), og effekten av disse lusene. Effekten er ikke bare dødelighet, men en generell reduksjon i fiskens kondisjon. Det er vanskelig å se for seg en empirisk studie som kan gi data som gjør det mulig å modellere effekten av lus på vill smolt mer effektivt. Men gitt at dagens dødelighetsgrenser har vært i bruk siden oppstarten av TLS og i mangel av et solid empirisk grunnlag for grenseverdiene, anser vi det som vesentlig at dødelighetsgrensene må være fokus for sensitivetsanalyser av systemets samlede ytelse. TLS er svært sensitiv for antagelser som gjøres i denne delen av prosessen, og likevel ser det ut til at det er en mangel på empiriske data. Dette representerer en betydelig svakhet i TLS og dets endelige konklusjoner.

Det er gode muligheter for å forbedre systemet ved å gi ny dokumentasjon på hvilken effekt lusepåslag har på villaksen. Denne dokumentasjonen kan fokusere på:

- Fagfellevurderte studier om dødelighetsgrenser og redusert kondisjon ved hjelp av en kontinuerlig tilnærming (i motsetning til en kategorisk) som logistisk regresjon, der variansen mellom modellene kunne integreres i luseinduserte dødelighetsestimater innenfor TLS.
- *In situ*-studier på effekten av lus på laks.
- Problemer med overspredning og en generelt heterogen fisk/parasitt-populasjonsstruktur.

Fraværet av en dokumentert revurdering av gyldigheten til dødelighetsgrensene kan potensielt undergrave tilliten til systemet som helhet.

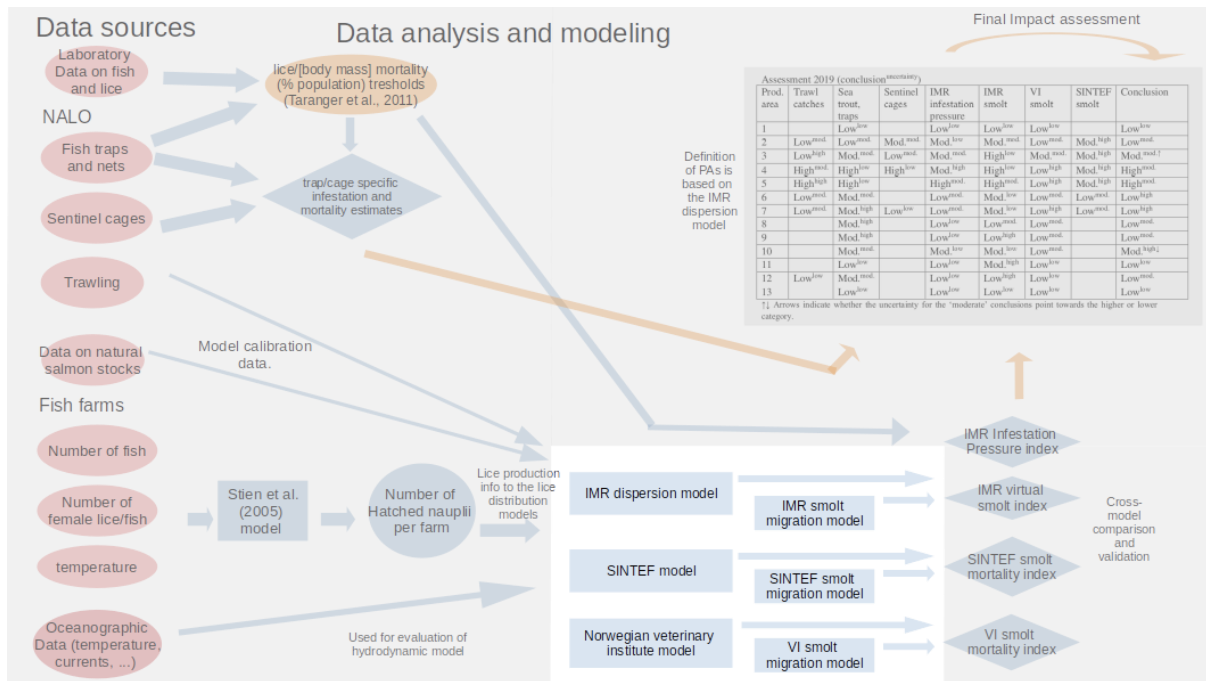
Anbefalinger

A5 Vi anbefaler at **hensiktsmessigheten ved grenseverdiene for dødelighet revurderes regelmessig** i lys av ny informasjon, med nøye vurderinger av sensitivetsanalyser som en del av regelmessige systemytelsesvurderinger.

A6 Vi anbefaler at studier gjennomføres og fagfellevurderes for å **gi data om *in situ*-effekter av lusepåslag** på villaks på individ- og populasjonsnivå.

³ Karlsen Ø., Finstad B., Nilsen F. (2019). En vurdering av dødelighetsgrensene som benyttes – oppdatert med ny informasjon etter 2012. **Appendiks XI** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2019. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

3.3 Modellrammeverk



Figur 1b Modellrammeverket besto av HI, SINTEF og VIs modeller for lusespredning og smoltutvandring. Disse brukes til å beregne fire separate indekser for luseindusert dødelighet og infestasjonspress.

Flere av lusepåvirkningsindeksene som inngår i TLS, er basert på tre modellsystemer: HIs modellsystem, VIs risikomodel og SINTEFs SINMOD-modell.

HI-modellen (Havforskningsinstituttet) består av tre komponenter. For det første inkluderer den en numerisk hydrodynamisk modell som ser på påvirkning fra vind, ferskvannsavrenning og tidevann, basert på dataassimilering i nær sanntid. Dette gir høyoppløselige simuleringer av sirkulasjon og relevante egenskaper ved vannet langs norskekysten.

Dette mates inn i en Lagrange-spredningsmodell koblet til en livshistoriemodell for drivende lakselus. Livshistoriekomponenten simulerer vekst, dødelighet og atferd hos nauplier og kopepoditter som en funksjon av temperaturen og saltholdigheten de møter. Inngangsdata til denne lusemodellen kommer fra rapporterte infestasjonsrater ved oppdrettsanlegg og ekstrapoleres gjennom en empirisk formulering (Ådlandsvik, 2017). Det mest sensitive aspektet ved denne modelleringskomponenten er den vertikale atferden til nauplier og kopepoditter. Gitt den store vertikale variasjonen i horisontale strømmer i fjordsystemer, kan små variasjoner i vertikal posisjonering ha stor betydning for påfølgende driv- og spredningsmønstre. Den siste komponenten er en modell for laksesmoltens utvandring fra elver, gjennom oppdrettsområdet til åpent hav.

De aggregerte resultatene (lusepåvirkningsindekser; blå diamanter i figur 1b) dette modellsystemet produserer, som mates inn i beslutningsprosessen (oransje piler i figur 1b), er:

- *Smittepress* (ROC: Relative Operating Characteristic): Disse estimatene er produsert fra smittepresskart (sannsynligheten for at en stasjonær laks vil bli smittet) kalibrert mot vaktburobservasjoner (se kap. 4). I hovedsak representerer disse kartene en informert tilpasning av vaktburobservasjoner langs hele norskekysten. For å representere hvert PO beregnes vektet smittepress i form av arealutbredelse for å produsere en indeks (blå diamant «IMR infestation pressure index» i figur 1). Dette innebærer en viss grad av ekspertvurdering, da det samlede arealet til hvert PO er noe subjektivt.
- *Virtuell postsmolt*: En tilfeldig vandring brukes for å simulere smoltens vei fra vassdrag til åpent hav⁴. Antall lus per smolt er estimert fra smittepresskart, avhengig av tidspunkt i vandreseongen⁵ og transittid gjennom ulike regioner. Infestasjonsraten per fisk er kalibrert mot tråldata som genetisk kartlegger opprinnelseselven for et begrenset antall nedslagsfelt. Dødelighet er vist som en enkel funksjon av lus per smolt basert på dødelighetsgrenser (se 3.2 Grenseverdier for dødelighet).

Modellsystemet er validert mot smittetall i vaktbur, ruser og trålfangst (kap. 4). Etter hvert som flere år med data akkumuleres, oppdateres denne valideringen og den påfølgende kalibreringen. Modellsystemet har gjennomgått minst én større omskriving for å legge til rette for en forbedret algoritme for partikkelsporing, noe som har krevd recalibrering. I tillegg kommer sensitiviteten for vertikal posisjonering i en prosess med kontinuerlige oppdateringer, etter hvert som nye eksperimenter og observasjoner blir tilgjengelige.

VI (Veterinærinstituttets) risikomodell er basert på omtrent det samme resonnementet som HI-modellen ovenfor: Tall fra oppdrettsanlegg brukes til å estimere eggproduksjonsrater, og en livshistoriemodell brukes til å estimere vekstrater og dødelighet etter hvert som eggene utvikler seg til nauplier og kopepoditter. Spredning er imidlertid ikke estimert fra en hydrodynamisk modell, men snarere som en diffusiv prosess estimert fra langtidsobservasjoner. Disse genererer estimerte kart over smittepress kalibrert mot vaktburobservasjoner (se kap. 4), med lineære regresjonsmodeller som gir konfidensgrenser. Etter hvert som antall år med observasjoner øker, oppdateres kalibreringen av dette sentrale trinnet.

Tiden sjøvandrende smolt tilbringer i ulike regioner, etter hvert som de forlater vassdragene, gir et estimat over påslagsraten. Disse påslagsratene beregnes tre ganger i løpet av migrasjonsperioden og konverteres til dødelighet basert på dødelighetsgrenser (3.2 Grenseverdier for dødelighet).

⁴ Johnsen I.A. (2020). Utvandring av virtuell postsmolt. **Appendiks VI** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

⁵ Vollset K.W., Lennox R., Ugedal O., Sægrov H. (2020). Ny modell for smoltutvandring. **Appendiks IX** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

Dødelighetsratene for vassdraget, vektet med potensiell smoltproduksjon, aggregeres per PO for å få risikovurderingen.

SINTEF-modellen (SINMOD) er et modellsystem sammensatt av hydrodynamiske, livshistorie- og smoltundermoduler. Den hydrodynamiske modellen er nøstet, noe som betyr at det trengs en lavoppløselig regional modell som dekker hele Nord-Atlanteren for å drive en rekke modeller i mindre skala og høyere oppløsning ned til skalaen for det norske kystsystemet. Den er utsatt for lignende påvirkning som HI-modellen, har høyere oppløsning, men brukes i et begrenset antall PO-er (PO2 til PO7). Inndataene til modellen ligner på de andre modellene; rapporterte påslag av lakselus i oppdrettsanlegg ekstrapoleres til daglige tall for å gi et estimat over tid og plassering av eggkilder. En livshistoriemodell som følger Stien mfl. (2005), gir en strukturert populasjonsmodell av stadiene for lakselusspredning. I motsetning til HI-modellen er SINMOD en Eulersk modell, det vil si at den estimerer adveksjon og diffusjon av lakselus mellom rutenettbokser. Det inkluderer også lusens vertikale atferd når de posisjonerer seg i vannsøylen som svar på temperatur, lys og saltholdighet. Smittepresset på utvandrende smolt er estimert ved hjelp av en partikkelsporingsmodell som simulerer drift og aktiv svømming av smolt. Påslag per smolt er estimert ved hjelp av en møtefrekvensmodell (vannvolum svømt gjennom per smolt ganger lusekonsentrasjon ganger smittesannsynlighet). Påslagsraten kalibreres i SINMOD i form av observert og simulert frekvensfordeling av påslåtte lus, for å gi frekvensfordelingen av dødelighet.

Hvert av disse modellsystemene kjøres uavhengig for å gi fire ulike lusepåvirkningsindekser som går inn i ekspertvurderingsprosessen. Hver for seg, og sett under ett, representerer modellsystemene en toppmoderne nettverkstilnærming for å simulere effekten av lakselus i området til kystnære lakseoppdrettsanlegg. De ulike metodene i modellsystemene gir Ekspertgruppen uavhengige beregninger som anses som en viktig merverdidimensjon i beslutningsprosessen.

Det er en styrke at disse modellsystemene revurderes løpende, og at ny informasjon innlemmes i de numeriske modellene etter hvert som den blir tilgjengelig. Et eksempel på dette er reevaluering av lakselusens vertikale posisjonering og hva dette betyr for predikert spredning i HI-modellen. Et viktig trekk ved modellsystemer, som vist her, er at nye numeriske beskrivelser bør testes grundig gjennom historiske tidsserier («hindcasts»). Dette bygger ikke bare tillit til selve modellene, men sikrer også kontinuitet i resultatene som kan brukes til å evaluere systemytelsen.

Selv om metodene deres er forskjellige, er alle tre systemene i stor grad avhengige av de samme inngangsdataene (påslagsrater i oppdrettsanlegg, vaktbur, trålfangst osv.; se blå piler fra datakilder (røde ovaler) i figur 1) og mange av de samme beskrivelsene av for eksempel lakselusens livshistorie (f.eks. Stien mfl., 2005) og luseindusert dødelighet hos laks (Taranger mfl., 2011; oransje oval i figur 1). Det er viktig at disse beskrivelsene ikke forankres i trafikklysvurderingsprosessen. Et enda viktigere poeng er at selv om modellene i seg selv er toppmoderne, er produktene av modellen sterkt avhengige av kalibreringsdata, hvorav noen viser høye nivåer av variasjon og usikkerhet (f.eks. vaktbur). Denne avhengigheten av kalibreringsdata svekker potensielt kvaliteten på modellproduktene. Videre kan oppfatningen av at modeller er avanserte beregningsmetoder føre til en opplevd overdreven tillit til resultatene de produserer. Modellresultater bør i så stor grad som mulig presenteres med konfidensintervaller gjennom formell kvantifisering av usikkerhet.

Hvert av de tre modellsystemene gir et vell av informasjon som samles i noen få beregninger for vurderingsformål. Det er klart at hver modell tilhører et forskningsmiljø som bruker denne informasjonen til vitenskapelige formål. I den sammenhengen er det også mulighet for at modellene kan kjøre virtuelle eksperimenter. Dette gjøres allerede i enkel forstand, gjennom sensitivitetsstudier av parameterverdier. I tillegg til dette konseptet er det også mulig å kjøre scenarier med et ulikt antall oppdrettsanlegg. Selv om vi ikke tar til orde for at dette skal bli et element i TLS, er det et område for modellutvikling som kan øke systemets vitenskapelige gjennomslagskraft.

En av de største truslene mot modellsystemene er at de potensielt ikke klarer å fange opp langsiktige trender, verken lokale (oppvarming, økt ferskvannsmengde) eller eksterne (endrede migrasjonsmønstre i ville bestander). Et kanskje enda viktigere poeng er at de kan mislykkes i å fange opp raske endringer (f.eks. regimeskifter, vippepunkter) og drivkreftene bak disse (f.eks. marine hetebølger). Det ligger i naturen til en vellykket modellarkitektur at den har en tendens til å unngå ustabilitet. Videre blir disse modellene upålitelige når man kommer utenfor kalibreringsgrensene. Selv om det ikke er av umiddelbar bekymring, kan et raskt skiftende klima, som vi nå er vitne til, særlig i nordområdene, utløse en systemendring som disse modellene ikke vil fange opp.

Oppsummert er modellsystemet i TLS «state of the art» innenfor begrensningene av kvaliteten og tilgjengeligheten av observasjoner og nåværende kunnskap. Som nevnt ovenfor bruker modellene data som har sårbarheter, og i noen tilfeller er det ikke åpenbart hvordan slike sårbarheter kan løses.

Produktet av disse modellene kan virke svært presist og kvantitativt, men resultatene må brukes med full kjennskap til begrensningene, og det må utvises forsiktighet når man forklarer modellresultatene til et publikum utenfor fagmiljøet (se 3.1 Kunnskapsinkludering og 3.6 Ekspertvurderinger).

Anbefaling:

- A7** I stedet for å investere krefter i å forbedre modellene anbefaler vi at de brukes til å kartlegge **sensitivitet** og **identifisere kilder til usikkerhet** som lettest kan imøtegås med ytterligere observasjoner.

3.4 Estimering av usikkerhet

Ekspertgruppens endelige vurdering er et resultat av en relativt sammensatt prosess med å integrere flere modellerings- og dataanalysetrinn (figur 1). Av hensyn til åpenhet og klarhet bør vurderingsprosessen derfor beskrives tydelig i sin helhet. Det er vår observasjon at Ekspertgruppens rapporter mangler en klar beskrivelse av usikkerhetsestimering, noe som gjør det vanskelig å forstå hvilke data som mates inn i hvilken modell, eller hvordan ulike modellresultater og prediksjoner henger sammen. Spesielt bør risikovurderingsrapporter inkludere sensitivitetsanalyser av de **enkelte modellkomponentene**, samt beskrive **prosessen med å integrere resultatene fra disse delmodellene** i den endelige vurderingen. Det varierer i hvilken grad sensitivitetsanalyser av enkelte modellkomponenter i TLS rapporteres i Ekspertgruppens rapporter eller i vitenskapelige publikasjoner det henvises til i rapportene.

Vi har undersøkt i detalj prosessen der usikkerhet forplantes gjennom de ulike delmodellene til den endelige konsekvensutredningen. Basert på Ekspertgruppens rapporter og intervjuer med medlemmene gjennomføres den endelige konsekvensutredningen i et møte basert på: (i) resultatene fra mellomliggende konsekvensutredninger, det vil si lusepåvirkningsindekser (blå diamanter i figur 1), og (ii) spørreskjemaer som oppsummerer usikkerheten i og påliteligheten til disse luseindeksene, for hvert av PO-ene⁶. Påvirkningsindeksene for lakselus omfatter HI, VI og SINTEFs indekser for smolt dødelighet, samt lusepåvirkningsindeksene beregnet fra vaktbur, ruser og garn- og tråldata (se figur 1). Denne prosessen, som leder frem til den endelige konsekvensutredningen, er verken fullstendig gjennompekt eller strengt rapportert og gir derfor rom for kritikk og tvil om hvordan de ulike delmodellene og data bidrar til den endelige usikkerhetsvurderingen (se også kapittel 3.6 om ekspertvurderinger).

Selv om vi erkjenner at formell usikkerhetskvantifisering i praksis er vanskelig på grunn av kompleksiteten i konsekvensvurderingsprosessen, er det i prinsippet mulig, og det finnes praktiske verktøy for å håndtere aspekter ved slike oppgaver. For det første bør definisjonen av usikkerhet og kvantifiseringen av den (fortrinnsvis ved hjelp av sannsynlighet) harmoniseres på tvers av de ulike delmodellene. For det andre er prosessen vist i figur 1 markovisk (dvs. at hvert trinn i prosessen kun er avhengig av de umiddelbart foregående trinnene), og det bør som sådan være mulig å utføre formell kvalitativ – og sannsynligvis også kvantitativ – usikkerhetspropagering på en trinnvis måte.

Anbefaling:

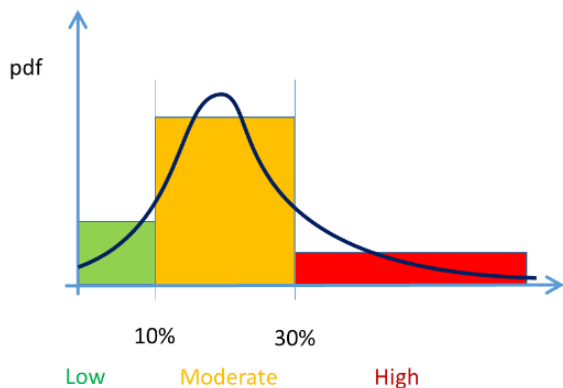
- A8** Vi anbefaler at modell-, dataanalyse- og ekspertvurderingsresultater i størst mulig grad presenteres med konfidensintervaller for å unngå feiloppfatning av nøyaktigheten. **Riktig usikkerhetskvantifisering for modellene** vil øke påliteligheten til konklusjonene som trekkes på bakgrunn av dem.

⁶ Spørsmål brukt i vurdering av produksjonsområdene. **Appendiks XII** i Vurdering av lakselusindustert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

3.5 Kommunisering av usikkerhet

Tilnærmingene som i dag brukes i TLS for rapportering av **usikkerhet**, gjenspeiler verken beste vitenskapelige praksis eller klarspråklig kommunikasjon som er forståelig for beslutningstakere og andre interessenter. Dette er ikke en problemstilling som er unikt for TLS, og det har blitt tatt opp mange ganger de siste årene i forbindelse med spørsmål som spenner fra klimaendringer til folkehelse.

TLS er basert på kategorisering av POer i henhold til forventningen om lakselusindusert dødelighet på et av tre nivåer: Lav, Moderat eller Høy. Selv om det er mye å si om kilder til usikkerhet, vil det for enhver prediksjon være en sannsynlighet for at et PO befinner seg i en av disse tre kategoriene.



Spørsmålet er hvordan denne sannsynlighetsfordelingen best kan kommuniseres. Enkelt sett handler det om å formidle informasjonen i sannsynlighetstetthetsfunksjonen (se eksempel overfor), der formen på selve funksjonen bestemmes av alle typer inndata, fra modeller, observasjoner og ekspertvurderinger. Resultatet av prosedyren er å tilordne en kategori (Lav, Moderat, Høy) til et PO og knytte en usikkerhet til tilordningen.

Den nåværende⁷ praksisen fokuserer på usikkerheten ved å tildele riktig trafikklyskategori til et gitt PO. Kriteriene⁸ som brukes, er:

- Høy usikkerhet = sannsynligheten for at kategorien er riktig definert overstiger 50 %, men det er 35–49,9 % sannsynlighet for at den enten er lavere eller høyere.
- Moderat usikkerhet = sannsynligheten for at kategorien er riktig definert overstiger 50 %, men det er 20–34,9 % sannsynlighet for at den enten er lavere eller høyere.
- Lav usikkerhet = sannsynligheten for at kategorien er riktig definert overstiger 50 %, men det er 0–19,9 % sannsynlighet for at den enten er lavere eller høyere.

Her brukes begrepet sannsynlighetsovervekt under forutsetning av at de tre kategoriene i all hovedsak kan reduseres til to. Det er noen problemer knyttet til denne bestemte protokollen, særlig dens vitenskapelige stringens og dens klarspråkstolkning.

⁷ Vollset K.W., Nilsen F., Ellingsen I., Finstad B., Helgesen K.O., Karlsen Ø., Sandvik A..D, Sægvog H., Ugedal O., Qviller L., Dalvin S. (2019). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2019. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning**. Side 10.

⁸ Memo on the description of uncertainty in the main conclusions for each production area (15 November 2019)

For det første – gitt 100 % sannsynlighet for at et PO er i en av de tre kategoriene – ser det ut til å koke ned til at Høy, Moderat og Lav usikkerhet er relatert til sannsynligheten for at POet befinner seg i en bestemt kategori som ligger mellom henholdsvis 80 %–100 %, 65 %–80 % og 50 %–65 %. Tildeling av kategorien kan gjøres hierarkisk i henhold til reglene i skjemaet:

- P3 (Sannsynlighet for >30 % dødelighet) overstiger 50 %, deretter kategori Høy med usikkerhet i henhold til Høy usikkerhet (50 %<P3<66 %), Moderat usikkerhet (66 %<P3<80 %), Lav usikkerhet (80 %<P3<100 %)
- P1 (Sannsynlighet for <10 % dødelighet) overstiger 50 %, deretter kategori Lav med usikkerhet i henhold til Høy usikkerhet (50 %<P1<66 %), Moderat usikkerhet (66 %<P1<80 %), Lav usikkerhet (80 %<P1<100 %)
- P2 (100 % – P3 – P1) overstiger 50 %, deretter kategori Moderat med usikkerhet i henhold til Høy usikkerhet (50 %<P2<66 %), Moderat usikkerhet (66 %<P2<80 %), Lav usikkerhet (80 %<P2<100 %)

Gitt at det er tre kategorier, er det også en fjerde usikkerhet der verken P1, P2 eller P3 overstiger 50 %. På en tredelt skala er dette teknisk ubestemt, selv om en praktisk klassifisering vil være Moderat med Svært høy usikkerhet.


Bortsett fra disse tekniske aspektene er det nå et spørsmål om hvordan man skal kommunisere denne usikkerheten til beslutningstakere og offentligheten. Dette spørsmålet har blitt tatt opp i flere rådgivende organer som opererer i grensesnittet mellom vitenskap og politikk.

FNs klimapanel (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) har utviklet et sett med protokoller med henblikk på å standardisere hvordan man omtaler usikkerhet. De deler dette i to deler og bruker begrepene «confidence» og «uncertainty» (eller «likelihood»). De benytter seg her av to beregninger for å kommunisere graden av sikkerhet i sentrale funn⁹:

- **Konfidens** for gyldigheten av et funn, basert på type, mengde, kvalitet og konsistens av bevis (f.eks. forståelse, teori, data, modeller, ekspertvurdering) og graden av enighet. Konfidens uttrykkes kvalitativt.
- Kvantifiserte **mål for usikkerhet** i et funn uttrykt som sannsynlighet (basert på statistisk analyse av observasjoner, modellresultater eller ekspertvurdering).

⁹ Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties, IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties, Jasper Ridge, CA, USA, 6-7 July 2010

Agreement ↑	High agreement Limited evidence	High agreement Medium evidence	High agreement Robust evidence
	Medium agreement Limited evidence	Medium agreement Medium evidence	Medium agreement Robust evidence
	Low agreement Limited evidence	Low agreement Medium evidence	Low agreement Robust evidence



Konfidensnivået er knyttet til både kvaliteten på bevisene og konsistensen i enigheten: Høy konfidens betyr høy enighet og sterke bevis, lav konfidens betyr mangelfulle bevis og mangelfull enighet.

Table 1. Likelihood Scale	
Term*	Likelihood of the Outcome
<i>Virtually certain</i>	99-100% probability
<i>Very likely</i>	90-100% probability
<i>Likely</i>	66-100% probability
<i>About as likely as not</i>	33 to 66% probability
<i>Unlikely</i>	0-33% probability
<i>Very unlikely</i>	0-10% probability
<i>Exceptionally unlikely</i>	0-1% probability

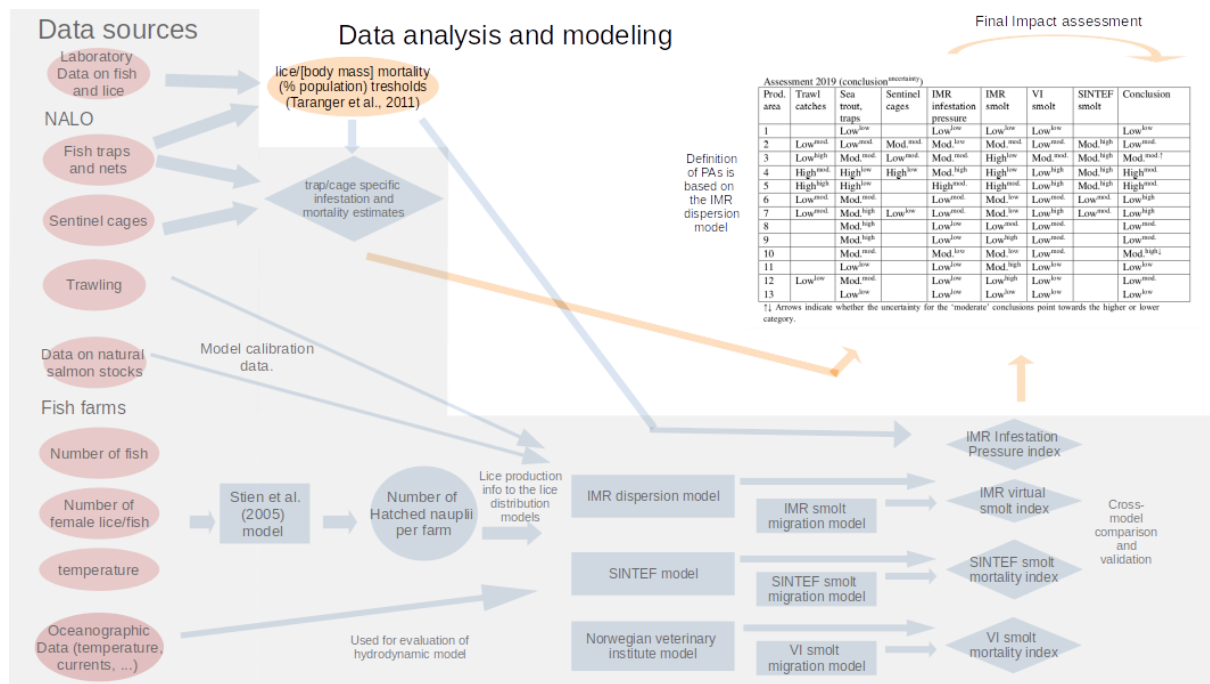
Når det gjelder å beskrive graden av usikkerhet, bruker IPCC et relativt enkelt språk for å formidle hvor sannsynlig en prediksjon eller observasjon er: sannsynlig, svært sannsynlig, så godt som sikkert osv. Disse tildeles spesifikke statistiske sannsynlighetsintervaller for å gi vitenskapelig stringens (se motsatt).

Det kan diskuteres nøyaktig hvor godt og under hvilke omstendigheter disse kategoriene stemmer overens med forskningens og allmennhetens oppfatninger, men målestokken får gradvis større aksept og utbredelse. Det ville være verdt å undersøke hvordan dette kan brukes i TLS for å beskrive utsagn rundt sannsynligheten for at et bestemt PO er i trafikklyskategorien Lav, Moderat eller Høy.

Anbefalinger

- A9** Vi anbefaler en **mer gjennomiktig og stringent rapporteringsprosess** for systemsensitivitet og usikkerhet.
- A10** Vi anbefaler bruk av **enklere språk** i formidlingen av konfidensnivå og usikkerhet knyttet til TLS-vurderinger. En særlig bekymring her er hvordan disse aspektene ved TLS kommuniseres utover et vitenskapelig publikum til beslutningstakere, andre interessenter og allmennheten. Ekspertgruppen bør se på IPCC som et eksempel på en relativt vellykket protokoll.

3.6 Ekspertvurderinger



Figur 1c Ekspertvurderinger er en integrert del av TLS flere steder. Det er imidlertid mest tydelig i formuleringen av dødelighetsgrenser og i Ekspertgruppens endelige vurderingsprosess der risikovurderingstabellen utarbeides og endelige konklusjoner trekkes (øverst til høyre).

Store deler av konsekvensutredningen av lakselus i TLS er avhengig av ekspertvurderinger. Dette er mest synlig i de siste trinnene av vurderingen, der Ekspertgruppens samlede konklusjoner trekkes og konklusjonstabellen utarbeides (oransje piler i figur 1c). Selv om de endelige konklusjonene er basert på data (røde ovaler) og omfattende modell- og dataanalysetrinn (blå piler og bokser), vurderes alle disse tidligere trinnene av eksperter for å komme frem til de endelige konklusjonene.

Ekspertvurderinger er også sterkt til stede i fastsettelsen av dødelighetsgrenser, evaluering av individuelle vurderingsutfall (kolonne 2–8 i den endelige konklusjonstabellen) og i vurderinger rundt modellering og statistiske analyser. Ekspertvurderinger er en naturlig del av enhver risikovurdering og er som sådan et naturlig element i TLS.

Ekspertgrupperapporten er eksplisitt i sin bruk av ekspertvurderinger i det siste konklusjonstrinnet. Praksisen med å få mennesker til å trekke de endelige konklusjonene øker troverdigheten og den etiske gyldigheten til systemer som TLS. Konklusjoner bør ikke være blindt basert på modellresultater, men kreve en helhetsvurdering av en gruppe eksperter på området, slik gjeldende praksis er i TLS.

Prosesen og metodene for å sammenstille ekspertvurderinger i praksis omtales ofte som «expert elicitation». Bortsett fra modellerings- og statistiske analysetrinn, som rapporteres ved hjelp av standardiserte vitenskapelige metoder, er den praktiske implementeringen av ekspertvurderinger, og

prosessen som brukes til å trekke konklusjoner fra dem, dårlig dokumentert i Ekspertgrupperapportene og vedleggene til disse. Det er ikke klart beskrevet hvilke roller gruppens medlemmer spiller i prosessen med å trekke de endelige konklusjonene. Prosessen for og logikken som ligger bak beskrivelser av usikkerhet i de endelige konklusjonene, er særlig problematisk (kapittel 3.4 og 3.5). Videre ser det ut til at ekspertvurderingsprosessen som fører frem til de endelige konklusjonene, ikke følger noen akseptert standard for beste praksis, for eksempel standarder for risikovurdering (f.eks. European Food Safety Authority, 2014), statistikk (f.eks. O'Hagan, 2019) og forskning på klimaendringer (f.eks. IPCC, 2010). Den valgte metoden må derfor beskrives og begrunnes før metodens gyldighet kan aksepteres.

Ekspertgruppens medlemmer har kompetanse fra nøkkelfelt knyttet til lakselus og lakseoppdrett, noe som gir gode muligheter for å trekke gode endelige konklusjoner. Modellresultater og påslagsratene avledet fra vaktbur, trålfangst og sjøørretruser gir et kvantitativt kunnskapsgrunnlag for Ekspertgruppens endelige konklusjoner. Dette gir et godt utgangspunkt for å utarbeide strukturerte ekspertvurderinger som eksplisitt beskriver usikkerhet. Det foregår aktiv forskning på metoder for innhenting av ekspertvurderinger, og mange felt innen risikovurdering (som mattrygghet og klimaendringer) har utviklet og testet nøyte utformede protokoller for dette, som kan tilpasses og videreutvikles for TLS.

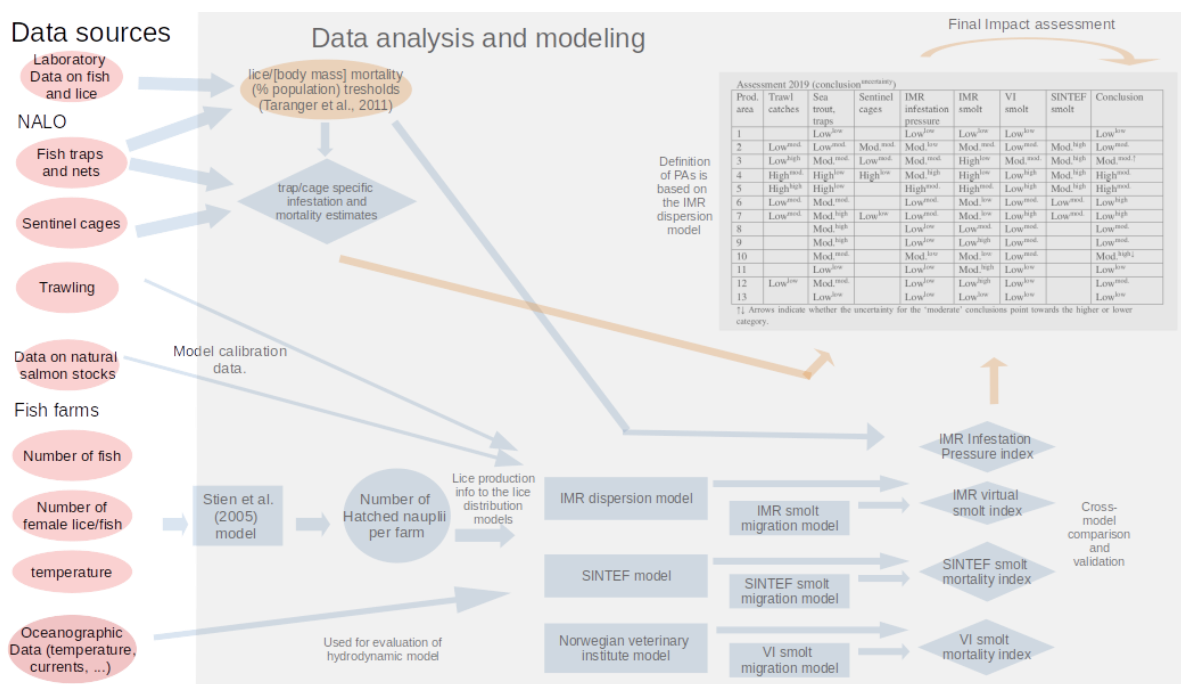
Å innhente ekspertvurderinger (herunder generelle konklusjoner fra risikomodeller som TLS) på en nøyaktig og vitenskapelig måte er ingen enkel oppgave. Psykologer har identifisert mange måter naiv spørsmålsstilling kan føre til kognitive skjevheter i ekspertenes vurderinger. For å sikre at ekspertkunnskapen som innhentes, er så objektivt som mulig, må prosessen struktureres og fortrinnsvis tilrettelegges av erfarne fagfolk, for å redusere risikoen for slike skjevheter. Dette er særlig viktig i situasjoner der eksperter blir bedt om å vurdere sannsynligheter (dvs. usikkerheter), og når de kommer fra ulike bakgrunner og ikke nødvendigvis har felles språk og terminologi. Fordi denne prosessen i TLS er dårlig dokumentert og ikke følger standarder på området, er det betydelig risiko for kognitive skjevheter i Ekspertgruppens vurderingen av dødelighetsgrenser og endelige konklusjoner.

Anbefaling:

A11 Vi anbefaler at ekspertvurderingsprosessene i TLS **beskrives og begrunnes i lys av aksepterte standarder for beste praksis** for innhenting av ekspertvurderinger.

4. Andre hensyn / datasårbarheter

Det er sårbarheter i noen av datakildene som ligger til grunn for mye av TLS (vist som røde sirkler i figur 1d). Selv om noen av disse datakildene potensielt kan forbedres eller videreutvikles, må det vurderes hvordan slike forbedringer kan bidra til systemets generelle ytelse før vesentlige endringer anbefales. I noen tilfeller er dataene iboende upålitelige; i andre tilfeller vil det, selv om dataene kan forbedres, være usannsynlig at forbedringene vil forbedre den generelle ytelsen til TLS, gitt ekspertvurderingsprosessen som fører til en eventuell klassifisering av områder som røde, gule eller grønne.



Figur 1d TLS er avhengig av flere komplementære datakilder.

I en rekke av Ekspertgruppens rapporter er det blitt fremsatt ønske om å videreutvikle datarapporteringen rundt **lakselus fra oppdrettsanlegg**, herunder detaljer om eksakte datoer for lusetelling og fiskeantall, samt telling av lakselus i merder. Selv om det kan være andre fordeler ved å samle inn slike opplysninger, er det ikke klart at disse forbedringene vil utgjøre en vesentlig forskjell for systemets generelle ytelse.

Estimater av lusenivåer avledet fra **vaktbur, trålfangst og ruser** har også sine begrensninger, som diskutert i Ekspertgruppens rapporter. Disse begrensningene inkluderer prøvetakingskjvheteter fra ruser og trålfangst på grunn av ulik atferd hos infestert og ikke-infestert fisk, og at vaktbur ikke nøyaktig gjenspeiler smittepresset over hele bredden av en fjord. Igjen, selv om det kan være andre fordeler ved å endre noen av disse datainnsamlingsmetodene, er det usannsynlig at disse endringene vil gi data som vil forbedre den generelle ytelsen til TLS vesentlig.

Data for vurdering av bestanden

Informasjon om villaksbestander, smoltutvandring og smoltproduksjon er inkludert i TLS som beskrevet i Appendiks I a¹⁰ og b¹¹ i Ekspertgruppens rapport for 2020. Smoltoverlevelse og gytebestandsmål for vassdrag er sentrale for å estimere mulige effekter på bestandene på populasjonsnivå. Databasen med informasjon som er tilgjengelig for beregning av gytebestandsmål for hver enkelt lakseelv i Norge, er imidlertid begrenset når det gjelder omfang og geografisk spredning. Dette utgjør potensielt en betydelig datasårbarhet.

Elvens gytebestandsmål er et sentralt referansepunkt i TLS. Ekspertgruppen (2019) sier:

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

Det er om lag 450 vassdrag med laksebestander i Norge. For 439 vassdrag er det fastsatt et gytebestandsmål^{12 13}. I følge Appendiks I¹⁴ til Ekspertgrupperapporten for 2020 er de 401 norske laksevassdragene med et gytebestandsmål på mer enn 10 kg hunnlaks inkludert i TLS. Gytebestandsmålene angir hvor mye gytefisk som må være igjen om høsten for at elvas bærekapasitet for laksunger skal kunne nås, og er gitt som antall egg (per m² elvebunn) eller vekt av hunner (kg) som er nødvendig for å utnytte vassdragets bærekapasitet og produsere så mange smolt som mulig. Metodene som ble brukt for å estimere bestandsparametere for de fleste vassdragene, og tallet på mer enn 10 kg hunnlaks er hentet fra litteratur som kun var tilgjengelig på norsk og

¹⁰ Ugedal O., Fiske P., Finstad B. (2020). Oversikt over laksevassdrag. **Appendiks I a** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

¹¹ Ugedal O., Barlaup B., Finstad B., Skaala Ø., Sægrov H., Vollset K.W. (2020). **Appendiks I b** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

¹² Ugedal O., Fiske P., Finstad B. (2020). Oversikt over laksevassdrag. **Appendiks I a** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

¹³ Ugedal O., Barlaup B., Finstad B., Skaala Ø., Sægrov H., Vollset K.W. (2020). **Appendiks I b** i Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2020. **Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.**

derfor ikke var tilgjengelig for hele Evalueringskomiteen. Dette er viktige parametere som ligger til grunn for TLS, og vi foreslår at de bør sjekkes og deres implikasjoner revurderes.

Med utgangspunkt i gytebestandsmålet beregnes en teoretisk smoltproduksjon for hvert vassdrag (Hindar mfl., 2007, 2019). Teoretisk smoltproduksjon beregnes deretter ut fra kunnskap om smoltalder (dvs. hvor mange år laksungene lever i ferskvann før de vandrer ut som smolt) i vassdragene og standardverdier for laksungers overlevelse i ferskvann. Det er antatt 10 % overlevelse første år, deretter 50 % overlevelse hvert år. For vassdrag som ikke er med i Hindar mfl. (2007), brukes overlevelsesestimater fra nærmeste vassdrag.

Gytebestandsmålet for hver enkelt vassdrag beregnes i henhold til Hindar mfl. (2007, 2019). Som utgangspunkt brukes informasjon fra ni vassdrag der data er tilgjengelig for modellering av bestandsrekruttering. Dermed bestemmes gytebestandsmålene for det store flertallet av laksebestandene/vassdragene ut fra begrenset informasjon om det aktuelle vassdraget.

Anbefalinger:

A12 Vi anbefaler at det gjennomføres **en systematisk, omfattende analyse av datainnsamlingsmetoder og design** før det gjøres modifikasjoner av eller tillegg til datakilder, da Evalueringskomiteen mener at endringer i stedsspesifikke luseestimer sannsynligvis bare vil ha minimal innvirkning på den generelle ytelsen til TLS.

A13 Vi anbefaler at Ekspertgruppen **øker antall vassdrag som bestandsvurderingen beregnes ut fra** i TLS.

5. Systemytelse

5.1 Vurdering av systemytelse

TLS er designet for å overvåke og redusere påvirkningen lakselus fra oppdrettsanlegg har på villaks. Det er et regelbasert system for kapasitetstilpasning av lakseproduksjonen, hovedsakelig basert på økologiske konsekvenser. Selv om systemet har vært på plass nå i fem år, var det først i 2020 (etter 2019-runden med TLS-risikovurderinger) at et PO fikk «rødt lys»-status, noe som resulterte i en anbefaling om å redusere produksjonskapasiteten.

Til tross for den lave forekomsten av områder med «rødt lys»-status, bør det være mulig å påvise en effekt av TLS-klassifiseringen. Villaksbestander i områder som konsekvent er klassifisert som røde, bør vise noen tegn på nedgang, mens de i områder som konsekvent er grønne, bør forbli relativt stabile (i fravær av en større områdeomfattende intervensjon). Selv om påvirkning fra lakselus på populasjonsnivå av villaks ikke kan estimeres uavhengig av de andre faktorene som påvirker marin overlevelse, som foreslått av Vollset mfl. (2016), ville man likevel forvente, dersom TLS fungerte etter hensikten, at det ville være et målbart signal knyttet til klassifisering. Det er vår forståelse at det ennå ikke har blitt foretatt noen slik analyse eller gjennomgang av TLS-klassifiseringen, som vi har referert til som TLSs «systemytelse». Vi forstår at dette er en ikke-triviell oppgave, som er beheftet med usikkerhet, men vil foreslå at Ekspertgruppen vurderer hvordan en slik analyse kan gjennomføres.

I det første tilfellet der det ble spådd stor påvirkning på laksens overlevelse, er noen av de målbare effektene som kan danne grunnlaget for analysen, oppgang av gytefisk (antall voksne fisk som vender tilbake til vassdragene), forekomst av ungfisk i vassdrag og lusetelling i vaktbur, trålfangst og ruser. Telling av fisk som vender tilbake, vil være spesielt nyttige her, da de utgjør grunnlaget, vedtatt av NASCO (North Atlantic Salmon Conservation Organization), for å vurdere tilstanden til laksebestandene i enkeltvassdrag. Som fastsatt i deres rapport fra 2019 om tilstanden til nordatlantisk laks, har NASCO vurdert 2 359 vassdrag, inkludert mange norske lakseelver. Tilstanden til bestandene i disse vassdragene vurderes jevnlig gjennom ICES' (International Council for the Exploration of the Sea) arbeidsgrupper og rapporteres til NASCO som en del av NASCOs løpende vurdering.

Denne databasen, som er tilgjengelig for Norges kompetente myndighet, utgjør en uavhengig datakilde som ikke brukes direkte i TLS-vurderingsprosessen. Det er Evalueringskomiteens oppfatning at det bør vurderes hvordan databasen kan brukes til å evaluere og validere utdataene fra TLS. Selv om det er potensielt vanskelige problemstillinger, som variabel dødelighet i havet, bør det være mulig å utarbeide normaliserte spesifikke tilbakevandringssrater basert på aggregerte tall langs norskekysten. I løpet av de to siste vurderingssyklusene har produksjonsområde 3, 4 og 5 fått rød status for å ha uakseptabelt høy påvirkning. Hvis det i fremtiden skal foretas en vurdering av den målbare «ytelseseffekten» av å implementere avbøtende tiltak under TLS, vil det første steget sannsynligvis være å se på PO-er der det ble innført «rødt lys»-status og produksjonsreduksjoner.

Det skal understrekes at anbefalingen om en systemytelsesanalyse ikke er ment som kritikk av systemet. Vi tror heller ikke at funnene fra en slik analyse nødvendigvis vil være statistisk signifikante på dette stadiet, på grunn av det lave antallet PO-er med rødt lys og begrenset med responsdata. Etter hvert som flere tiltak og deres potensielle effekter blir tilgjengelige, vil imidlertid en løpende analyse gjøre det mulig for Ekspertgruppen å finjustere beslutningsprosessen og generere økt tillit til TLS som helhet. Det kan være en god idé å gjennomføres denne iterative prosessen innenfor et DPSIR-rammeverk (se 5.2 nedenfor).

Anbefaling:

A14 Vi anbefaler at Ekspertgruppen bruker mer av sin innsats og vitenskapelige rapportering på muligheten for **ekstern validering av tilnærmingen**. (Det er vårt inntrykk at Ekspertgruppen i stor grad har fokusert på å verifisere den interne funksjonen og prediksjonene til de ulike modelltilnærmingene.)

5.2 DPSIR: et rammeverk for fremtidig vurdering

Denne delen presenterer et rammeverk for å samle aspekter av årsaker, konsekvenser og responser i en løpende iterativ vurdering av TLS.

For å håndtere komplekse beslutningsprosesser som involverer behovet for å balansere offentlige goder eller økonomiske krav med økologiske og andre typer konsekvenser, har det lenge vært praksis å gjennomføre en risiko- eller kost-nytte-vurdering. En risikovurderingsmatrise er en effektiv måte å håndtere en engangseffekt på. For løpende håndtering av miljøpåvirkninger kan et mer iterativt rammeverk eller en prosess være mer hensiktsmessig og effektivt. Disse PRS-modellene (Pressure-State-Response), som ser på årsak-virkningsforhold, går utover en risikoanalyse for å evaluere effekten av forvaltningsstrategier eller avbøtende tiltak og bruker informasjonen til å endre eller justere styringsprosessene. Slike prosesser har blitt brukt av OECD (Organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling) og Det europeiske miljøbyrået (EEA) for å forbedre kvaliteten på informasjonen som er tilgjengelig for eksperter og beslutningstakere.

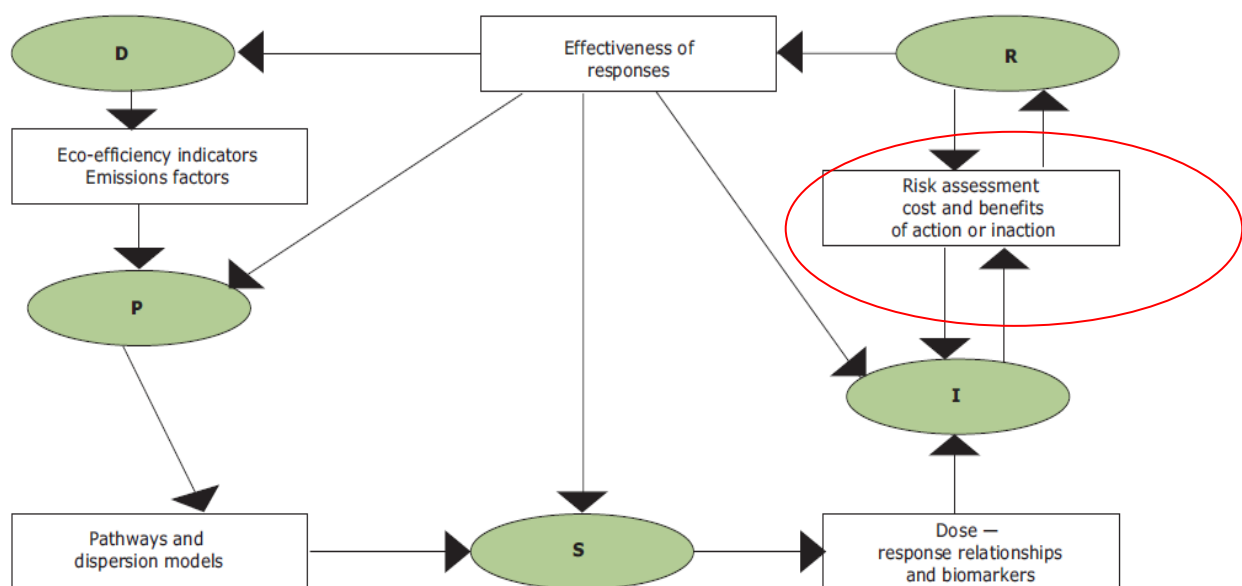
TLS-vurderingen er i hovedsak en risikovurdering utført ved hjelp av en kompleks prosess som integrerer flere modellerings-, dataanalyse- og ekspertvurderingstrinn. De viktigste elementene i vurderingsprosessen er beskrevet i figur 1. Generelt følger den overordnede risikovurderingsprosessen i TLS god vitenskapelig praksis. Det er imidlertid ingen mekanisme for å vurdere effektiviteten til forvaltningstiltak og heller ikke bestemmelser om løpende vurdering av forutsetningene som ligger til grunn for aspekter ved modelleringen og brukes i ulike stadier av ekspertvurderingsprosessen. Det er også rom for bedre formidling av vitenskapelige resultater på måter som er tilgjengelige for et bredt spekter av interessenter.

Det har blitt identifisert en rekke områder hvor en slik iterativ årsak-virkning-tilnærming vil være fordelaktig. Disse inkluderer:

- Kunnskapsinkludering (3.1)

- Grenseverdier for dødelighet (3.2)
- Kommunikasjon av usikkerhet (3.5)
- Vurdering av systemytelse (5.1)

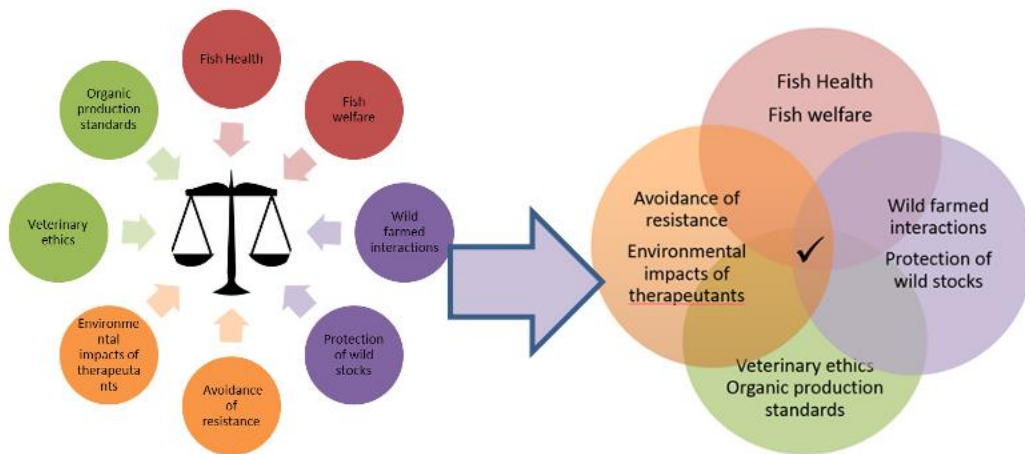
DPSIR-tilnærmingen (Driver-Pressure-State-Impact-Response) er et utvidet rammeverk som i tillegg til årsak og virkning vurderer drivkrefter, konsekvenser og respons på endring i et komplekst adaptivt system på en systematisk måte. EUs miljøbyrå tar til orde for bruk av DPSIR-tilnærmingen (EEAs tekniske rapport nr. 8/2014) som et beslutningsverktøy når man skal måle og evaluere effektiviteten til forvaltnings- og/eller politiske tiltak (figur 2). TLS er i hovedsak et økologisk styringssystem, og for å sikre effektiv balanse mellom vern av økosystemet og bærekraftig utvikling må det være en del av en iterativ prosess. Prosessen bør omfatte regelmessige evalueringer av endringer i miljøtilstand (status for villaksbestandene), gjenspeiling av klassifiseringen i villaksdata, effektiviteten til forvaltningstiltak (produksjonreduksjon på grunn av rødt lys) og kvaliteten på dataene og eventuelle forutsetninger basert på det (inkludert dødelighetsgrenser). Det nåværende trafikklssystemet vil passe godt inn i et overordnet DPSIR-rammeverk. Noen av prosessene er faktisk allerede iterative, for eksempel modellering av lusepåslag. Mange av Evalueringskomiteens anbefalinger kan håndteres i sammenheng med DPSIR-tilnærmingen og vil tilføre verdi til dagens TLS og gi et rammeverk for løpende forbedring og finjustering.



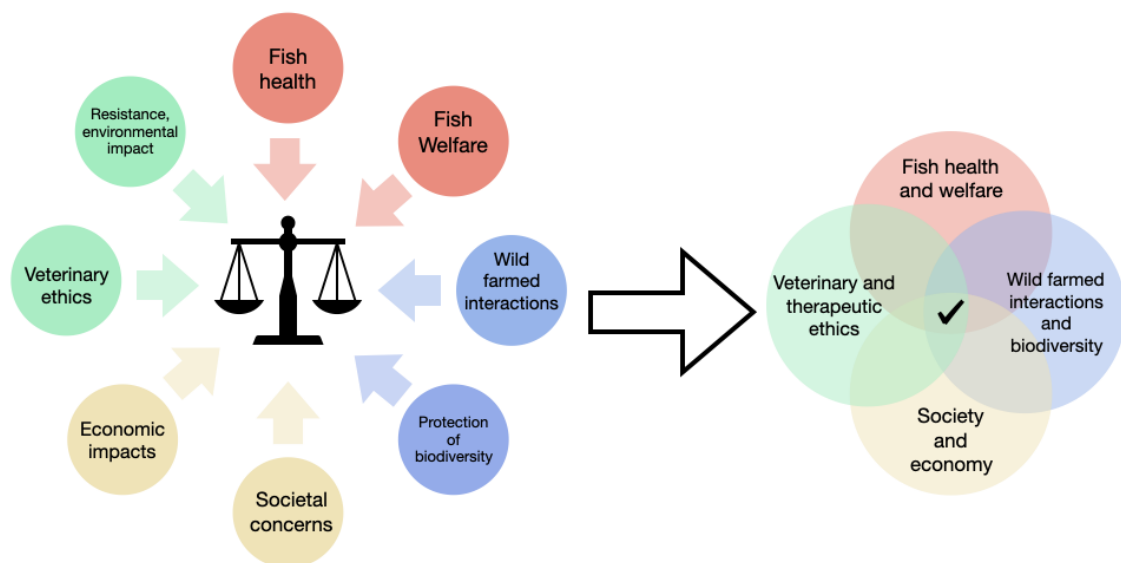
Figur 2 Flytskjema for DPSIR (Driver/Pressure/State/Impact/Response) (etter EEA): Iterative trinn sikrer løpende vurdering av effektivitet

TLS er en risikovurderingsmatrise. Det er en kombinasjon av observerte data, modellering og ekspertvurderinger. Systemet er designet for å vurdere påvirkningen av lusepåslag på ville

laksefiskbestander. Ved å endre det nåværende systemet til et DPSIR-rammeverk, vil effektiviteten av forvaltningstiltak bli eksplisitt vurdert ved hver iterasjon (rød ellipse i figur 2), og spørsmål knyttet til kunnskapsinkludering, kvantifisering og kommunikasjon av usikkerhet, grenseverdier for dødelighet og systemytelse vil alle bli behandlet som en del av prosessen. Typen *drivkrefter* og *påvirkning* som må vurderes regelmessig for å oppnå en balansert tilnærming, er illustrert i figur 3a. Med mindre modifikasjoner av denne tidligere skisserte strukturen, som illustrert i figur 3b, kan drivkreftene og påvirkningen stemme overens med uttalte mål for TLS.



Figur 3a Regelmessig evaluering av hver variabel er nødvendig for å opprettholde balansen (fra diagram i Jackson mfl., 2017).



Figur 3b Modifisert rammeverk etter Jackson mfl. (2017), med tillegg av økonomiske hensyn og samfunnskontekst slik at drivkrefter og påvirkning stemmer overens med uttalte mål for TLS.

Evalueringskomiteen mener at dagens TLS representerer en omfattende og grundig tilnærming til å utføre en rekke risikovurderinger ved å bruke tilgjengelig kunnskap for å gi evidensbaserte råd som underlag for akvakulturforvaltning. I denne rapporten har komiteen identifisert flere nøkkelområder med rom for forbedring og kommet med en rekke anbefalinger. Disse anbefalingene passer godt innenfor et DPSIR-rammeverk og vil sikre TLS fortsatt relevans og verdi ved å sørge for at systemet kontinuerlig oppdateres i tråd med ny informasjon og utvikling innen beste praksis. Bruken av DPSIR-rammeverket vil også forbedre kommunikasjonen av prosessen og dens resultater til et bredere publikum av beslutningstakere, interessenter og allmennheten.

Under er det gitt noen eksempler på hvordan DPSIR-rammeverket kan bidra på nøkkelområder til forbedringer identifisert av Evalueringskomiteen.

Kunnskapsinkludering (3.1)

Et spesifikt mål med TLS er å sikre at «all tilgjengelig kunnskap» tas i bruk for å komme frem til en vurdering av luseindusert dødelighet i ville laksepopulasjoner. Dette er et viktig mål og et som legger vekt på bred tilgang til og deltakelse i vitenskapelige prosesser. For å sikre at det finnes en mekanisme for å implementere dette målet er det viktig at det inkluderes som en av indikatorene som skal evalueres ved hver iterasjon i DPSIR-prosessen. I tråd med etablert praksis for systematiske oversikter eller metaanalyser er det viktig at det finnes retningslinjer for inkludering og ekskludering av informasjon, for å minimere skjevheter i denne delen av denne prosessen.

Grenseverdier for dødelighet (3.2)

I mangel på et solid empirisk grunnlag for de nåværende grenseverdiene for dødelighet anses det som viktig at hensiktsmessigheten ved disse grensene revurderes regelmessig i lys av ny informasjon og som en del av regelmessige gjennomganger av systemytelse.

Selv om empiriske data for å underbygge grenseverdiene ikke er tilgjengelige eller dataene som finnes, er ufullstendige, er det viktig at det gjennomføres en fullstendig vitenskapelig gjennomgang av tilgjengelige data, og at dette dokumenteres som en del av prosessen som ligger til grunn for formuleringen av en omforent ekspertvurdering om egnetheten til grenseverdiene som brukes i hver iterasjon av TLS-vurderingene.

Kvantifisering og kommunikasjon av usikkerhet (3.5)

Et av de mest kritiske aspektene ved å formidle vitenskapelige funn til beslutningstakere og allmennheten er hvordan usikkerhet kommuniseres. Fordi det er mange potensielle kilder til tvetydighet og misforståelser, er det nødvendig med en transparent, stringent rapporteringsprosess. For å legge til rette for et egnet nivå av tilbakemelding ved hver iterasjon i risikovurderingen/kost-nytte-vurderingen av tiltak eller mangelen på tiltak i DPSIR-prosessen (figur 2) trengs det tydelig informasjon om systemsensitivitet og -usikkerhet.

Bruk av enklere språk for å formidle konfidensnivået og usikkerheten knyttet til TLS-vurderinger vil gjøre det lettere å kommunisere utover et vitenskapelig publikum til beslutningstakere, interessenter og allmennheten. Ekspertgruppen kan se til IPCC som et eksempel på en relativt vellykket protokoll for slik kommunikasjon.

Systemytelse (5.1)

Det er identifisert to trusler som potensielt kan undergrave tilliten til TLS: de dokumenterte manglene i dataene og analysene som ligger til grunn for dødelighetsgrensene, og manglende evaluering av effektiviteten til TLS som forvaltningssystem for å dempe påvirkningen fra lakselus på villaks. Å foreta en systemytelsesvurdering ved hver iterasjon av TLS-vurderingen ved hjelp av egnede indikatorer i tråd med DPSIR-rammeverket kan gi empirisk bevis på validiteten og effektiviteten til systemet. Indikatorer som oppgang av gytefisk til vassdrag, forekomsten av ungfisk i vassdrag og lusetelling i vaktbur, trålfangst og ruser kan brukes til å vurdere om systemet som helhet er egnet til formålet. Slike regelmessige vurderinger vil også gi grunnlag for finjustering av metodikken over tid.

Anbefaling:

A15 Vi anbefaler at TLS innlemmes i en iterativ DPSIR-prosess.

6. Konklusjoner

I denne siste delen av rapporten gir vi noen avsluttende kommentarer og fremhever de viktigste neste trinnene som bør følge av vår vurdering. Vi bruker de ulike anbefalingene nevnt i denne rapporten for å strukturere disse kommentarene. En tabell som oppsummerer anbefalingene er gitt nedenfor, men her diskuteres de i en annen rekkefølge enn slik de ble presentert i rapporten, i et forsøk på å lede leseren gjennom et tydelig narrativ som forklarer deres betydning.

Vi har på ulike steder i denne rapporten fremhevet den viktige rollen **usikkerhet** spiller i TLS, og som sådan begynner vi våre kommentarer med å adressere **A7–A10**, som behandler denne problemstillingen. Evalueringskomiteen mener at det er like viktig å identifisere kildene til usikkerhet når de er relatert til modellrammeverkene **[A8]**, som det er å avgrense selve modellene (som ofte ser ut til å være fokuset i Ekspertgruppens rapporter). I tillegg til å identifisere slike kilder til usikkerhet, bør deres implikasjoner for TLS-utfall utforskes gjennom egnede sensitivetsanalyser **[A7]**. Vi bemerker også at det ikke alltid er åpenbart i hvilke deler av TLS slike usikkerheter finnes, noe som kan føre til tvetydighet eller regelrett misforståelse av begrensningene som ligger i noen aspekter av TLS-prosessen. Vi foreslår derfor et større innslag av åpenhet og stringens i rapporteringsprosessen der det er usikkerhet **[A9]**. Vi mener også at det bør brukes enklere språk til å formidle konfidensnivået og usikkerheten knyttet til TLS-vurderinger **[A10]**, ettersom måten usikkerhet kommuniseres på er et kritisk aspekt i formidlingen av vitenskapelige funn til et bredt publikum. Bruk av foreliggende språkmodeller, slik som de som brukes av IPCC, burde legges til rette for bedre kommunikasjon utover et vitenskapelig publikum, til beslutningstakere, andre interessenter og allmennheten.

Et av områdene der det fortsatt hersker stor usikkerhet, er i estimeringen av dødelighetsgrenser. Det er gitt to anbefalinger på dette området: den ene er knyttet til hensiktsmessigheten av innstillingene som antas å brukes, som Evalueringskomiteen foreslår bør revurderes med jevne mellomrom **[A5]**, i tillegg til å utforske sensitiveten til eventuelle risikoindekser for variasjoner i grenseverdier. Det ble også anbefalt å gjennomføre *in situ*-studier for å gi en bedre beskrivelse av hvordan villaks påvirkes av lusepåslag **[A6]**.

Selv om komiteen har notert seg en rekke ytterligere sårbarheter i dataomfang eller -kvalitet, mener vi at kostnadene ved å redusere disse sårbarhetene kan oppveie fordelene **[A12]**. Derfor vil det være viktig å nøye vurdere hvor realistisk det er å få på plass mer fullstendige data, kombinert med en kritisk vurdering av verdien av slike data med henblikk på ekstern validering eller verifisering av modellerte resultater og politiske anbefalinger (se også A13 og A14).

Det må også erkjennes at det til tider ikke vil være tilgjengelige og/eller tilstrekkelige data til å spesifisere visse parametere, definere assosiasjoner osv. Under disse omstendighetene – i tillegg til åpenhet om usikkerhetene som er til stede (se A9 ovenfor) – kan det være nødvendig å basere seg på ekspertvurderinger. Ekspertvurderinger gjelder ikke bare der dataene er utilstrekkelige, men også i den endelige tolkningen med henblikk på å oversette de ulike risikomålingene til en endelig Lav/Middels/Høy risikokategorisering, som den grønne/gule/røde klassifiseringen hvert PO er basert på.

Tabell over anbefalinger

- A1** Vi anbefaler mer solid rapportering av **prosesser knyttet til kunnskapsinkludering** for å sikre åpenhet og legitimitet.
- A2** Vi anbefaler **klare rammer for inkludering eller ekskludering av informasjonskilder** og en klart definert policy for hvordan mottatt kunnskap, særlig rapporter og «grå» litteratur, evalueres.
- A3** Vi anbefaler en nærmere vurdering av **Ekspertgruppens sammensetning**, herunder muligheten for å utvide med ekspertise innen vitenskapelig epistemologi, kunnskapsinkludering og forskningsformidling, for å oppfordre til løpende refleksjon rundt slike spørsmål.
- A4** Vi anbefaler at det som en del av kommunikasjonen med interessenter reflekteres over **måten TLS presenteres på** (dvs. om det er et strengt kvantitativt system eller et føre-var-system med innebygde kvantitative tilnærminger).
- A5** Vi anbefaler at **hensiktsmessigheten ved grenseverdiene for dødelighet revurderes regelmessig** i lys av ny informasjon, med nøye vurdering av sensitivitetsanalyser som en del av regelmessige systemtelsesvurderinger.
- A6** Vi anbefaler at studier gjennomføres og fagfellevalueres for å **gi data om in situ-effekter av lusepåslag på villaks** på individ- og populasjonsnivå.
- A7** I stedet for å investere krefter i å foredle modellene anbefaler vi at de brukes til å kartlegge **sensitivitet og identifisere kilder til usikkerhet** som lettest kan imøtegås med ytterligere observasjoner.
- A8** Vi anbefaler at modell-, dataanalyse- og ekspertvurderingsresultater i størst mulig grad presenteres med konfidensintervaller for å unngå feiloppfatning av nøyaktigheten. **Riktig usikkerhetskvantifisering for modellene** vil øke påliteligheten til konklusjonene som trekkes på bakgrunn av dem.
- A9** Vi anbefaler en **mer gjennomiktig og stringent rapporteringsprosess** for systemsensitivitet og usikkerhet.
- A10** Vi anbefaler bruk av **enkler språk** ved formidling av konfidensnivåer og usikkerhet knyttet til TLS-vurderinger. En særlig bekymring her er hvordan disse aspektene ved TLS kommuniseres utover et vitenskapelig publikum til beslutningstakere, andre interessenter og allmennheten. Ekspertgruppen kan se til IPCC som et eksempel på en relativt vellykket protokoll.
- A11** Vi anbefaler at ekspertvurderingsprosessene i TLS **beskrives og begrunnes i lys av aksepterte standarder for beste praksis** for innhenting av ekspertvurderinger.
- A12** Vi anbefaler at det gjennomføres **en systematisk, omfattende analyse av datainnsamlingsmetoder og design** før det gjøres modifikasjoner av eller tillegg til datakilder, da Evalueringskomiteen mener at endringer i stedsspesifikke luseestimer sannsynligvis bare vil ha minimal innvirkning på den generelle ytelsen til TLS.
- A13** Vi anbefaler at Ekspertgruppen **øker antall vassdrag som bestandsvurderingen beregnes ut fra** i TLS.
- A14** Vi anbefaler at Ekspertgruppen bruker mer av sin innsats og vitenskapelige rapportering på muligheter for **ekstern validering av tilnærmingen**. (Det er vårt inntrykk at Ekspertgruppen i stor grad har fokusert på å verifisere den interne funksjonen og prediksjonene til de ulike modelltilnærmingene.)
- A15** Vi anbefaler at TLS **innlemmes i en iterativ DPSIR-prosess**.

Dette bør ikke betraktes som en «feil» ved TLS, men snarere som en mulighet til å bringe spørsmål knyttet til etisk forskning og ekspertvurderinger inn i prosessen. For å sikre at dette gjøres på en troverdig måte er det imidlertid viktig at praksis for og dokumentasjon på innhenting av ekspertvurderinger følger allment aksepterte standarder for beste praksis, slik de vanligvis brukes på relaterte områder [A11]. I tillegg bør det i den endelige kommunikasjonen av resultater erkjennes at slike kvalitative vurderinger bevisst har blitt inkludert, snarere enn å gi inntrykk av et helt kvantitativt og mekanistisk resultat [A4].

Hensyn til hensiktsmessige mekanismer for å innlemme ekspertvurderinger fører til en rekke bredere spørsmål om den generelle tilnærmingen til kunnskapsinkludering innenfor TLS. Det er viktig at prosessene for kunnskapsinkludering i TLS er tydelig dokumentert [A1]. Gitt at noen data er hentet fra materiale som ikke er formelt fagfellevurdert, er det viktig at det finnes klare retningslinjer for hva som vil og ikke vil bli ansett som «gyldige» informasjonskilder [A2]. På grunn av kompleksiteten i slike prosesser og de implisitte skjevhetene som ofte vil finnes innen en gruppe relativt «tekniske» spesialister, har det blitt anbefalt å vurdere å utvide Ekspertgruppens medlemmer til å inkludere noen med ekspertise innen vitenskapelig epistemologi [A3].

Evalueringskomiteen har identifisert en rekke trusler som kan undergrave tilliten til TLS, hvorav noen også er omtalt i Ekspertgruppens rapporter og andre som er vanskelige å håndtere tilstrekkelig (f.eks. utilstrekkelig data eller presisjon til å fastslå dødelighetsgrenser). Gitt disse utfordringene fokuserer to av anbefalingene på viktigheten av å inkludere en form for systemytelsesvurdering. En slik tilnærming kan gi ekstern validering [A14] av TLS på en måte som er tydelig for lesere av rapportene som ikke er en del av fagmiljøet. Det vil si at disse leserne neppe vil bli overbevist av de intrikate detaljene i de ulike modellrammeverkene, men vil være i stand til å se logikken bak klare assosiasjoner mellom modellerte klassifiseringer og den faktiske statusen til de varierende miljøene mellom produksjonsområdene. En viktig økosystemvariabel er bestandsvurderingene i vassdrag innenfor hvert PO. Antallet vassdrag det vurderes bestandsvurderingsdata for innenfor TLS, er i dag lavt, og det anbefales at Ekspertgruppen øker antall vassdrag som bestandsvurderingen beregnes ut fra, som potensielt kan brukes til ekstern verifisering [A13].

Evalueringskomiteen mener at TLS-prosessen vil passe godt innenfor et DPSIR-rammeverk, og at et slikt rammeverk vil sikre TLS fortsatt relevans og verdi ved å sørge for at systemet kontinuerlig oppdateres i tråd med ny informasjon og utvikling innen beste praksis [A15]. Bruken av DPSIR-rammeverket vil også bedre kommunikasjonen av prosessen og resultater til et bredere publikum av beslutningstakere, interessenter og allmennheten.

Referanser

Ådlandsvik B., Morvik A., Sandvik A.D. 2017. Salmon Lice Modelling at IMR – Source Term. Versjon 1.0 – 2017-03-29

<https://docs.google.com/document/d/1zjAG6jxURC7UwVAVdZJseRI3ZDRRfZkxYc9nyXEb46A/edit?TS=5880A9E5#Heading=H.bz2BlmmRwuqn>

European Environment Agency (2014). Digest of EEA indicators. EEA Technical Report No. 8/2014.

European Food Safety Authority (2014). “Guidance on Expert Knowledge Elicitation in Food and Feed Safety Risk Assessment”, EFSA Journal 2014, 12 (6), 3734.

Hindar K., Diserud O., Fiske P., Forseth T., Jensen A. J., Ugedal O., Jonsson N., Storeid S.E., Saltveit S.J., Sægrov H., Sættem L.M. (2007). Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA-rapport 226. S. 78 ff

Hindar K., Diserud O., Hedger R.D., Finstad A.G., Fiske P., Foldvik A., Forseth T., Forsgren E., Kvingedal E., Robertsen G., Solem Ø., Sundt-Hansen L.E., Ugedal O. (2019). Vurdering av metodikk for andregenerasjons gytebestandsmål for norske laksebestander. NINA-rapport 1303. S. 62 ff.
<https://brage.nina.no/nina-xmlui/handle/11250/2634333>

IPCC (2010). Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties, IPCC Cross-Working Group Meeting on Consistent Treatment of Uncertainties, Jasper Ridge, CA, USA, 6-7 July 2010

Jackson D., Moberg O., Stenevik, Djupevag E.M., Kane F., Hareide H. (2017). The drivers of sea lice management policies and how best to integrate them into a risk management strategy: An ecosystem approach to sea lice management. J Fisk Dis. 1–7. <https://doi.org/10.1111/jfd.12705>

O’Hagan A. (2019). Expert Knowledge Elicitation: Subjective but Scientific. American Statistician, 73 (sup1), 69–81. <https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1518265>

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

Taranger G.L., Svåsand T., Madhun A.S., Boxaspen K.K. (red.) (2011). Oppdatering – Risikovurdering – miljøvirkning av norsk fiskeoppdrett, Fisken og havet, 3-2010. Havforskningsinstituttet.

Taranger G.L., Svåsand T., Bjørn P.A., Jansen P.A., Heuch P.A., Grøntvedt R.N., Asplin L., Skilbrei O., Glover K., Skaala Ø., Wennevik V., Boxaspen K.K. (2012). 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. Rapport fra Havforskningsinstituttet nr. 13, Veterinærinstituttet nr. 7.

Vollset K.W., Krøntveit R.I., Jansen P. A., Finstad B., Barlaup B. T., Skilbrei O.T., Krkošek M., Pal Romunstad P., Aunsmo A., Jensen A.J., Dohoo I. (2016). Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta analysis. Fish and Fisheries 17, 714–730.