

# Bruk og etterbruk av rensefisk i norsk lakseoppdrett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv

Katrine Eriksen, Ingrid Kvalvik og Øystein Hermansen

Nofima, Muninbakken 9-13, Breivika, Postboks 6122, 9019 Tromsø



## Sammendrag:

Bruk av rensefisk, spesielt rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*), i norsk lakseoppdrett har økt kraftig som følge av strengere miljøkrav og økende kostnader til lusebekjempelse. Mange oppdrettere opplever en god effekt av metoden, men samtidig skaper den utfordringer. I merden sammen med laks er rensefisk utsatt for stress, sykdommer og skader, noe som fører til høy dødelighet. I tillegg er praksisen med destruering av fisk etter bruk omstridt. Vi bidrar til diskusjon om bruk av rensefisk med en samfunnsøkonomisk analyse gjennomført etter krav i Utredningsinstruksen. Studien viser at det er stor usikkerhet ved kvantifisering av effektene for oppdrettere, miljø, fiskevelferd og leverandører. Velferd av rensefisk er betydelig redusert mens bidrag til lusebekjempelse for hele industrien ikke er bekreftet. Metodiske implikasjoner for måling av samfunnsnyttens av tiltak i miljøforvaltningen er drøftet.

## Abstract in english:

Use of cleaner fish, especially lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) in the Norwegian aquaculture industry has increased significantly following stricter environmental requirements and raising costs of sea lice control. Although a positive effect in form of reducing sea lice levels is achieved on many of the salmon farms, the method itself is not without challenges. Conditions of a salmon sea cage are not optimal for cleaner fish welfare. Exceptionally high mortality of the fish is caused by stress, physical damage and diseases. The common practice of destroying the remaining cleaner fish after the production cycle is controversial. We contribute to the discussion on the use of cleaner fish with a cost-benefit analysis following the procedure established in the

official instruction. The study shows that uncertainty of the quantitative estimates of the main effects is large. Welfare of cleaner fish is reduced considerably, while the industry-wide contribution of the cleaner fish use to controlling sea lice levels is not confirmed. Methodological implications for measuring social costs and benefits to inform environmental management are discussed.

Finansiering: NFR, 301494 LumpFish4Food

## Bruk av rensfisk i lakseoppdrett

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er en ektoparasitt som i senere livsstadier benytter laksefisk som vert. I utgangspunktet fant man den på vill laksefisk, men den ble observert også på oppdrettet laksefisk da anlegg ble etablert i sjøen på 1960-tallet. Ifølge Brandal & Egidius (1979) ble det et problem for oppdrettsnæringen på midten av 1970-tallet. Siden har den i varierende grad gitt utfordringer for lakseoppdrett og er i dag det største parasittproblemet. Den store økningen i tilgjengelige verter og høy tetthet i laksemerdene har også gitt større belastning på viltlevende bestander.

Ettersom mengden lakselus i oppdrettsanleggene har økt, har luseproblematikken blitt et sentralt tema i havbruksforvaltningen. Høye lusenivåer i fjordene påvirker villaks (*Salmo Salar*), sjørret (*Salmo trutta*) og sjørøye (*Salvelinus alpinus*) og er kjent som en av de viktigste truslene mot disse bestandene (Forseth et al., 2017). Utslipp av lusemidler har også negativ effekt på andre marine arter (Urbina et al., 2019). I tillegg til selve miljøpåvirkningen kan oppmerksomhet rundt negative miljøeffekter av oppdrettslaks også svekke konkurransedyktigheten til norsk laks i eksportmarkeder. Etter hvert som problemet økte i omfang, ble det klart at videre vekst i lakseproduksjonen var avhengig av at luseproblemet ble løst (Meld. St. 16 (2014-2015)). Den såkalte «forgrønningen» av norsk laksenæring (Hersoug, 2015) kan best beskrives som prøving og feiling av ulike regler og ordninger der grønne- og FoU-tillatelse legger til rette for innovasjon i lusebekjempelse. Fra 2017 legges lusenivået til grunn for reguleringen av tillatt biomasse i ulike geografiske områder (Produksjonsområdeforskriften, 2021). Norskekysten er nå inndelt i 13 produksjonsområder, hvor økning i produksjon (og evt. reduksjon) avgjøres av mengden lakselus i hvert produksjonsområde.

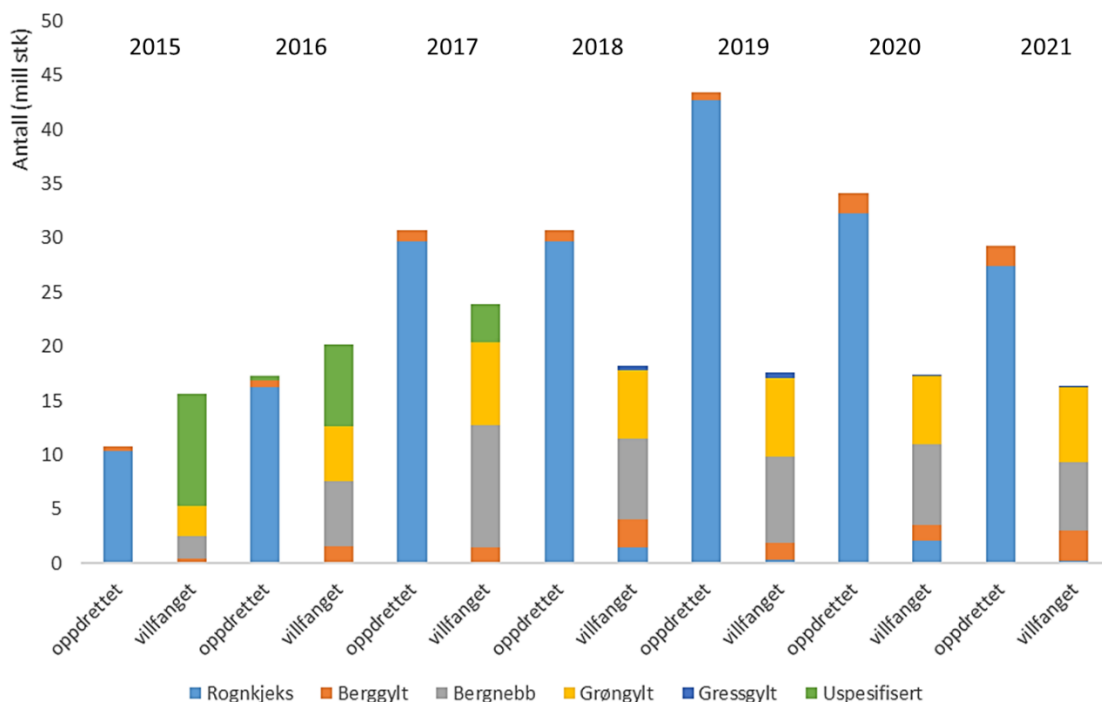
Oppdretterne har historisk benyttet flere metoder for å kontrollere og behandle mot lus. I første rekke har man brukt bad- og oral behandling med kjemikalier. Fôrbehandlingene var lenge svært effektive, men lusa utviklet på 1990-tallet resistens mot disse og man gikk over til badebehandlinger (Grave et al., 1991; Torrissen et al., 2013). Det er nå påvist resistens eller nedsatt behandlingseffekt for alle fem typer medikamenter som har vært i bruk i norsk oppdrett (Aaen et al., 2015). Synkronisert avlusning og brakklegging er en måte å hindre resistens, men den lar seg ikke unngå helt. Resistens har ført til 85-97 % reduksjon i forbruk av ulike kjemiske avlusningsmidler fra 2015 til 2022.

Da de kjemiske metodene mistet effekt økte bruken av andre metoder. Ikke-medikamentelle behandlingsmetoder har blitt stadig oftere tatt i bruk og erstattet kjemiske badebehandlinger. Antall medikamentfrie avlusninger gikk opp fra 2013. Mens 80 % av antall rapporterte behandlinger var kjemisk avlusning i 2013, gikk denne andelen ned til 6 % i 2017. I 2022 rapporteres medikamentfrie behandlinger fire ganger oftere enn medikamentelle tiltak (Sommerset et al., 2023). Mekanisk avlusning (som laser), luseskjørt, fersk- og varmtvannbehandling og andre teknikker brukes nå i ulike kombinasjoner. Ingen av metodene fjerner luseproblemet og alle har sine ulemper, der kostnadene og økt dødelighet er viktigst. Dødelighet og redusert vekst er kostbart for oppdrettere, men er også problematisk med tanke på fiskevelferd. Luseskjørt kan eksempelvis hindre vannutskifting og tilførsel

av oksygen i merdene (Stien et al., 2018). Mekanisk avlusning og behandling med varmt vann og ferskt vann kan føre til skader og stress (Overton et al., 2019). Sulting i forbindelse med behandlinger påvirker også veksten hos laksen.

Biologiske kontrollmetoder i form av renseskisk er en mer skånsom metode for laksen (Barrett et al., 2020). Renseskisk (rognkjeks, *Cyclopterus lumpus*, og flere leppefiskearter) for avlusning av laks ble introdusert allerede på 1980-tallet hvor Havforskningsinstituttet sto bak utviklingen av metoden. Først og fremst ble leppefisker som bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*), berggyllt (*Labrus bergylta*) og grøngyllt (*Symphodus melops*) benyttet og disse var fanget i sjøen ved hjelp av teiner og ruser (Blom, 2010). Omfanget var imidlertid lite fordi medisinsk behandling ga bedre resultater (Sveier & Breck, 2018). Interessen og behovet for rognkjeks og leppefisk begynte å øke først da resistensutvikling hos lakselus gjorde medikamenter mindre effektive.

Strengere lusereguleringer kombinert med redusert effekt av kjemisk avlusning har ført til en sterk økning i utsett av renseskisk, fra 26,4 millioner fisk i 2015 til 61 millioner i 2019 (Figur 1). Antallet har gått ned i siste to årene, til 45,5 millioner i 2021. Rognkjeks utgjør i 2021 cirka 28 millioner, der nesten alt kommer fra oppdrett. Tilgangen på villfanget leppefisk er begrenset, og på grunn av sjøtemperaturene er disse artene generelt bare tilgjengelige og aktuelle å bruke i sørlige deler av Norge. Det er derfor etablert flere anlegg som produserer renseskisk i akvakultur, hovedsakelig anlegg for rognkjeks, men også berggyllt. Leppefiskene er i hovedsak fanget.



Figur 1 Utsett av oppdrettet og villfanget renseskisk i norsk lakseoppdrett i 2015–2021 (Kilde: Fiskeridirektoratet, 2022)

Bruk av renseskisk bidrar til løsning på flere store problemer i norsk lakseoppdrett: strengere reguleringer av tillatt lusepåslag på laksen, økende kostnader knyttet til lus, velferden til oppdrettslaksen og negative miljøeffekter knyttet til tradisjonelle lusebekjempelsesmetoder. Som følge av

dette, kan også konsumenter sine holdninger til norsk oppdrett bedres. Samlet sett bidrar disse positive effektene til at videre vekst i næringen kan tillates.

Samtidig er bruk av rognkjeks og leppefisk ikke uten utfordringer. Det er en kostbar metode for oppdrettere, men de viktigste kostnadene er ikke bedriftsøkonomiske. Oppmerksomheten på velferden til rensefisk har økt betydelig, der høy dødelighet hos rensefisk tyder på at forholdene i laksemerden ikke er optimale. Utfordringene knyttet til bærekraftig ressursutnyttelse og miljørisiko har også vært mye omtalt. Her er mangel på etterbruk av rensefisk en av utfordringene.

Flere bedrifter bruker rensefisk i mindre grad enn før, eller har sluttet helt med rensefisk på grunn av helse- og velferdsutfordringene (Sommerset et al., 2022). Mattilsynet konkluderer i sin rapport (Mattilsynet, 2019) at forbedring av rutineene hos oppdrettere er nødvendig om bruken av rensefisk skal få lov å fortsette. Rapporten fra Ministerrådet og uttalelser fra Rådet for dyreetikk er enige i det (Rådet for dyreetikk, 2020; Tallaksen Halvorsen et al., 2021). Havbruksstrategien lansert i 2021 (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021) er også tydelig i formuleringene og peker på nødvendigheten av å vurdere avvikling av bruken av rensefisk:

*«Hvis næringen i årene som kommer ikke kan dokumentere på en tilfredsstillende måte at rensefisken kan leve gode liv i merdene og bidra vesentlig til lakselusbekjempelse, ser regjeringen det som en naturlig konsekvens at bruken av rensefisk må avvikles.» (Nærings- og Fiskeridepartementet 2021, s. 37).*

En beslutning om eventuelt forbud eller begrensning av rensefiskbruk vil ha vesentlige effekter for næringen og miljøet og bør derfor utredes ved hjelp av samfunnsøkonomisk analyse (vanligvis i form av nytte-kostnadsanalyse) ifølge gjeldende regelverk (Utredningsinstruksen, 2016). Krav til utforming av en slik analyse er beskrevet i en veileder (Direktoratet for økonomistyring (DFØ), 2018). Kravene er forskjellige fra den vitenskapelige metoden etablert i økonomisk litteratur, da det er nødvendig med tilpasninger når kapasiteten i forvaltningen er begrenset, data ikke er tilgjengelig, og kvantifisering av alle virkninger ikke er praktisk mulig eller ønskelig.

I denne artikkelen gjennomfører vi nytte-kostnadsanalyse av rensefiskbruk slik det er forventet at myndighetene gjør. Målet er å gi et grunnlag til diskusjon om bruk av rensefisk er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Et delmål er å bidra til diskusjon om hvorvidt en nytte-kostnadsanalyse (NKA) som metode er godt egnet til utredning av miljøspørsmål i offentlig forvaltning.

I neste avsnitt redegjør vi mer detaljert for den teoretiske tilnærmingen og metoden som anvendes. Deretter presenterer vi en grundig kartlegging av positive og negative virkninger av rensefiskbruk, samt fordelingsvirkninger. Avslutningsvis drøfter vi mulige avveieringer og vurderer samfunnsøkonomisk lønnsomhet av rensefiskbruk tatt i betraktning ulike forvaltningsprioriteringer, samt noen metodiske implikasjoner av studien.

## Metode: Nytte-kostnadsanalyse (NKA) i teori og praksis

NKA har blitt et sentralt konsept i offentlig forvaltning i vestlige land i de siste 50 årene (Sunstein, 2018). Det har bidratt til innføringen av grunnleggende prinsipper for vurdering av kostnader og nytten av alternative tiltak på en rekke områder, fra offentlig infrastruktur og sikkerhet til helse og miljø (Turner, 2007; Andersson, 2018; Organization for Economic Cooperation and Development

[OECD], 2018). NKA, som er den vanligste typen samfunnsøkonomisk analyse, er anbefalt brukt i Norge når offentlige organer skal gjennomføre prosjekter og tiltak som kan ha vesentlige samfunnsmessige effekter (Utredningsinstruksen, 2016). Tiltak som påvirker miljøet og matproduksjon berører som regel mange og bør derfor utredes ved hjelp av denne metoden. Utformingen av metoden inneholder flere steg fra identifisering og beskrivelse av virkninger til nåverdiberegning og usikkerhetsanalyse (Boks 1). I en slik analyse skal nyttevirkningene «settes lik det befolkningen samlet er villig til å betale for å oppnå dem, mens kostnadsvirkningene skal være lik den verdien disse ressursene har i beste alternative anvendelse (alternativkostnaden)» (DFØ, 2018 s. 41).

Det teoretiske utgangspunktet til NKA er hentet fra økonomisk teori og bygger på en forutsetning at prosjektet skal gjennomføres hvis netto nåverdi (differansen mellom positive negative virkninger over tid) er positiv. Kvantifisering og prissetting av alle effekter er nødvendig for å gjøre en slik analyse. Monetær verdi av goder og tjenester som ikke omsettes i markeder (e.g., enkelte miljøgoder) skal estimeres ved hjelp av spesielle metoder og teknikker, der betalingsvillighetsstudier er en av de mest brukte i akademisk litteratur (se Boks 2 for oversikt av verdsettingsmetoder). Et eksempel er en NKA av vekst i oppdrettsnæringen i Nord Norge av Aanesen & Mikkelsen (2020), der betalingsvillighet for å unngå mer akvakultur ble brukt som kostnadsestimat. Verdsettingsstudier og kvantifisering av spesifikke effekter er vanligere i økonomisk litteratur enn en full NKA av omfattende tiltak.

Metoden brukes imidlertid sjeldent i forvaltningspraksis. En undersøkelse av kvaliteten på statlige utredninger (DFØ, 2020) konkluderer at NKA burde vært brukt i langt flere høringssaker enn hva som faktisk var tilfelle fordi den gir et godt grunnlag for beslutninger som fattes av ansvarlige myndigheter. Blant vanlige årsaker til manglede utredninger nevnes stramme tids- og ressursrammer, politiske føringer og høye kompetansekrav. Det departementene opplever som mest utfordrende er å identifisere og beskrive virkninger. Det presiseres ikke hvilke konkrete utfordringer med beskrivelse av virkninger det er snakk om, men en del av dem er sannsynligvis knyttet til kvantifisering og prissetting av miljøgoder og andre ikke-markedsverdier.

Bruk av NKA, spesielt i miljøforvaltning har blitt et omdiskutert tema i samfunnsøkonomisk litteratur internasjonalt, hvor utfordringer med verdsetting av økosystemtjenester står sentralt (e.g., Feuillette et al., 2016; Dick et al., 2017; Atkinson et al., 2018). En faktor som ofte framheves som et hinder for bruk av NKA er mangel på kunnskap om relevante virkninger og verdsetting (Carmen et al., 2018), og enklere metoder og teknikker for økonomisk analyse av miljøvirkninger er etterspurt (Guo & Kildow, 2015; Maczka et al., 2016). Kunnskap om økosystemer og miljødata er ofte ikke tilgjengelig (Daily et al., 2009; de Groot et al., 2010; Ruckelshaus et al., 2015; Drakou et al., 2017). En annen utfordring er koplingen mellom naturvitenskapelige og samfunnsvitenskapelige tilnærminger som vanskeliggjør tolkning av miljødata i en økonomisk sammenheng (Collins et al., 2011; Sagoff, 2011), noe som er spesielt viktig for kvantifisering av nytten og kostnader av miljøpåvirkninger (Olander et al., 2017).

I praksis er det derfor vanskelig å utlede nåverdi av tiltak som berører naturen, og dette gjør det vanskelig å følge metoden til punkt og prikke. Norske veiledere for NKA peker imidlertid på at målet ikke er å finne nåverdi (selv om det er ønskelig), men «å klarlegge, synliggjøre og systematisere virkningene av tiltak og reformer før beslutninger fattes» (DFØ, 2018, s. 40). Muligheten til å vurdere

virksomheter kvalitativt er den viktigste forskjellen fra teoretisk NKA. Prinsippet er klargjort i regelverket (Finansdepartementet 2014, §6.1, §6.1.8):

*«Nytte- og kostnadsvirkninger skal verdsettes i kroner så langt det er mulig og hensiktsmessig. Kalkulasjonsprisene som benyttes til dette skal reflektere verdien av de ressursene eller innsatsfaktorene som inngår i tiltaket i deres beste alternative anvendelse. Nytte- og kostnadsvirkninger som ikke lar seg verdsette i kroner, skal også vurderes [...] Dersom det er virkninger av tiltaket som ikke lar seg verdsette i kroner, skal disse kartlegges og omtales på en måte som gir grunnlag for å vurdere hvordan virkningene påvirker samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Dette kan gjelde kvalitet, sikkerhet, miljø, personvern, trygghet m.m. Disse virkningene kan ofte beskrives kvantitativt, men der dette ikke er mulig bør en tilstrebe en best mulig kvalitativ beskrivelse. Informasjonen må presenteres slik at det gir beslutningstakeren grunnlag for å ta hensyn til dette i vurderingen av ulike alternativer.»*

En mer filosofisk diskusjon om NKA i akademia og blant brukere er om metoden som sådan er godt egnet til vurdering av miljørelaterte tiltak. Her utfordrer en del økonomer og samfunnsvitere den normative siden ved metoden og beslutningsregelen basert på samfunnsøkonomisk nytte. Dette har blitt beskrevet som NKAs normative, positive og kognitive rolle. Den «normative rollen» til NKA anser metoden som den viktigste faktoren i en beslutning. Den positive rollen, derimot, framhever at NKA er et av flere elementer i beslutningsgrunnlaget (Hammitt, 2013; Nyborg, 2014). Den kognitive rollen framhever NKA som en modell for strukturering av kunnskap. Struktureringen som kreves av metoden gjør at forvalteren er nødt til å stille relevante spørsmål og vurdere alle sider av problemet, og skal sikre at beslutninger som er basert på holdninger og subjektive vurderinger unngås (Sunstein, 2000; Sunstein, 2018). Sett fra det positive og spesielt fra det kognitive perspektivet, trenger man ikke å ha full informasjon eller kvantifisert netto-nytte for å gjennomføre eller ha nytte av en NKA, i tråd med de norske veilederne.

Det finnes andre metoder og beslutningsmodeller som har samme formål som en NKA. Multikriterieanalyse (MKA) bruker andre måter, basert på relative vektter, til å kvantifisere effekter (Lindfors, 2021). Denne metoden hevdes å gi en mer detaljert vurdering av økosystemtjenester (Saarikoski et al., 2016). Samtidig har vektleggingen i prinsippet de samme utfordringene som verdsetting der ulike effekter er forsøkt målt opp mot samme skala for å kunne sammenlikne dem og resultatet av avveiningen må tolkes med hensyn til forutsetningene. Metoden er heller ikke like godt integrert i krav til offentlig forvaltning som NKA, men er godt beskrevet i samfunnsøkonomisk litteratur (e.g., Greco & Munda, 2017).

I denne artikkelen bruker vi NKA som en etablert og anbefalt metode i Norge, også når det gjelder miljøtiltak. Her vurderes bruk av rensefisk som et prosjekt som vurderes avvirket. Situasjonen uten dagens omfattende bruk av rensefisk er dermed nullalternativet i denne sammenheng.

Innledningsvis har vi definert problemstillingen og nevnt positive og negative effekter av rensefiskbruk. Nedenfor presenterer vi en grundigere kartlegging av disse effektene og kvantitative vurderinger er gjort der det er mulig og relevant. Vi vurderer positive og negative effekter knyttet til bedriftsøkonomisk lønnsomhet, fiskevelferd, miljø og ressursbruk. Vitenskapelige publikasjoner og rapporter relatert til bruk av rensefisk i oppdrett brukes som datagrunnlag. I tillegg er fordelings-effekter drøftet. Samlet danner disse vurderingene et grunnlag for diskusjon av samfunnsøkonomisk

lønnsomhet fra ulike perspektiver, noe som gjenspeiler en reell utrednings- og beslutningsprosess i forvaltningen. Avslutningsvis, drøfter vi begrensninger av analysen og metodiske implikasjoner.

### Boks 1. Flytdiagram for gjennomføring av en samfunnsøkonomisk analyse.



Kilde: Veileder i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ 2018).

### Boks 2. Oversikt over ulike verdsetningsmetoder

	TILNÆRMING	TYPE VERDI	VANLIGSTE VERDSETTINGSMETODER
FAKTISK MARKED	Markedsbasert	Bruksverdi	Markedspriser, kostnader ved forebyggende tiltak, kostnader ved å erstatte tapte miljøgoder m.m.
PARALLELLE MARKEDER	Avslørte preferanser	Bruksverdi	Hedonisk prising (eiendomspriser, lønninger) Reisekostnadsmetoden
HYPOTETISKE MARKEDER	Uttrykte preferanser	Bruksverdi og ikke-bruksverdi	Betinget verdsetting (verdsettsstudier) Samvalgsanalyser (valgekspesimenter)

Kilde: Veileder i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ 2018).

## Positive og negative effekter av rensefisksbruk

Rensefisksbruk fører til et mangfold av direkte og indirekte effekter og påvirker ulike verdier i samfunnet. Figur 2 skisserer de viktigste (men ikke alle) effektene og sammenhengene, som vi har gruppert i fire temaer:

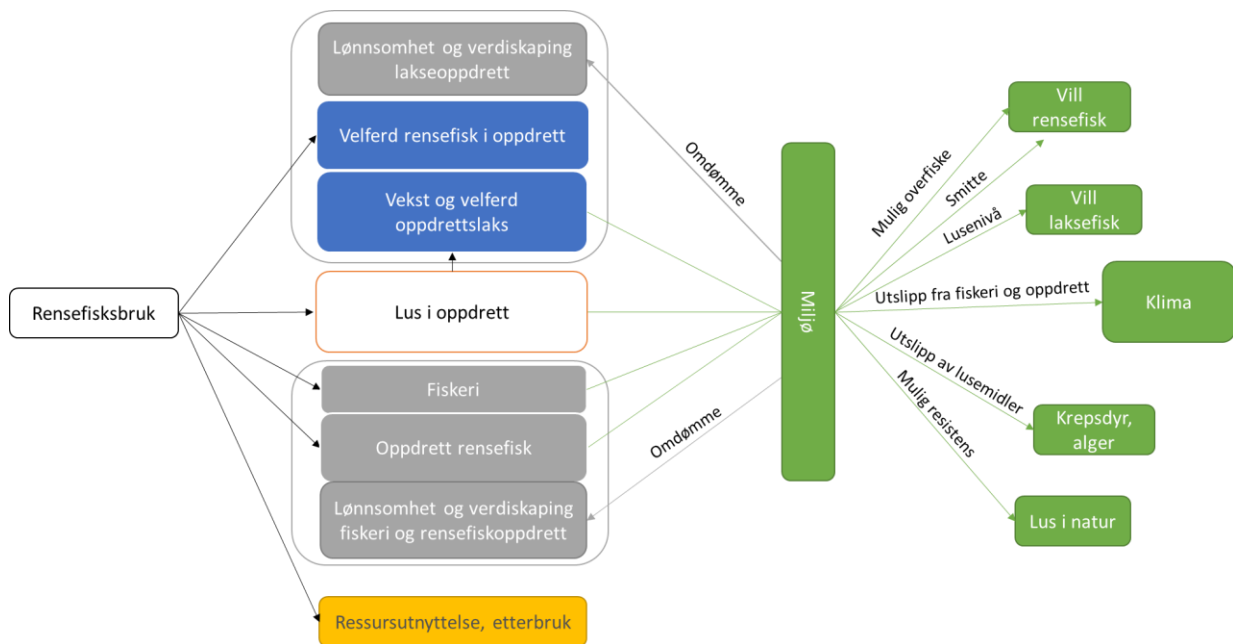
- 1) Fiskevelferd i oppdrett (laks og rensefisk)
- 2) Økonomiske effekter knyttet til oppdrett og fiskeri
- 3) Miljøeffekter
- 4) Ressursutnyttelse

De ulike effektene henger sammen. Dette gjelder for eksempel fiskevelferd og økonomi. Den direkte effekten av rensefiskbruk er på lusenivå i merdene. Rensefisk skal spise lus av laks og dermed redusere smittepåslag. Videre påvirker lusenivået vekst og velferd til oppdrettslaks, dens kvalitet og dermed kostnader og inntekter til oppdretterne. Lønnsomheten til oppdrettselskapene påvirker slik verdiskapingen i samfunnet. Videre kan økende etterspørsel etter rensefisk ha negative effekter på ville bestander (spesielt for leppefiskarter), men positive økonomiske effekter for fiskerinæring. Samtidig har etterspørselen etter rensefisk skapt den nest største oppdrettsaktiviteten i landet med sine inntekter, ringvirkninger og sosiale effekter. I tillegg er bærekraftig bruk av ressurser et tema som er direkte knyttet til bruk av rensefisk. Det diskuteres om dette er den beste bruken av bioressurser både med tanke på økonomisk effektivitet og etiske/dyrefelferdsmessig. Fiskeri og oppdrett utgjør også en belastning på miljøet i form av klimagassutslipp og andre eksternaliteter. Dette kan føre til motstand til disse næringene i samfunnet.

Mengden utslipp av luselarver i miljøet er påvirket av mengde lus i merder, og påvirker velferden og overlevelsen til vill laksefisk. Bruk av rensefisk har positive miljøeffekter når antall kjemiske behandlinger blir redusert og lusetallet på laksen går ned. I tillegg bidrar den til bedret fiskevelferd hos oppdrettslaksen. Det er også knyttet en mulig miljørisiko til overføring av smitte fra rømt rensefisk, genetisk påvirkning på villfisk og potensiell resistensutvikling hos lus. Miljøeffektene har en økonomisk dimensjon (som ikke er visst i figuren). For eksempel er bedre overlevelse av vill laksefisk og andre arter positivt for aktiviteter og næringer som utnytter disse ressursene, som sportsfiske etter laks og kommersielt rekefiske. En god bestand og kvalitet på disse ressursene gir økt verdiskaping og er viktig for å bevare kulturelle verdier og kan videre gi økt betalingsvillighet for produktene.

Alle disse effektene må vurderes med hensyn til fordeling av kostnader og nytte mellom ulike grupper i samfunnet. Nedenfor følger en mer systematisk gjennomgang av tilgjengelige data om de fire temaene og de vurderingene som er gjort av direkte og indirekte effekter på samfunnet.





Figur 2 Effekter av rensefisksbruk

## Fiskevelferd i oppdrett (laks og rensefisk)

### Oppdrettslaks

Rensefisk sin evne til å spise lus av laks og dermed redusere smittepresset på oppdrettslaksen er den viktigste positive effekten og grunnen til bruk av fisken i oppdrett. Den samlede effekten av rensefisk for hele næringen er per i dag ukjent. I kontrollerte forsøk i kar og små merder ble det registrert fra 28 % til 100 % reduksjon av lus, men resultatene er så langt ikke replisert i store kommersielle anlegg (Overton et al., 2020). Rensefisk har ikke lus som sin primære føde. Tilgang på annen mat og ulike miljøfaktorer påvirker dens spisemønster, og mange av disse faktorene kan ikke påvirkes av oppdrettere. I tillegg har ulike lokaliteter forskjellige rutiner når det gjelder rensefisk. Derfor er det vanskelig å forutsi effekten på lusenivå ved hvert utsett.

Barrett et al. (2020) analyserer data om forekomst av lus, lusebehandlinger og utsett av rensefisk i 488 lokaliteter mellom 2016–2018 og finner at antall rensefisk ikke var korrelert med lusenivået. Selv om dette ikke betyr at rensefisken ikke hadde effekt, tyder resultatet på at nytten er betinget og svært variabel. Utsett av rensefisk tidlig i produksjonen førte til litt lengre tid før første lusebehandling. Det ble også funnet en positiv effekt av tidlig utsett av rensefisk med reduksjon av lusenivåer i 12 uker. Effektene var imidlertid små og varierte mye mellom lokalitetene. I tillegg gjaldt disse kun i produksjonsområdene 2–8 i sør der en kombinasjon av rensefiskarter er brukt. I områdene 9–13 i nord der kun rognkjeks er brukt var ikke effektene signifikante. Det ble også registrert nedgang i vekstrate hos lus etter utsett av rensefisk, men veksten var i gjennomsnitt fremdeles positiv. Den samlede effekt for næringen kan antas å være null, hvis man konkluderer fra denne studien. Man må imidlertid ta hensyn til usikkerheten som beskrevet i Barrett et al. (2020). I studien analyseres det faktiske lusenivåer og mengde rensefisk i en statistisk modell. Resultatene viser at i mange tilfeller førte ikke store mengder rensefisk til mindre lus. Samtidig, vet vi ikke hva lusenivåene ellers skulle ha vært. Det er mulig at utsett av store mengder rensefisk faktisk har en signifikant effekt i den forstand at det holder lusenivået nede. En annen tilnærming kan være å bruke modellerte lusenivåer, som

predikerer mengde lus utfra utsett av rensefisk og relevante miljøparameterne, slik som tettheten mellom lokalitetene, temperatur, strøm, spredning av lus og annet. Effekten kan også bli tallfestet på et lokalt nivå for å gi et bilde av variasjon og eventuelt sette opp en NKA for ulike områder. Dette forutsetter tilgang til detaljerte data om produksjon og miljø, samt avansert registrering av rensefisk utover pålagte rutiner. Dette er ressurskrevende aktiviteter som øker kostnadene og er ikke utført.

Å verdsette effekten på velferd av laks som følge av lavere lusenivåer er heller ikke enkelt fordi det er en ikke-bruksverdi som ikke observeres direkte i markedet. For matproduserende husdyr er det ofte konsumenten sin holdning som benyttes for å bestemme denne type verdi. Den estimeres gjerne som betalingsvillighet (WTP) for produkter som er sertifisert med hensyn til dyrevelferd. Clark et al. (2017) finner at WTP for fiskevelferd generelt er mindre enn for andre husdyr, men man finner som regel en positiv WTP i slike studier.

I en studie som bruker en betinget verdsettingsmetode, var 48 % av respondentene villige til å betale 25 % prispremie for oppdrettet ørret som er sertifisert for god velferd (Solgaard & Yang, 2011). Ved hjelp av et valgeksperiment fant forskere at norske konsumenter i gjennomsnitt ville betale over 50 NOK/kg over standardpris på 100 NOK/kg for filet av laks hvis den var produsert med god velferdsstandard (Ellingsen et al., 2015). Et tidligere eksperiment av Olesen et al. (2010) dokumenterer en prispremie på 2 euro/kg (15 %) for økologisk og velferd-sertifisert laks. I et annet valgeksperiment i Norge (Grimsrud et al., 2013) ble ikke bare konsumenter, men også et utvalg av husholdninger spurt om de ville betale en skatt for bedre velferd hos laks. Den gjennomsnittlige husholdning hadde her en positiv betalingsvillighet for bedre helse på 613 kr per år og for mindre lus på 951 kr per år hos laks. For en NKA er husholdningenes betalingsvillighet mest relevant. Korrigert for dagens priser tilsvarer det sistnevnte estimatet 1202 NOK per år. Antall husholdninger i Norge er i dag 2,5 millioner ifølge Statistisk Sentralbyrå (SSB, 2022). Samlet betalingsvillighet for mindre lus er derfor over 3 milliarder NOK per år om man bruker resultatene fra Grimsrud et al. (2013). Hvor stor nedgang i lusenivå denne summen tilsvarer er uspesifisert, men ofte har respondenter i slike studier den samme betalingsvillighet for små og store endringer. Dette er en av begrensningene i verdsettingsmetode basert på uttalte preferanser (Carson, 1997). For et mer nøyaktig estimat av betalingsvilje for effekten av rensefisk, kan en egen studie gjennomføres med et design tilpasset forskningsspørsmålet, hvor man spør om betalingsvillighet for en spesifisert nedgang i lusenivå og velferdsplager hos laks som følge av bruk av rensefisk. Slike studier er relativt ressurskrevende, men ganske vanlige.

En annen effekt knyttet til bruk av rensefisk er at den kan overføre sykdom til oppdrettslaks, men denne risikoen er vurdert som liten for de fleste kjente laksesykdommer (Murray, 2016). Vi velger derfor å se bort fra denne effekten her.

### **Rensefisk (med fokus på rognkjeks som et eksempel)**

Mens bruk av rensefisk som regel har positiv effekt på laksens velferd, får selve lusespiserne ofte dårlig velferd. Dette har ikke vært et stort tema i norsk samfunnsliv, forvaltning eller forskning inntil nylig. Veterinærinstituttet sin årlige undersøkelse samler data om sykdom hos oppdrettsfisk og villfisk og den inkluderte spørsmål om rensefisk først i 2016. I 2018 startet Mattilsynet sin *rensefiskkampanje* som resulterte i den første systematiske datainnsamling og kartlegging av rensefiskens velferds-situasjon (Mattilsynet, 2019).

Oppdrettere bruker ofte en blanding av flere rensefiskarter. Når vi ser på en av artene som brukes oftest, rognkjeks, er statistikken tydelig. Resultatene fra spørreundersøkelsen fra Mattilsynet viser omfattende dyrevelferdsutfordringer hos rognkjeks i sjøanleggene, ofte som resultat av kunnskapsmangel og dagens teknologiske begrensninger. Det er estimert høy dødelighet hos oppdrettet rognkjeks; i gjennomsnitt dør 46 % mellom utsett og utslakting i laksemerd. De laveste tallene er i Nord-Norge (21 % i gjennomsnitt) og de høyeste i Sør-Norge (57 % i gjennomsnitt) (Stien et al., 2020). Årsakene er ugunstig næring, stress, skader, høye temperaturer, sterk vannstrøm og sykdom (Garcia de Leaniz et al., 2022; Grefsrud et al., 2019; Mattilsynet, 2019). Veterinærinstituttet (Sommerset et al., 2022) viser til at det er lite forskning på dette området med kun seks registrerte dyreforsøk i 2020 med formål å bedre velferden til rensefisk. Noe innsikt har man imidlertid fått de siste årene.

Det stilles krav om å sortere ut all rensefisk før hver lusebehandling og før laksen skal slaktes (Akvakulturloven, §20). I praksis fungerer dette dårlig ettersom det ikke finnes en god metode for rask og effektiv utfisking. Ikke-medikamentell avlusing er derfor en av de hyppigste dødsårsakene for oppdrettet rognkjeks. På den andre siden representerer utfisking en annen form for håndtering som kan påføre unødvendig stress på rensefisken. Data fra rensefiskkampanjen viser at de som praktiserer utfisking ikke nødvendigvis har lavere dødelighet (Stien et al., 2020).

Håndteringen etter bruk er også problematisk. Den gjenværende rognkjeks er som regel for stor til å kunne gjenbrukes i neste lakseutsett og avlives derfor enten på lokaliteten eller på slakteriet. I noen tilfeller er det ingen rognkjeks eller annen rensefisk igjen ved slaktetidspunktet (Størkersen & Amundsen, 2019). Tilbakemeldinger fra oppdrettere viser at registrering av antall tapte rensefisk er teknisk utfordrende, og ofte vet man ikke hvor rognkjeks og leppefisken blir av og hva som forårsaker svinn. Et ukjent antall rognkjeks rømmer, noen blir spist av laks, andre dør og går fort i oppløsning uten at det blir registrert.

Rognkjeks er sårbar for sykdom og spesielt utsatt for bakterielle infeksjoner som atypisk furunkulose. I Mattilsynet sin undersøkelse vurderte 35 % av respondentene sykdom som en svært hyppig årsak til dødelighet. Det pågår et arbeid med å utvikle, men det finnes fortsatt ikke effektive vaksiner mot de fleste sykdommene. Tilstanden for rognkjeks med hensyn til sykdom vurderes derfor som «langt fra ønsket» (Grefsrud et al., 2021).

Når det gjelder fôr og ernæring, skjer det mye utprøving på lokalitetene. Oppdrettere bestemmer selv hvilken type fôr, -teknologi og -regime som skal brukes på lokalitetene. Oppdrettere praktiserer også forskjellige rutiner for sulting av rognkjeks for å fremme lusespising. Det er imidlertid funnet at sulting er positivt korrelert med dødelighet (Stien et al., 2020).

I matfiskanlegg lever rognkjeks i et miljø som i utgangspunktet er spesialtilpasset laks. Til tross for tilrettelegging med skjul, spesialfôr og overvåkning, stilles det spørsmål om et slikt fremmed miljø gir forutsetninger for god velferd for rognkjeks. Ifølge oppdrettere er sterk strøm en stor utfordring for rognkjeks, men ikke nødvendigvis knyttet til høyere dødelighet. Høy vanntemperatur rapporteres som et større problem for rognkjeks i sør enn i nord. Stress, skader, lav salinitet og lite oksygen under håndtering på lokaliteten og transport, utfisking og lusebehandling påvirker også velferden negativt viser en nyere studie (Stien et al., 2020).

I tillegg til tilsynelatende dårlig velferd under livsfasen, vet man ikke om rognkjeks alltid blir avlivet på en human måte. Eksisterende bedøvelse- og avlivningsmetoder for laks viser seg ikke å fungere veldig bra for rognkjeks (Foss et al., 2021). I tillegg viser Mattilsynets spørreundersøkelse at bare 58 % av oppdretterne alltid bedøver fisken før avlivning på lokaliteten, mens resten ikke gjør det hver gang. Noen (4 %) bedøver aldri rensefisk ifølge undersøkelsen (Størkersen & Amundsen, 2019). Mesteparten av rensefisken følger med laksen til slakteriet og blir avlivet der. Her benyttes det ofte el-bedøvning. Fiskehelseeksperter påpeker at el-bedøver ikke er godkjent for rognkjeks (Sommerset et al., 2022).

Hvordan kvantifiserer man omfanget og endringen av dette dyrevelferdsproblemet? Det finnes ingen tall som dekker alle sider av dette, men dødelighetstall, sykdomsforekomst og andre fysiske parametere kan brukes. I likhet med laksevelferd, er velferden til rognkjeks i oppdrett en ikke-bruksverdi, og det skal brukes samme verdsettingsmetoder for å uttrykke denne verdien i kroner. Tidligere ble det referert til studier for matfisk av laks og ørret. Vi kjenner imidlertid ikke til noen studier som estimerer verdien eller undersøker holdninger til situasjonen for rensefisken sin velferd i befolkningen. Verdiene for matfisk kan bli brukt som et estimat i en NKA, men usikkerheten er stor ved slik verdioverføring. Eventuell egen studie for å estimere betalingsvillighet er mulig å gjennomføre gitt at nødvendige ressurser er tilgjengelige.

### **Økonomiske effekter knyttet til oppdrett og fiskeri**

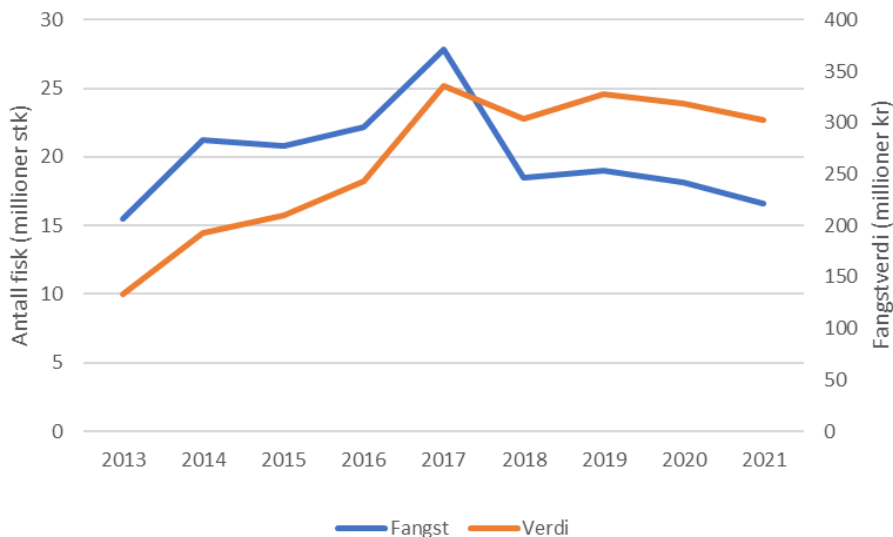
Lønnsomheten og verdiskapingen i lakseoppdrett, rensefisksoppdrett og fiskeri endres som følge av økende rensefiskbruk. Mindre lus betyr ikke bare bedre miljøtilstand og fiskevelferd for laksen, men som følge av dette også bedre tilvekst og kvalitet på oppdrettslaksen. Denne effekten gjenspeiles i høyere salgspriser og lavere produksjonskostnader. Samtidig er det vesentlige kostnader forbundet med holdet av rensefisk. Netto nytte kan estimeres ved hjelp av bioøkonomiske modeller eller en statistisk analyse. Databehov for en slik analyse representerer imidlertid en stor utfordring ettersom dette krever svært detaljerte data fra et representativt utvalg av bedrifter.

Kostnadssiden av rensefisksbruk er analysert i flere vitenskapelige studier i Norge. Ifølge Iversen et al. (2017) er de største postene knyttet til innkjøp av fisken, ekstra notvask og arbeidsbehov. Prisen på rensefisk har vært økende og er i dag på cirka 19 NOK per stk for rognkjeks, og opp mot 90 NOK/stk for oppdrettet berggyllt. I tillegg gir transportkostnader, ekstra utstyr som skjul og fôringsautomater og spesialfôr for rensefisken oppdretteren økte utgifter. Modellert kostnad per kilo laks var beregnet til 1,25 NOK basert på data frem til 2016. Foss et al. (2021) peker i en nyere rapport på ekstra kostnader knyttet til vaksinerings av fisken og utsortering og bedøving ved slakt. I en modell utviklet for rognkjeks i denne rapporten ble samlede kostnadene estimert til 0,68 kr/kg produsert laks. Variasjon i estimatene skyldes forskjellene i modellforutsetningene og utviklingen i rensefiskbruk over tid. Det er likevel klart at rensefiskhold gir betydelig økte kostnader, mens den samlede nytten er udefinert.

Bruk av rensefisk kan også ha betydning for bedriftenes omdømme. Rensefisk som metode for lusebekjempelse har vært vurdert av myndighetene som bærekraftig. Flere «grønne» tillatelser ble tildelt på grunnlag av at aktørene skulle bruke rensefisk og ha færre medikamentelle behandlinger. Rensefisk bidro slik til å fremme selskapenes status som bærekraftig, noe som kan ha en økonomisk verdi gjennom blant annet økt aksjeverdi og tilgang til markeder (Brooks & Oikonomou, 2018). Når velferdsutfordringene knyttet til rensefisk blir stadig mer omtalt, kan det gi en motsatt effekt siden

negativ informasjon om miljøeffekter påvirker investorene og selskapenes verdi synker (Bouzzine, 2021). Størrelsen av denne effekten kan likevel være beskjeden for store oppdrettere.

Etterspørsel etter rensefisk fra lakseoppdrett skaper mer aktivitet hos leverandører. Mens innkjøp av rensefisk, fôr og utstyr er en kostnad for lakseoppdrettere, er det inntekter for det som har utviklet seg til å bli en rensefisksindustri. Over 17 tonn rognkjeks og rognkall er fisket i 2020 til stamfisk for oppdrett, mens i 2021 gikk fangstene ned til 13,5 tonn (Fiskeridirektoratet, 2022). Pris for rognkjeks (hunn) var i snitt 327 kr/kg i 2020 og 501 kr/kg i 2021 ifølge Norges råfisklag. Dette tilsvarer en fangstverdi på henholdsvis 5,6 og 6,8 millioner NOK. Leppefiskkvoten i 2020-2022 var 18 millioner dyr. Bergnebb og grønngylt utgjør nesten 90 % av villfanget leppefisk, mens berggylt utgjør de resterende 10 % av fangstene. I 2021, fisket 490 fartøy leppefisk ifølge Fiskeridirektoratet (2022a). Figur 3 viser utviklingen av fangst og verdi de siste årene. Etter en økning fra 2013 til 2017, er tallene synkende med samlet verdi på rundt 300 millioner NOK i 2021.



Figur 3 Fangst og verdi av leppefisk i perioden 2013-2021 (Kilde: Fiskeridirektoratet, 2022a)

Antall oppdrettsselskaper i rensefiskssektoren har vært økende med rundt 30 registrerte aktører og 44 tillatelser for rensefisksoppdrett per 2021. Det ble solgt 27 millioner oppdrettet rognkjeks i 2021, til en verdi av 510 millioner NOK (Fiskeridirektoratet, 2022b). I samme periode var det omsatt 2,6 millioner oppdrettet berggylt til en verdi av 181,5 millioner NOK.

Økende aktivitet på leverandørsiden skaper ringvirkninger, sysselsetting og skatteinngang. Det finnes ikke noen estimater på verdiskaping spesielt for rensefisksoppdrett, men for en grov tilnærming kan man sammenlikne med smoltproduksjon. Ifølge Lønnsomhetsundersøkelse for laks og ørret (Fiskeridirektoratet, 2021) er kostnader per produsert smolt 15,52 NOK. Kostnadene innebærer innkjøp av rogn, fôr, fiskehelsetjenester (vaksinasjon), lønn, avskrivning, energi og annen driftskostnad. De fleste av kostnadene (utenom avskrivning, finanskostnader og lønn) reflekterer utbetalinger til leverandører. Det betyr at direkte ringvirkninger per produsert smolt er cirka 11 NOK. Antar vi den samme kostnadsstrukturen i rensefisksproduksjon, kan vi regne med rundt 325,6 NOK millioner i direkte ringvirkninger fra 29,6 millioner oppdrettet rensefisk solgt i 2021.

## Miljøeffekter

Flere miljøeffekter, positive og negative, knyttet til bruk av rensefisk er aktuelt å vurdere i en NKA. Bedring av forhold for villaks, sjøørret og røye grunnet tilsynelatende mindre lus i miljøet er en av de forventede effektene. Marine arter som er sårbare for kjemikalier brukt i lusebehandling kan også få bedre miljø når rensefisk brukes av de fleste oppdrettere i stedet for kjemikalier. Muligheten for overfiske av rensefisk, rømming av rensefisk og klimaeffekter av rensefiskoppdrett og fiskeri skal også vurderes. En annen mulig miljøeffekt knyttet til rensefiskbruk er at lus kan utvikle resistens mot rensefisk gjennom tilpasning av farge og størrelse (Coates et al., 2021).

## Ville laksebestander

En stor utfordring i en økonomisk analyse av disse miljøeffektene er at vi ikke har skadefunksjon, det vil si et kvantitativt uttrykk av sammenhenger mellom bruk av rensefisk og konsekvenser. For eksempel er sammenhengen mellom bruk av rensefisk på lusenivå hos laks i oppdrett og videre på villaks og til slutt på overlevelse av ville laksebestander ukjent. Disse sammenhengene er komplekse, de er dynamiske og trolig også lokalspesifikke. Det er utviklet modeller for å estimere lusepåslag på utvandrende smolt basert på data om luseutslipp fra oppdrett som kan gi innsikt (Johnsen et al., 2021; Sandvik et al., 2020), men det finnes ingen modeller som kobler alle ledd sammen og predikerer bestandseffekt for villaks som en funksjon av rensefiskutsett. Uten konkrete tall kan ulike scenarier av påvirkning på villaks fungere som grunnlag for verdsetting av effekter på villaks i en NKA. Selve verdsettingen kan blant annet gjøres ved hjelp av WTP-studier.

Folk i Norge bryr seg om villaks - både rekreasjonsfiskere og samfunnet ellers. En av de viktigste økosystemtjenestene forbundet med god tilstand av villaks, sjøørret og sjørøye er kulturelle tjenester knyttet til lang historie med laksefiske i Norge (Liu et al., 2019). Vi kjenner ingen vitenskapelige studier som undersøker velferdsverdien for villaks spesielt. Den inngår sannsynligvis i en «miks» av verdier der både vår egen (fiskerens) nytte og laksens egenverdi vurderes. Ikke-bruksverdier i lokale norske studier på 1990-tallet varierer mellom 10-130 NOK per person (Navrud, 2001). Verdien av rekreasjonsfiske var målt ved hjelp av reisekostnadsmetoden og betinget verdsetting, og varierer mellom 40 og 600 kroner per fiskedøgn, men disse tallene er utdaterte. Nyere økonomisk forskning ser vanligvis bort fra eksistensverdi, velferd og andre ikke-bruksverdier av villaks. I stedet estimeres det verdier for påvirkning av miljøendringer, på etterspørsel hos rekreasjonsfiskere og inntekter for turistindustrien. Disse verdiene kan lettere måles. Flere analyser er gjort på bestandsnivå i forbindelse med behandling av elver mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* (Andersen et al., 2019). Analysene beregner verditap som følge av infeksjon i form av direkte virkninger for grunneiere og øvrig næringsliv. For eksempel var det estimert at verdien av Driva-bestanden falt 241 millioner NOK som følge av *G. salaris*-infeksjon. Kvantifisering og økonomisk verdsetting av effekten var mulig i dette tilfellet fordi parasitten fører til nesten total utryddelse av villaksen om den ikke behandles.

Lakselus er ikke like farlig for laks som *G. salaris*, men det er påvist at høye lusenivåer påvirker villaks, sjøørret og røye negativt og at vedvarende belastning kan true laksebestanders eksistens (Anon., 2012). Siden det ikke har vært mulig å tallfeste den bestandsregulerende effekten av lus på villaks presist, har bioøkonomiske modeller blitt brukt. Et eksempel er en analyse av Olaussen et al. (2015) som viste at det er en relativt liten nedgang i nytte for fritidsfiskere (12-16 %) som følge av 60 % økning i dødelighetsrate hos smolt. Ikke-bruksverdier påvirkes først når bestanden er på et veldig lavt nivå og tilgangen til å fiske reduseres betydelig eller fjernes.

Lakselus påvirker også sjøørret og røye, og for disse artene er datagrunnlaget ikke like omfattende som for laks. Men i utgangspunktet, skulle også disse artene verdsettes i en NKA.

### Effekt av lusemidler på marine dyr

Når det gjelder marint miljø, er det flere dyrearter som er påvirket av lusemidler når oppdretter bruker det i stedet eller i tillegg til biologisk kontroll. I en gjennomgang av vitenskapelige resultater (Urbina et al., 2019) konkluderes det med en negativ effekt av vanlige lusemidler på det marine miljøet nær merdene. Påvirkningen er avhengig av art og lokale miljøforhold.

Det finnes en del studier som kvantifiserer dødeligheten i kontrollerte eksperimenter og ved hjelp av modeller. Diflubenzuron (DFB) er et av de vanlige lusebehandlingsmidlene som er testet på marine dyr. Moe et al. (2019) predikerer en nedgang i en hypotetisk påvirket rekebestand på mellom 8 %-99 %, avhengig av scenario. Flere eksperimenter er gjort med et annet lusemiddel - hydrogenperoksid ( $H_2O_2$ ). I kontrollerte forsøk med reker (*Pandalus borealis*), ble det registrert 50 % dødelighet etter 2 timer i vannet med en  $H_2O_2$  konsentrasjon på 15 mg/L (Bechmann et al., 2019). Escobar-Lux et al. (2019) registrerer 100 % dødelighet hos voksen Calanus av ulike arter etter 1 time i vannet med en  $H_2O_2$  konsentrasjon på 170 mg/L (10 % av det som er anbefalt for lusebehandling). Det er påvist at stoffet blir lenge nok i miljøet til å påvirke dyrene i nærheten av anlegget (Carlsson et al., 2021). Alger er også følsomme mot middelet. Refseth et al. (2019) konkluderer at det sannsynligvis vil oppstå effekter på lokale samfunn etter utslipp.

Kvantifisering av effektene av lusemidlene er utfordrende: «Siden dynamikken i økosystemer ikke er helt forstått, er det komplisert å ekstrapolere påvirkninger til større områder, f.eks. hele norskekysten. Kompensasjons-mekanismer eller kaskade-virkninger er vanskelig å forutsi» (Refseth et al. 2019, s. 7).

Der bruk av rensefisk medfører reduksjon i utslipp av lusemidler, vil sannsynligvis miljøkvaliteten bedres og påvirke forholdene for kommersiell aktivitet (som rekefiske) positivt. Ikke-bruksverdier blir også spart. Det er imidlertid nærmest umulig å tallfeste disse sammenhengene i et økosystem med mange miljøfaktorer som påvirker ville bestander og fangst. Velferdseffekter på villfisk og andre dyr er derfor også ukjente. Holdningene til dyrevelferd i befolkningen kan derfor være viktige for å vurdere denne type effekt. Men vi vet dessverre også lite om disse holdningene. På et overordnet nivå er nordmenn positive til vern og restituering av marine økosystemer og har positiv betalingsvillighet for det (Ankamah-Yeboah et al., 2020; O'Connor et al., 2021), men det trenges egne studier for å få frem holdninger til og verdier av arter og økosystemer som er påvirket av oppdrett.

Når det gjelder mulig resistensutvikling hos lus mot rensefisk, gir ikke dagens kunnskap mulighet til å estimere sannsynlighet og eventuelle effekter av dette. Økonomisk effekt knyttet til resistensutvikling hos lus kan finnes ved å vurdere kostnader for alternative lusebehandlinger.

### Villfanget rensefisk

Vill rensefisk påvirkes også av økt bruk i oppdrett. I produksjonen av rognkjeks-ungel benyttes villfanget stamfisk. Det er behov for tilgang på stamfisk hele året. I 2021 ble det fisket 13,5 tonn levende rognkjeks (og rognkall) til stamfisk. Dette kvantumet inngår i totalkvoten og medfører sannsynligvis ikke noe risiko for overfiske. Kvoten var 400 tonn utilvirket rogn, og det ble tatt 136

tonn av kvoten til rognproduksjon. Det er få båter som fisker kvoten sin og i 2021 leverte kun 30 % av deltagere fangst over 100 kg.

Mens rognkjeksfiske for oppdrett ikke utgjør stor risiko for overbeskatning, kan levendefangst være problematisk med hensyn til fiskevelferd. En ny forskrift (Forskrift om fangst av fisk som skal holdes levende, samt restitusjon og mellomlagring, 2021) som trådte i kraft i 2022 har som mål å sikre god fiskevelferd av fisk som leveres levende.

Fisket etter leppefisk er regulert med totalkvote, geografiske kvoter, kvoter på fartøynivå, i lukket og åpen gruppe. I 2020 og 2021 var totalkvoten 18 millioner leppefisk og var fullt utnyttet. I reguleringen skiller det ikke mellom de ulike leppefiskartene og redskapen som benyttes i fisket selekterer ikke på art.

Når det gjelder leppefisk, har artene ulike livstrategier, utbredelse og bestandsstørrelse, og fisketrykket kan påvirke artene på forskjellig måte. Lokale bestander kan bli utsatt for stort fiskepress. Havforskningsinstituttet (Halvorsen et al., 2021) vurderte berggyllt som mest utsatt for å bli overfisket. Den lever lengst og kjønnsmodnes senest, noe som gjør den attraktiv for bruk i oppdrett, men disse egenskapene samt små naturlige bestander gjør at denne fisken ikke kan hente seg raskt inn igjen etter å ha blitt redusert. Selv om berggyllt bare utgjør rundt 10 prosent av fangstene av rensefisk, er fiskepresset høyt og HI anbefaler å innføre tiltak for å redusere risikoen for overfiske. Bergnebb og grønngyllt utgjør nesten 90 % av leppefiskfangstene i antall. En totalvurdering av bergnebb tilsier at fiskerier i dag ikke utgjør stor risiko for bestanden. Grønngyllt er sårbar for overfiske, men bestanden har vært i positiv utvikling de siste årene. Gressgyllt (*Centrolabrus exoletus*) og rødnebb (*Labrus mixtus Linnaeus*) brukes i begrenset grad som rensefisk og er tallrike. Derfor er det ingen risiko for overfiske av disse (ibid.). Konsekvenser av eventuelt overfiske av leppefiskarter for miljøet er ikke kjent, mens økonomiske konsekvenser for fiskeindustrien er at inntekter fra fiskeriet faller bort. En bioøkonomisk modell kan brukes som en standardløsning for å estimere optimal fiskeinnsats gitt at bestandsdata av sårbare arter er tilgjengelige.

Overføring av sykdom og genetisk påvirkning er en annen risiko som følger med bruk av rensefisk i oppdrett. Oppdrettet rognkjeks kan føre med seg smitte ved rømming og er vurdert som en trussel for vill rognkjeks (Herrmann et al., 2021). Genetisk påvirkning på villfisk som følge av rømming har blitt rapportert for leppefisk (Blanco Gonzalez et al., 2019; Faust et al., 2018). Usikkerheten i de rapporterte rømmingstallene er som nevnt stor på grunn av urapporterte hendelser og utfordringer knyttet til estimering av antall rømte fisk. Erfaringer tilsier at rømming av leppefisk er vanlig (Rueness et al., 2019). Selv om omfanget av rømming ikke er kjent, kan man få et anslag ved å se på rømming av laks. Fiskeridirektoratet oppgir et rømmingstall på cirka 74 tusen laks og ørret i 2021. Regner vi 1–5 rensefisk av ulike arter per 100 laks/ørret, får vi mellom 1 500–7 400 rømt rensefisk.

I en rapport fra Vitenskapskomiteen for mat og miljø (Rueness et al., 2019) understrekes det at risikoen for genetisk påvirkning og sykdom som regel er større når fisk flyttes over store avstander. Komiteen har vurdert at genetiske endringer forårsaket av krysning med importert rensefisk kan ha betydelig negativ innvirkning på lokale bestander av grønngyllt og berggyllt. Hos rognkjeks kan slik kryssing føre til redusert overlevelses- og tilpasningsevne. Genetiske endringer kan bestå og akkumuleres i bestander over tid mens graden av negativ innvirkning er uforutsigbar. Blant sykdommer som kan overføres med fisk, bifangst og vann er både parasitter, virus og bakterier. For leppefisk er det gjelleparasitt *Microcotyle donavini* og flatormer *Macvicaria alacris* og



*Gaevskayatrema perezii* som har størst risiko. Nodavirus, VHSV (viral hemorrhagic septicemia) og salmonid alphavirus utgjør en viss risiko ved flytting av leppefisk, mens ranavirus og VHSV er risikofaktorer for rognkjeks. Bakteriell sykdom som er aktuell for vurdering ved håndtering av leppefisk er *Aeromonas salmonicida*. Når det gjelder rognkjeks, er det *Pasteurella skyensis* og *Piscirickettsia salmonis* som er aktuelle bakteriesykdommer.

Økonomisk verdsetting av konsekvenser av genetisk påvirkning og smitte på villfisk har samme utfordringer som vi har omtalt ovenfor i forbindelse med utslipp og overfiske.

### **Klimaeffekter, påvirkning på kjemisk tilstand i vann, arealbruk og energibehov**

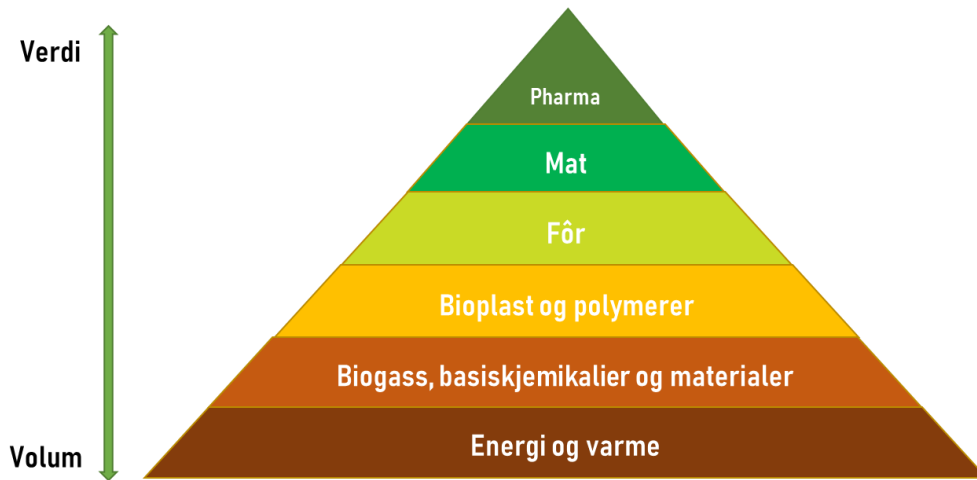
Disse effektene varierer mye mellom ulike scenarioer av rensefiskbruk. Philis et al. (2021) sammenligner effekter av bruken av oppdrettet rognkjeks, oppdrettet leppefisk og villfanget leppefisk i en LCA (life cycle analysis). De finner at bruk av villfanget leppefisk genererer lavest negativ påvirkning, men generelt sett utgjør verdikjeder knyttet til rensefiskbruk en liten del av samlet påvirkning av lakseoppdrett. Ifølge Philis et al. (2021) bidrar disse verdikjedene i gjennomsnitt med 8,02 kg CO<sub>2</sub>, 0,1 kg nitrogen og bruker 1,21 kvadratmeter land per år, 0,65 m<sup>3</sup> av vann og 0,18 GJ av energi per tonn laks.

Siden klimaeffekter er et globalt fenomen, verdsettes de vanligvis på et overordnet nivå, der eksisterende modeller kobler verdens eller regionale temperaturendringer til verdens eller regional inntekt/BNP (Diaz & Moore, 2017). Et prosjekts/tiltaks bidrag til CO<sub>2</sub>-utslipp målt i fysiske enheter er derfor en meningsfull måte å presentere klimaeffekter på i en NKA av et lokalt prosjekt. Andre effekter som for eksempel vurderes sammen med klimagassutslipp i en LCA kan ha en lokal påvirkning og kan verdsettes monetært. For eksempel har energi en markedspris, og lokal påvirkning på vannkvalitet kan verdsettes med hensyn til bruk- og ikke-bruksverdier av biologisk mangfold i vannmiljø.

### **Ressursutnyttelse**

Når rensefisken blir kjønnsmoden er den uegnet som lusespiser. Rensefisk som er igjen etter en produksjonssyklus for laks, ensileres og blir brukt i produksjon av fiskemel og -olje. Ressursen går derfor ikke tapt, i hvert fall ikke den som havner i ensilasje. Denne praksisen er omstridt og det kan stilles spørsmål om ressursen utnyttes der den har høyest verdi.

Verdipyramiden er en ofte brukt modell som beskriver prioriteringer ved bruk av bioressurser sett fra et økonomisk, og sirkulært, perspektiv (Figur 4).



Figur 4 Verdipyramiden for biobaserte næringer (Kilde: Vamza et al., 2021)

Restråstoff som blir igjen etter produksjon av en vare bør brukes så høyt opp i pyramiden som mulig. En generell forutsetning er at produksjon av finkjemikalier<sup>1</sup> gir størst verdi. Produkter for humant konsum og dyrefôr er neste prioritering, og «food first»-prinsippet er et grunnleggende prinsipp for ressursbruk. Om ikke det er mulig å produsere mat fra biomaterialer, kan det gå til produksjon av polymerer, biogass og basiskjemikalier. Forbrenning og bruk av energi og varme er mulighetene som vurderes i siste rekke. Det er selvfølgelig ikke bare verdi av ferdig produkt som avgjør anvendelsen av biomassen. Høye kostnader ved slik produksjon og praktiske utfordringer er ofte årsaken til at biomassen blir til avfall eller ensilasje. Regulering av matproduksjon og veterinære krav kan også hindre effektiv bruk av bioressurser. For eksempel, fisk som dør av sykdom er klassifisert som biprodukt klasse II ifølge EU-reguleringer og kan kun brukes til fôr for ikke-matproduserende dyr, gjødsel, fermentering og tekniske formål. Ensilert rensefisk går i stor grad til biprodukt II i dag. Hvis rensefisk skal inn øverst i pyramiden vil det kreve gode rutiner for utfisking og sortering.

### Pharma og finkjemikalier

Opptil 55 % av biomassen i rognkjeks er skinn og hode, og disse delene er spesielt rike på kollagen, hyaluronsyre og andre stoffer som er etterspurt i produksjon av matkomponenter og legemidler (Blanco et al., 2017; Panagos et al., 2014). Kollagenpulver er vurdert som et aktuelt produkt med høy verdi som kan produseres av rognkjeks. Ifølge Dave et al., 2019 er det 19,5 % kollagen i skinnen av rognkjeks (tørrvekt), noe som er høyere enn for torsk (12,5 %), men lavere enn for laks (27,5 %). Hele fisken inneholder litt over 10 % kollagen, noe som kan være for lavt for kommersiell produksjon. Et annet mulig nytteprodukt er biliverdin, som er stoffet som farger fisken blå og kan produseres av både rognkjeks og berggylt. Stoffet kan ha flere anvendelser i medisin og bioteknologi (Brooker et al., 2018). Det er i begge tilfeller behov for en tekno-økonomisk analyse for å anslå lønnsomheten av produksjoner av stoffer fra rensefisk.

<sup>1</sup> Kjemikalier produsert i lab i små mengder. Anvendes i produksjon av medisiner, kosmetikk, supplementer i mat og annet. Kollagen er et eksempel.

## Mat

Etterbruk av rensfisk til humant konsum vil være avhengig av fiskearten. Rognkjeks er, på grunn av rogn, etterspurt i flere land, særlig som hovedingrediens i kaviarprodukter. Etterspørselen etter rogn har økt med økende betalingsevne blant ulike grupper konsumenter og utviklingen i akvakultursektoren som gjør at kaviar ikke lenger er et luksusprodukt (Sicuro, 2019). Rognkjeksrogn kommer imidlertid fra villfanget fisk, mens oppdrett er utelukkende orientert mot rensfiskmarkedet og fisken lever sjelden til den har utviklet rogn.

I 2021 ble det levert rognkjeks tilsvarende 136 tonn utilvirket rogn (omregnet) i Norge, en nedgang på cirka 86 tonn fra 2020 (Fiskeridirektoratet, 2021). Gjennomsnittlig pris for rogn i 2021 var 52,81 kr/kg ifølge Norges Råfisklaget. Samlet produksjon av rogn på Island, Grønland, Newfoundland, Danmark og Norge har vært rundt 20 000 tønner (1 tønne = 130 l) de siste årene, der Norge produserte rundt 1000 tønner. Norsk eksportstatistikk viser at det meste av saltet rognkjeksrogn går til Sverige der rognen blir brukt i kaviarproduksjon og enten konsumert lokalt eller sendt videre til andre land i EU.

Som hel fisk er rognkjeks egnet til konsum. Selv om proteininnholdet er relativt lavt, er proteinet av god kvalitet. Rognkjeks kan være en god kilde til EPA, DHA og vitaminer. Samtidig har den mye vann i kjøttet og er vanskelig å prosessere, noe som begrenser dens bruk som mat ifølge Ageeva et al., 2021.

Oppdrett av rognkjeks som rensfisk og ensilering etter bruk har en alternativ kostnad, siden det ikke blir produsert noe rogn og selve fisken ikke blir brukt som mat. Det er imidlertid usikkert om oppdrett eller etterbruk av rognkjeks for rognproduksjon vil være kostnadssvarende og om det finnes et marked. Etterspørselen etter rognkjeksrogn har vært stabilt på 20 tusen tønner, basert på villfanget rognkjeks. Det vil derfor neppe være en etterspørsel etter rogn fra oppdrettet rognkjeks.

Etterspørselen etter hel rognkjeks som matfisk i Europa er per i dag beskjeden, med et lite islandsk marked. Island eksporterer også frossen rognkjeks med årlig volum mellom 1 og 2,5 tusen tonn (Statistics Iceland, 2022). Eksportprisene varierte mellom 15 og 35 NOK/kg. Islandsk eksport av rognkjeks er i hovedsak rettet mot det kinesiske markedet (Þórðarson et al., 2018). I Øst-Europa brukes vill rognkjeks på flere måter, eksempelvis varmrøkte produkter og hermetikk. I følge Nøstvold et al. (2016) kunne norsk rognkjeks passet til og eksporteres til asiatiske land som en porsjonsfisk. Markedsforsøk i Sør-Korea viser imidlertid at fisken ikke faller i smak hos lokale konsumenter som syntes at både utseende, smak og tidligere bruk som lusespiser var problematisk (Foss et al., 2021). Lignende kommentarer ble gjort for berggyllt i samme undersøkelse. Leppefisk er ikke etterspurt som menneskemat i europeiske land på grunn av størrelsen og en filet som har mye bein.

Mens det er problematisk å finne et marked for rensfisk for humant konsum, er høye kostnader ved slik etterbruk også en utfordring. En undersøkelse av Foss et al. (2021) viser at etterbruk har ganske høye kostnader per kilo rognkjeks og veldig høye kostnader for annen rensfisk. Modellerte kostnader per kilo rognkjeks eksportert til Asia var i størrelsesorden 34 NOK. Kostnadsmodellen i studien forutsetter at rognkjeks fiskes ut og plasseres i egen merd for oppfôring til markedsstørrelse (ca. 600 gram). Det er imidlertid en del praktiske utfordringer ved dette scenarioet. For eksempel må man finne et slakteri som er godkjent for slaktning av rognkjeks, har frysemuligheter, ikke ligger for langt unna lokaliteten og har kapasitet til å ta imot en viss mengde rognkjeks. Det vil også kreve omfattende omstilling både på lokaliteten og slakteriet å sikre riktig håndtering av rognkjeks.

Tilleggskostnadene man pådrar seg gjennom produksjonsprosessen er betydelige. En stor del av disse kostnadene vil også være faste – slik som røkting, utstyr og transport til slakteriet og vil i liten grad endres om mengden fisk endres.

For berggylt var de estimerte kostnadene for fryst vare til Asia på om lag 78 NOK/kg. I modellen er det antatt at man kan selge all berggylten, også den som er svært liten. Det er rimelig å anta at små fisk vil være vesentlig mindre attraktiv og oppnå lavere priser, om den kan selges i det hele tatt. Dersom man kunne sende berggylten direkte til slakting uten noen ekstra røkte- og fôrkostnader etter uttak av laksen, ville kostnadene blitt redusert til 44 NOK/kg. Med tanke på etterbruk vil berggylt ha de høyeste tilleggskostnadene per kg, fordi mengden fisk som kan selges er relativt liten og kostnadene som påløper stort sett er faste, spesielt knyttet til arbeidskraft og transport til slakteri. Det vil også være betydelige kostnader til slakting og pakking, mens transporten av fryst fisk til markedet ikke er så kostbart. Så til tross for at det kan være et visst potensial i bruk av rensefisk for humant konsum, vil det per i dag ikke være lønnsomt.

## Samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Utgangspunktet for studien var den økende erkjennelsen av dyrevelferdsutfordringer ved bruk av rensefisk i lakseoppdrett og regjeringens krav om at både rensefiskens dyrevelferd og dens «vesentlige bidrag» til lakselusbekjempelse må kunne dokumenteres hvis bruk av rensefisk skal fortsette (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021, s. 37).

Analysen i denne artikkelen har som mål å gi et grunnlag til en diskusjon om nytten av rensefisk i lakseoppdrett oppveier de samlede negative effektene. Valget på å gjennomføre en NKA var DFØs (2020) konstatering av at bruken av samfunnsøkonomiske analyser i forvaltningen er begrenset og burde vært anvendt oftere. Vi ønsket å bidra til en systematisk kartlegging og evaluering av effektene av bruk (og ikke-bruk) av rensefisk. Effektene ble gruppert i fire temaer: fiskevelferd, økonomiske effekter for næringen, miljøeffekter og alternativ ressursutnyttelse. Effektene er sammensatte og påvirker ulike verdier, hensyn og grupper både positivt og negativt, direkte og indirekte. Tabell 1 oppsummerer vår vurdering av nytten av rensefiskbruk og fordelingseffekter. Som tabellen viser finnes det for de fleste av effektene ikke konkrete tall og monetære verdier som kvantifiserer effekten presist. Dette er en utfordring som er svært vanlig for en NKA av prosjekter og tiltak knyttet til natur og miljø, og er en utfordring for ansvarlige myndigheter som gjennomfører NKA. Konsekvensene baseres derfor på subjektive vurderinger av nytten og kostnaden av de ulike virkningene basert på tilgjengelig informasjon. Situasjonen uten dagens omfattende bruk av rensefisk er satt som nullalternativet for vurderingene.

Det er viktig å påpeke usikkerheten ved alle kvantitative og kvalitative vurderinger gitt i tabellen. Alle verdsettingsmetoder har sine svakheter, som er beskrevet i detalj i publikasjoner som det refereres til i teksten. Pluss-minus metoden (DFØ, 2018) brukes for ikke-prissatte effekter og er subjektiv siden vurdering av virkningsgrad som «stor», «liten», «middels», osv. er avhengig av type virkning. Stor usikkerhet i kunnskapsgrunnet for NKA er også en vanlig hindring i forvaltningspraksis.

Tabell 1 Oppsummering av virkningene ved bruk av rensefisk i norsk oppdrett

Virksomheter	Endring i forhold til nullalternativ (uten bruk av rensefisk)	Verdsetting	Vurdering	Fordeling
<b>Fiskevelferd oppdrett</b>				
Oppdrettslaks	Ukjent/ikke bekreftet nytte for hele næringen, men kan føre til lavere lusenivåer og bedre fiskevelferd lokalt.	1202 NOK per husholdning per år basert på Grimsrud et al. (2013), tilsvarer 3,02 milliarder NOK per år forutsatt mindre lus i hele næringen. Estimert prispremie 15-50 % for velferd hos laks/ørret i ulike studier.	Udefinert	Mulig bedre velferd for oppdrettslaks, men på bekostning av rognkjeks sin velferd. Klar negativ effekt på rensefisk.
Rognkjeks	Høy dødelighet (46 %) som følge av stress, skader og sykdom. Sannsynligvis ikke optimal bedøvelse og avlivning hos mange oppdrettere.	Ukjent monetær verdi, men kan være sammenlignbar med estimater for oppdrettslaks.	---	
<b>Økonomiske effekter (oppdrett og fiskeri)</b>				
Lakseoppdrettere	Netto nytte ukjent. Gjelder også omdømme effekt.	Tilleggskostnader knyttet til rensefiskhold kan være mellom 0,68-1,25 kr per kilo produsert laks.	Antageligvis + for enkelte aktører	Mulig lønnsomt tiltak for de oppdrettere som opplever god effekt på lus, men effekten er ikke kvantifisert. Bruk av rensefisk gir leverandørene positiv økonomisk effekt og skaper ringvirkninger for samfunnet. Det fører ikke til økonomiske tap hos andre selskaper.
Leverandører	Etterspørsel skaper aktivitet hos leverandører. Rundt 30 selskaper som produserer rensefisk i 2021. Det ble solgt 29,6 millioner oppdrettet rensefisk i 2021. 13,5 tonn rognkjeks og rognkall er fisket i 2021 til stamfisk for oppdrett. 489 fartøy fisket leppefisk i 2021. Fangst 18 millioner stk.	Salgsverdi av oppdrettet rognkjeks 510 millioner NOK og berggylt 181,5 millioner i 2021.  Fangstverdi rognkjeks til stamfisk over 5,6 millioner NOK i 2020 og 6,8 millioner i 2021.  Fangstverdi i leppefisksektoren er på ca. 300 millioner NOK.	+++	
Ringvirkninger	Leverandører (spesielt rensefisksoppdrettere)	Direkte ringvirkninger fra	++	

Virkninger	Endring i forhold til nullalternativ (uten bruk av rensefisk)	Verdsetting	Vurdering	Fordeling
	som en ny industri) skaper ringvirkninger gjennom innkjøp av varer og tjenester. De skaper også arbeidsplasser.	oppdrett av rensefisk kan være rundt 325 millioner NOK i 2021.		
<b>Miljøeffekter</b>				
Villaksbestander	Ukjent faktisk nytte for villaks og andre anadrome laksearter	Flere verdiesestimater for villaks finnes, men er til dels utdaterte. Ikke-bruksverdier 10-130 kr per person og rekreasjonsfiske 40-600 kr per fiskedøgn (studier på 1990-tallet). Nyere modeller tyder på moderat nedgang i verdien av rekreasjonsfiske. Nåverdi av laksefisket verdsatt for enkelte elver.	Udefinert	Ukjent effekt på villaks og andre laksearter. Som følge av dette også en udefinert effekt for rekreasjonsfiske. Mulig positiv effekt på det marine miljø og næringsaktører som har nytte av det (kommersielt fiske). Samtidig er vill rensefisk utsatt for større risiko for sykdom og genetisk påvirkning. Samfunnet generelt er i liten grad påvirket av klima- og arealrelaterte effekter som følge av rensefisksbruk.
Marint miljø	Sannsynligvis positiv effekt på marint miljø som følge av redusert bruk av kjemiske lusemidler, men samlet effekt er ikke tallfestet. Kan være mulig å kvantifisere effekten på utvalgte lokale bestander.	Sannsynlig positiv effekt i form av fangstverdi i rekefiske, men ikke kvantifisert. Egne studier trengs for å estimere sparte ikke-bruksverdier for andre arter.	Antageligvis +	
Vill rensefisk	Ingen risiko for overfiske av rognkjeks, men lokale leppefiskbestander, spesielt berggyllt kan være sårbare.  Genetisk påvirkning og overføring av sykdom ved rømming av rensefisk. Omfanget og konsekvenser er ukjent.	Økonomiske konsekvenser av evt. overfiske er i form av redusert fangstverdi.  Ukjent monetær verdi av effekten.	-- for enkelte bestander  Antageligvis --	
Resistensutvikling hos lus	Potensielt fare for resistensutvikling mot rensefisk, men har ikke	Ved evt. Resistensutvikling må kostnader av alternativ	0 (foreløpig)	

Virkninger	Endring i forhold til nullalternativ (uten bruk av rensefisk)	Verdsetting	Vurdering	Fordeling
	blitt påvist i norsk oppdrett ennå.	lusebehandling vurderes		
Klima, vannkvalitet, arealbruk og energibruk	Verdikjeder knyttet til rensefisksbruk utgjør en liten del av samlet påvirkning av lakseoppdrett. 8,02 kg CO <sub>2</sub> , 0,1 kg nitrogen og bruker 1,21 kvadratmeter-år av land, 0,65 m <sup>3</sup> av vann og 0,18 GJ av energi per tonn laks ifølge Philis et al. (2021)	Disse effektene verdsettes vanligvis i et globalt perspektiv. Fysiske størrelser er brukt i analyser på prosjekt-nivå.	-	

### Ressursutnyttelse

Etterbruk	Dagens praksis med ensilering av rensefisk utnytter ikke verdien av biomassen som kilde av finkjemikalier (f.eks. kollagen) og mat.	<p>Tekno-økonomisk analyse trengs for å estimere verdi og lønnsomhet av etterbruk for produksjon av finkjemikalier.</p> <p>Gjennomsnittlig pris for rogn i 2021 var 52,81 kr/kg men etterspørsel er begrenset. Konsum av hel rensefisk er et nisjemarked. Oppføring og etterbruk av rensefisk til mat er ikke lønnsom i eksisterende verdikjeder.</p>	Udefinert	Det er sannsynligvis ingen negative økonomiske konsekvenser av manglet etterbruk for mat siden det per i dag ikke er lønnsom.
			0	

Kolonne «vurdering» oppsummerer funnene med bruk av «pluss-minus» metoden (DFØ, 2018) der ++++ betyr meget stor positiv konsekvens; +++ stor positiv konsekvens; ++ middels positiv konsekvens; + liten positiv konsekvens; 0 ubetydelig/ingen konsekvens; - liten negativ konsekvens; -- middels negativ konsekvens; --- stor negativ konsekvens; ---- meget stor negativ konsekvens.

Den viktigste forventede effekten av rensefisksbruk (i kombinasjon med andre metoder for lusebekjempelse) er mindre lus i oppdrett. Dette skulle spare produksjonskostnader og gi næringen vekstmuligheter. I dag kan vi ikke si sikkert at utsett av rensefisk vesentlig reduserer lusepåslag i næringen samlet sett, selv om man ser en positiv effekt på enkeltlokaliteter i en begrenset tidsperiode. Den ene analysen som er tilgjengelig (Barrett et al., 2020) finner at samlet effekt av rensefisk ikke er forskjellig fra nullalternativet. Flere undersøkelser trengs imidlertid for å kunne konkludere

med høyere sikkerhet om fravær av effekten med høyere sikkerhet, for eksempel gjennom en analyse basert på modellerte lusenivåer. Det er mulig å verdsette effekten monetært for de områdene der effekten kan bekreftes.

Samtidig er det ingen tvil om at rensefisk i oppdrett generelt har svært redusert velferd i laksemerden. Den høye dødeligheten er en tydelig indikator. Verdsetting av denne effekten er også mulig ved hjelp av blant annet uttalte preferanser (Boks 2). Med dagens kunnskap er det ikke mulig å konkludere om den viktigste nytteeffekten oppveier den største negative effekten fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, dvs. for hele næringen samlet sett.

Fra et bedriftsøkonomisk ståsted kan det stilles spørsmål ved om investering i rensefisk lønner seg for den enkelte oppdretter. Ifølge Barrett et al. (2020) er det for mange anlegg registrert nedgang i lusenivå etter utsett av rensefisk, men det var også flere anlegg hvor det ikke er funnet noen effekt. For de sistnevnte oppdretterne kan motivasjonen for å påta seg kostnader av rensefisk være flere. For noen er det at utsett av rensefisk kanskje hjelper å holde lusenivået stabilt og/eller forebygge eventuell økning. For andre kan det være et rutinemessig tiltak som de gjør uavhengig av det faktiske lusenivået. Dette forutsetter at disse kostnadene ikke påvirker selskapets lønnsomhet i stor grad, med andre ord at oppdretteren har råd til bruk av rensefisk uavhengig av effekten.

Andre effekter oppsummert i tabellen var også vanskelig å prissette eller kvantifisere i fysiske enheter. Vurderingen om bidrag til lønnsomhet er derfor udefinert for noen eller vurdert kvalitativt. Pluss-minus metoden gir overordnede kriterier for vurdering av effekt, og den er derfor subjektiv. Det er tydelige positive effekter for leverandører av rensefisk. Det gir også ringvirkninger. Flere miljøeffekter kan vi ikke si noe om på grunn av store kunnskapshull. Det viser seg at bruk av rensefisk antageligvis har positiv effekt på det marine miljøet som følge av redusert bruk av lusemidler, men samtidig kan ville bestander av rensefisk bli påvirket negativt. Påvirkning på klima og resistensutvikling hos lus er sannsynligvis ubetydelig per i dag. Når det gjelder ressursutnyttelse viser det seg at dagens praksis med ensilering er den best mulige anvendelsen per i dag. Kostnader ved å føre opp rensefisk til markedsstørrelse er for store og etterspørselen er for lav. Økonomisk verdi av rensefisk som mat er lavere enn verdien av laks. Samtidig, er det et etisk spørsmål om bruk av en art til å øke produksjon av en annen er akseptabel, og denne diskusjonen kan vurderes utenfor og i tillegg til NKA.

Når det gjelder fordelingsvirkninger som også bør drøftes i tillegg til lønnsomhet, er det klart at kommersielle aktører, spesielt leverandører av rensefisk, er vinnere om rensefiskbruk får lov til å fortsette som i dag. Samtidig vil interessene til andre grupper bli nedprioritert ved fortsatt bruk, særlig den delen av samfunnet som er opptatt av fiskevelferd.

En beslutning angående videreføring av praksisen med bruk av rensefisk basert på en NKA når nåverdi ikke kan kalkuleres vil være avhengig av prioriteringer i forvaltningen. Om nytten til kommersielle aktører er prioritert høyest, kan bruk av rensefisk fortsette som i dag. Hvis velferden til rensefisk i oppdrett og i naturen er prioritert over økonomiske effekter, blir anbefalingen motsatt. En mellomløsning som kan forventes er å betinge bruk av rensefisk, det vil si å sette tydelige krav til bruken slik at fiskevelferden blir ivaretatt. En sån type mellomløsning har vært innført i oppdrettsreguleringer tidligere med trafikklyssystemet og grønne konsesjoner. Selv om slike ordninger har vært kritisert av både næringsaktører og miljøorganisasjoner, kan det hende at disse er realistiske og politisk akseptable i dag. Samtidig er det et relevant eksempel at Mattilsynets vedtak om å avslutte



utsett av steril laks i norsk oppdrett inntil videre var på grunn av redusert velferd hos denne type fisk. Selv om steril fisk reduserer risiko for genetisk påvirkning ved rømming, og derfor bidrar til vekst i næringen, ville myndighetene først gjøre en grundig vurdering rundt fiskevelferd. Det gjenstår derfor å se om fiskevelferd også blir et vesentlig argument i forvaltning av rensefisk fremover.

Et delmål i denne artikkelen var å drøfte NKA-metodens bidrag som beslutningsgrunnlag for den gitte problemstillingen og i liknende problemstillinger. Vår gjennomgang av effekter viser betydelige utfordringer med anvendelse av NKA og bekrefter funnene i rapporten om NKA-bruk i Norge (DFØ, 2020) og i internasjonale publikasjoner. Vi finner også at kvantifisering av miljøeffekter er mest utfordrende.

Verdier, data og verktøy for NKA er sjeldent umiddelbart tilgjengelig og egne studier er ressurskrevende. For å vurdere samfunnsnyttene av rensefisk kreves det blant annet en egen undersøkelse av betalingsvillighet for økt velferd av rensefisk (kan være unik for hver art), oppdrettslaks og oppdaterte verdier for villaks og ørret. Effektene på det marine miljøet som følge av rensefiskbruk er mange og krever hver sin tilnærming og verktøy for å kvantifisere. Kompleksiteten her er forbundet med variasjon i tid og rom som gjør det vanskelig å ekstrapolere funn fra lokale data og forsøk i lab. Modellering av sammenhengen mellom utsett av rensefisk og lusenivåer kreves også for å estimere den faktiske effekten for næringen, og bioøkonomisk modeller med data på bedriftsnivå må på plass for å estimere netto nytte monetært. I tillegg trengs ringvirkningsanalyser spesielt utviklet for rensefisksektoren. Gitt usikkerheten knyttet til utviklingen av næringen og miljøtilstanden, kan det være aktuelt med ulike scenarioer, herunder et scenario med overfiske av enkelte leppefiskbestander. Scenarioer med gjenbruk av rensefisk til konsum eller produksjon av kjemikalier krever tekno-økonomisk evaluering for å estimere netto nytte.

Hver av disse undersøkelsene kan være et forskningsprosjekt i seg selv. NKA med dette omfanget er sjeldne i forvaltning, der standardiserte løsninger og ferdige verdier foretrekkes. I miljøforvaltningen er problemstillingene ofte unike og det finnes ikke slike standarder. Usikkerheten øker ved bruk av verdioverføring fra ikke-relaterte studier, forenklete teknikker og subjektive vurderinger.

Problemer med måling og tallfesting er vanlig i vurdering av miljøpåvirkning og dyrevelferd. Det kan derfor stilles spørsmål om NKA er egnet til denne typen problemstillinger og om konseptet om kvantifisert samfunnsnytte bør anvendes i forvaltningen av ikke-markedsverdier og spesielt i forvaltning av miljøpåvirkninger og dyrevelferd. Dette spørsmålet har vært mye diskutert i akademien. Vi vil peke på to argumenter fra denne diskusjonen. Det første er at forvaltningsbeslutninger ikke baseres utelukkende på NKA. Samfunnsnyttene er et viktig, men ikke det eneste beslutningsgrunnlaget. Føre-var-prinsippet skal legges til grunn, og i tillegg tas politiske, sosiale, kulturelle og etiske vurderinger i betraktning. Det andre poenget er at selv om det er stor usikkerhet knyttet til NKA gir den et bedre grunnlag og oversikt over relevante forhold enn ingen utredning. Det er også en metode som er bedre integrert i forvaltningen enn andre metoder, som for eksempel multikriterieanalyse.

Argumentet for å benytte NKA som beslutningsgrunnlag i forvaltningen er dens bidrag til å klargjøre og systematisere sammensatte effekter. Analysen som er gjennomført bidrar til en systematisk kartlegging av positive og negative effekter av bruk/ikke-bruk av rensefisk og det kunnskapsgrunnlaget som foreligger. En slik klargjøring og systematisering gir et bedre grunnlag for beslutninger som fattes av ansvarlige myndigheter. Metodens styrke som grunnlag for forvaltnings-

beslutninger som omhandler komplekse problemstillinger knyttet til miljøpåvirkning, dyrehelse og matproduksjon ligger derfor ikke i dens evne til å kvantifisere eller prissette effekter, men i å synliggjøre hvilke effekter en aktivitet eller tiltak har som man må ta i betraktning. Det er heller ikke alle virkninger det er praktisk mulig eller ønskelig å kvantifisere, men som likevel vil være sentrale i en vurdering av videre bruk av renseskald. En NKA kan derfor bidra til å synliggjøre og underbygge hvilke avveieringer som er foretatt av offentlige beslutningstakere.

## Referanser

- Aaen, S.M., Helgesen, K.O., Bakke, M.J., Kaur, K. & Horsberg, T.E. (2015). Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends in Parasitology*, **31**:2, 72-81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pt.2014.12.006>
- Aanesen, M. & Mikkelsen, E. (2020). Cost-benefit analysis of aquaculture expansion in Arctic Norway. *Aquaculture Economics & Management*, **24**:1, 20-42.
- Ageeva, T.N., Lorentzen, G., Nilsen, H.A. & Lian, K. (2021). Lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) used as cleaner fish: Characterization and suitability for human consumption. *Applied Food Research*, **1**:2, 100008.
- Akvakulturloven. (2005). Lov om akvakultur (LOV-2005-06-17-79). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>
- Andersen, O., Stensland, S., Aas, Ø., Olaussen, J. O. & Fiske, P. (2019). Lokaløkonomiske virkninger av laksefiske i elver infisert med og behandlet mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* - et forprosjekt. NINA Rapport 1594.
- Andersson, H. (2018). Application of BCA in Europe - experiences and challenges. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, **9**:1, 84-96. <https://doi.org/10.1017/bca.2018.5>
- Ankamah-Yeboah, I., Xuan, B.B., Hynes, S. & Armstrong, C.W. (2020). Public Perceptions of Deep-Sea Environment: Evidence From Scotland and Norway [Original Research]. *Frontiers in Marine Science*, **7**. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00137>
- Anon. (2012). *Lakselus og effekter på vill laksefisk - fra individuell respons til bestandseffekter*. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3.
- Atkinson, G., Groom, B., Hanley, N & Mourato, S. (2018). Environmental valuation and benefit-cost analysis in U.K. policy. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, **9**:1, 97-119. <https://doi.org/10.1017/bca.2018.6>
- Barrett, L.T., Overton, K., Stien, L.H., Oppedal, F. & Dempster, T. (2020). Effect of cleaner fish on sea lice in Norwegian salmon aquaculture: a national scale data analysis. *International Journal for Parasitology*, **50**:10, 787-796. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2019.12.005>
- Bechmann, R.K., Arnberg, M., Gomiero, A., Westerlund, S., Lyng, E., Berry, M., Agustsson, T., Jager, T. & BurrIDGE, L.E. (2019). Gill damage and delayed mortality of Northern shrimp (*Pandalus borealis*) after short time exposure to anti-parasitic veterinary medicine containing hydrogen peroxide. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **180**, 473-482.
- Blanco Gonzalez, E., Espeland, S.H., Jentoft, S., Hansen, M.M., Robalo, J.I., Stenseth, N.C. & Jorde, P.E. (2019). Interbreeding between local and translocated populations of a cleaner fish in an experimental mesocosm predicts risk of disrupted local adaptation. *Ecology and Evolution*, **9**:11, 6665-6677. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.5246>
- Blanco, M., Vázquez, J.A., Pérez-Martín, R.I., & Sotelo, C.G. (2017). Hydrolysates of Fish Skin Collagen: An Opportunity for Valorizing Fish Industry Byproducts. *Marine Drugs*, **15**:5, 131. <https://www.mdpi.com/1660-3397/15/5/131>
- Blom, G. (2010). Fiskeristatistikk for leppefisk-1998-2010 (Fishery Statistics for Wrasses-(1998-2010). In: Fiskeridirektoratet, Bergen, Norway.
- Bouzzine, Y.D. (2021). Stock price reactions to environmental pollution events: A systematic literature review of direct and indirect effects and a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, **316**, 128305. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128305>

- Brandal, P. & Egidius, E. (1979). Treatment of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1838) with Neguvon®—description of method and equipment. *Aquaculture*, **18**:2, 183-188.
- Brooker, A.J., Papadopoulou, A., Gutierrez, C., Rey, S., Davie, A., & Migaud, H. (2018). Sustainable production and use of cleaner fish for the biological control of sea lice: recent advances and current challenges. *Veterinary Record*, **183**:12, 383-383.
- Brooks, C., & Oikonomou, I. (2018). The effects of environmental, social and governance disclosures and performance on firm value: A review of the literature in accounting and finance. *The British Accounting Review*, **50**:1, 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bar.2017.11.005>
- Carlsson, P.M., Bamber, S.D., Umar, M., Bechmann, R.K., Garmo, Ø.A., Bahr, G., Tassara, L., Gomiero, A., Nøst, O.A., & Refseth, G.H. (2021). Neutralisation of hydrogen peroxide after delousing events; technology development and environmental risk assessment. NIVA-rapport.
- Carmen, E., Watt, A., Carvalho, L., Dick, J., Fazey, I., Garcia-Blanco, G., Grizzetti, B., Hauck, J., Izakovicova, Z. & Kopperoinen, L. (2018). Knowledge needs for the operationalisation of the concept of ecosystem services. *Ecosystem services*, **29**, 441-451.
- Carson, R.T. (1997). Contingent Valuation Surveys and Tests of Insensitivity to Scope. In R.J. Kopp, W.W. Pommerehne, & N. Schwarz (Eds.), *Determining the Value of Non-Marketed Goods: Economic, Psychological, and Policy Relevant Aspects of Contingent Valuation Methods* (127-163). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5364-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5364-5_6)
- Clark, B., Stewart, G.B., Panzone, L.A., Kyriazakis, I., & Frewer, L.J. (2017). Citizens, consumers and farm animal welfare: A meta-analysis of willingness-to-pay studies. *Food Policy*, **68**, 112-127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.01.006>
- Coates, A., Phillips, B.L., Bui, S., Oppedal, F., Robinson, N.A. & Dempster, T. (2021). Evolution of salmon lice in response to management strategies: a review. *Reviews in Aquaculture*, **13**:3, 1397-1422. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12528>
- Collins, S.L., Carpenter, S.R., Swinton, S.M., Orenstein, D.E., Childers, D.L., Gragson, T.L., Grimm, N.B., Grove, J.M., Harlan, S.L., Kaye, J.P., Knapp, A.K., Kofinas, G.P., Magnuson, J.J., McDowell, W.H., Melack, J.M., Ogden, L.A., Robertson, G.P., Smith, M.D. & Whitmer, A.C. (2011). An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **9**:6, pp.351-357, <https://doi.org/10.1890/100068>
- Daily, G.C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Mooney, H.A., Pejchar, L., Ricketts, T.H., Salzman, J. and Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*. **7**:1, 21-28, <https://doi.org/10.1073/pnas.0804960105>
- Dave, D., Liu, Y., Clark, L., Dave, N., Trenholm, S. & Westcott, J. (2019). Availability of marine collagen from Newfoundland fisheries and aquaculture waste resources. *Bioresource Technology Reports*, **7**, 100271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100271>
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. and Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*. **7**:3, 260-272, <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- Dick, J., Turkelboom, F., Woods, H., ... & Zulian, G. (2017). Stakeholders' perspectives on the operationalization of the ecosystem service concept: Results from 27 case studies. *Ecosystem Services*.
- Direktoratet for økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. <https://dfo.no/fagomrader/utredning-og-analyse-av-statlige-tiltak/samfunnsokonomiske-analyser/veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser>
- Direktorat for økonomistyring. (2020). *Tilfredsstillter statlige utredninger utredningsinstruksens krav? Statusmåling 2019*. DFØ-rapport 2020:1. <https://dfo.no/rapporter/tilfredsstillter-statlige-utredninger-utredningsinstruksens-krav-statusmaling-2019>
- Diaz, D. & Moore, F. (2017). Quantifying the economic risks of climate change. *Nature Climate Change*, **7**:11, 774-782.

- Drakou, E.G., Kermagoret, C., Liqueste, C., Ruiz-Frau, A., Burkhard, K., Lillebø, A.I., ... & Peev, P. (2017). Marine and coastal ecosystem services on the science-policy-practice nexus: challenges and opportunities from 11 European case studies. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, **13**:3, 51-67.
- Ellingsen, K., Grimsrud, K., Nielsen, H.M., Mejdell, C., Olesen, I., Honkanen, P., Navrud, S., Gamborg, C., & Sandøe, P. (2015). Who cares about fish welfare? A Norwegian study. *British Food Journal*.
- Escobar-Lux, R.H., Fields, D.M., Browman, H.I., Shema, S.D., Bjelland, R.M., Agnalt, A.-L., Skiftesvik, A.B., Samuelsen, O.B. & Durif, C.M. (2019). The effects of hydrogen peroxide on mortality, escape response, and oxygen consumption of *Calanus* spp. *Facets*, **4**:1, 626-637.
- Faust, E., Halvorsen, K.T., Andersen, P., Knutsen, H. & André, C. (2018). Cleaner fish escape salmon farms and hybridize with local wrasse populations. *Royal Society Open Science*, **5**:3, 171752.
- Feuillette, S., Levrel, H., Boeuf, B., Blanquart, S., Gorin, O., Monaco, G., Penisson, B. & Robichon, S. (2016). The use of cost-benefit analysis in environmental policies: Some issues raised by the Water Framework Directive implementation in France. *Environmental Science & Policy*. **57**, 79-85, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.12.002>
- Fiskeridirektoratet. (2021). *Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret: matfiskproduksjon* <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Loennsomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret>
- Fiskeridirektoratet. (2022). *Regulering av fisket etter rognkjeks i 2023* (Sak 7/2022 til reguleringsmøte november 2022) <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Dokumenter/Reguleringsmoetet2/november-2022>
- Fiskeridirektoratet (2022a). *Regulering av fisket etter leppefisk i 2023* (Sak 14/2022 til reguleringsmøte november 2022) <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Dokumenter/Reguleringsmoetet2/november-2022>
- Fiskeridirektoratet (2022b). *Akvakulturstatistikk: rensefisk*. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
- Forseth, T., Barlaup, B.T., Finstad, B., Fiske, P., Gjøsæter, H., Falkegård, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H. & Thorstad, E.B. (2017). The major threats to Atlantic salmon in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, **74**:6, 1496-1513.
- Forskrift om fangst av fisk som skal holdes levende, samt restitusjon og mellomlagring. (2021). FOR-2021-12-23-3891. Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2021-12-23-3891>
- Foss, A., Bjelland, R., Skiftesvik, A.B., Voldnes, G., Ageeva, T., Heide, M., Hermansen, Ø., Hogrenning, E., Kvalvik, I., Nikitina, E., Stormo, S.K., & Roth, B. (2021). *Gjenfangst, bedøvelse, avliving og etterbruk av rensefisk (CleanCatch)*. Sluttrapport FHF-prosjekt 901560.
- Garcia de Leaniz, C., Gutierrez Rabadan, C., Barrento, S.I., Stringwell, R., Howes, P.N., Whittaker, B.A., Minett, J. F., Smith, R.G., Pooley, C.L., Overland, B.J., Biddiscombe, L., Lloyd, R., Consuegra, S., Maddocks, J.K., Deacon, P.T.J., Jennings, B.T., Rey Planellas, S., Deakin, A., Moore, A. I., . . . Pavlidis, M. (2022). Addressing the welfare needs of farmed lumpfish: Knowledge gaps, challenges and solutions. *Reviews in Aquaculture*, **14**:1, 139-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12589>
- Grave, K., Engelstad, M., & Søli, N. (1991). Utilization of dichlorvos and trichlorfon in salmonid farming in Norway during 1981-1988. *Acta Veterinaria Scandinavica*, **32**:1, 1-7.
- Greco, S., & Munda, G. (2017). Multiple criteria evaluation in environmental policy analysis. In *Routledge Handbook of Ecological Economics*, 311-320. Routledge.
- Grefsrud, E.S., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Glover, K., Husa, V., Hansen, P.K., Grøsvik, B.E., Samuelsen, O., Sandlund, N., Stien, L.H. & Svåsand, T. (2021). *Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2021 - risikovurdering*.
- Grefsrud, E.S., Svåsand, T., Glover, K., Husa, V., Kupka Hansen, P., Samuelsen, O., Sandlund, N. & Stien, L. H. (2019). *Risikoreport Norsk Fiskeoppdrett 2019. Miljøeffekter av lakseoppdrett*.
- Grimsrud, K.M., Nielsen, H.M., Navrud, S. & Olesen, I. (2013). Households' willingness-to-pay for improved fish welfare in breeding programs for farmed Atlantic salmon. *Aquaculture*, 372-375, 19-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.009>

- Guo, J. & Kildow, J. (2015). The gap between science and policy: Assessing the use of nonmarket valuation in estuarine management based on a case study of US federally managed estuaries. *Ocean and Coastal Management*, **108**, 20–26, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.09.017>
- Halvorsen, K., Skiftesvik, A.B., Larsen, T., Otterå, H. & Chacón, A.F. (2021). *Kunnskapsstøtte og råd for regulering av fisket etter leppefisk i 2022*. Rapport 2021-54, Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Hammit, J.K. (2013). Positive versus normative justifications for benefit-cost analysis: Implications for interpretation and policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, **7**:2, 199–218.
- Herrmann, B., Sistiaga, M. & Jørgensen, T. (2021). Size-dependent escape risk of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) from salmonid farm nets. *Marine Pollution Bulletin*, **162**, 111904. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111904>
- Hersoug, B. (2015). The greening of Norwegian salmon production. *Maritime Studies*, **14**:1, 1–19.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E.J. (2017). *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett - med fokus på før- og lusekostnader*. Rapport 24/2017, Nofima, Tromsø.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sævik, P.N., Sandvik, A.D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K.A., & Karlsen, Ø. (2021). Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, **78**:1, 142–154.
- Lindfors, A. (2021). Assessing sustainability with multi-criteria methods: A methodologically focused literature review. *Environmental and Sustainability Indicators*, **12**, 100149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100149>
- Liu, Y., Bailey, J.L., & Davidsen, J.G. (2019). Social-Cultural Ecosystem Services of Sea Trout Recreational Fishing in Norway [Original Research]. *Frontiers in Marine Science*, **6**. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00178>
- Maczka, K., Matczak, P., Pietrzyk-Kaszyńska, A., Rechciński, M., Olszańska, A., Cent, J. & Grodzińska-Jurczak, M. (2016). Application of the ecosystem services concept in environmental policy—A systematic empirical analysis of national level policy documents in Poland. *Ecological Economics*, **128**, 169–176, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.04.023>
- Mattilsynet. (2019). *Sluttrapport: Nasjonalt tilsynskampanje 2018/2019: Velferd hos rensefisk*.
- Meld. St. 16 (2014-2015). *Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett*. Nærings- og fiskeridepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-16-2014-2015/id2401865/>
- Moe, S.J., Hjermann, D.Ø., Ravagnan, E. & Bechmann, R.K. (2019). Effects of an aquaculture pesticide (diflubenzuron) on non-target shrimp populations: Extrapolation from laboratory experiments to the risk of population decline. *Ecological Modelling*, **413**, 108833.
- Murray, A. (2016). A modelling framework for assessing the risk of emerging diseases associated with the use of cleaner fish to control parasitic sea lice on salmon farms. *Transboundary and emerging diseases*, **63**:2, e270–e277.
- Navrud, S. (2001). Economic valuation of inland recreational fisheries: empirical studies and their policy use in Norway. *Fisheries Management and Ecology*, **8**:4–5, 369–382. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2001.00267.x>
- Nyborg, K. (2014). Project evaluation with democratic decision-making: What does cost-benefit analysis really measure? *Ecological Economics*, **106**, 124–131.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021). *Havbruksstrategien - Et hav av muligheter*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruksstrategien-et-hav-av-muligheter/id2864482/>
- Nøstvold, B., Kvalvik, I., Voldnes, G., & Jentoft, A.R. (2016). *Etterbruk av rognkjeks - Fra lusespiser til middagsmat*. Rapport 43/2016, Nofima, Tromsø.
- O'Connor, E., Hynes, S., Chen, W., Papadopoulou, N. & Smith, C. (2021). Investigating societal attitudes toward marine ecosystem restoration. *Restoration Ecology*, **29**:S2, e13239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/rec.13239>
- OECD. 2018. *Cost-benefit analysis and the environment: further developments and policy use*. Paris: OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/9789264085169-en>

- Olaussen, J. O., Liu, Y. & Skonhøft, A. (2015). Conservation versus harvest of wild Atlantic salmon. The cost of sea lice induced mortality. *Fisheries Research*, **168**, 63-71.
- Olander, L., Polasky, S., Kagan, J.S., Johnston, R.J., Wainger, L., Saah, D., Maguire, L., Boyd, J. & Yoskowitz, D. (2017). So you want your research to be relevant? Building the bridge between ecosystem services research and practice. *Ecosystem Services*, **26**, 170-182, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.003>
- Olesen, I., Alfnes, F., Røra, M.B. & Kolstad, K. (2010). Eliciting consumers' willingness to pay for organic and welfare-labelled salmon in a non-hypothetical choice experiment. *Livestock Science*, **127**:2-3, 218-226.
- Overton, K., Barrett, L.T., Oppedal, F., Kristiansen, T.S. & Dempster, T. (2020). Sea lice removal by cleaner fish in salmon aquaculture: a review of the evidence base. *Aquaculture Environment Interactions*, **12**, 31-44.
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., Gismervik, K. & Stien, L.H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, **11**:4, 1398-1417. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- Panagos, C.G., Thomson, D., Moss, C., Bavington, C.D., Ólafsson, H.G. & Uhrin, D. (2014). Characterisation of hyaluronic acid and chondroitin/dermatan sulfate from the lumpsucker fish, *C. lumpus*. *Carbohydrate Polymers*, **106**, 25-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.01.090>
- Philis, G., Ziegler, F., Jansen, M.D., Gansel, L.C., Hornborg, S., Aas, G.H. & Stene, A. (2021). Quantifying environmental impacts of cleaner fish used as sea lice treatments in salmon aquaculture with life cycle assessment. *Journal of Industrial Ecology*.
- Produksjonsområdeforskriften. (2021). *Forskrift om endring i forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret* (FOR-2021-03-24-1001). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2021-03-24-1001>
- Refseth, G.H., Nøst, O.A., Evensen, A., Tassara, L., Espenes, H., Drivdal, M., Augustin, S., Samuelsen, O. & Agnalt, A.L. (2019). *Risk assessment and risk reducing measures for discharges of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Ecotoxicological tests, modelling and SSD curve. Oceanographic modelling*. Report APN-8948. Akvaplan-niva.
- Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A., Daily, G., Kareiva, P., ... & Bernhardt, J. (2015). Notes from the field: lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. *Ecological Economics*, **115**, 11-21.
- Rueness, E.K., Berg, P.R., Gulla, S., Halvorsen, K.A.T., Järnegren, J., Malmstrøm, M., Mo, T.A., Rimstad, E., de Boer, H. & Eldegard, K. (2019). *Assessment of the risk to Norwegian biodiversity from import of wrasses and other cleaner fish for use in aquaculture. Opinion of the Panel on Alien Organisms and Trade in Endangered Species of the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment*. VKM Report. <https://hdl.handle.net/11250/2685682>
- Rådet for dyreetikk. (2020). *Er det mulig å bruke rensefisk på en etisk og velferdsmessig forsvarlig måte i norske oppdrettsanlegg?* [www.radetfordyreetikk.no](http://www.radetfordyreetikk.no)
- Saarikoski, H., Mustajoki, J., Barton, D. N., Geneletti, D., Langemeyer, J., Gomez-Baggethun, E., ... & Santos, R. (2016). Multi-Criteria Decision Analysis and Cost-Benefit Analysis: Comparing alternative frameworks for integrated valuation of ecosystem services. *Ecosystem services*, **22**, 238-249.
- Sagoff, M. (2011). The quantification and valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, **70**:3, 497-502, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.10.006>
- Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Myksvoll, M.S., Sævik, P.N., & Skogen, M.D. (2020). Prediction of the salmon lice infestation pressure in a Norwegian fjord. *ICES Journal of Marine Science*, **77**:2, 746-756.
- Sicuro, B. (2019). The future of caviar production on the light of social changes: a new dawn for caviar? *Reviews in Aquaculture*, **11**:1, 204-219. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12235>
- Solgaard, H.S. & Yang, Y. (2011). Consumers' perception of farmed fish and willingness to pay for fish welfare. *British Food Journal*, **113**:8, 997-1010.
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Oliveira, V.H.S., Moldal, T., Bornø, G., Haukaas, A. & Brun, E. (2023). *Fiskehelse rapporten 2022*. Veterinærinstituttets rapportserie nr. 5a/2023.

- Sommerset, I., Walde C.S., Bang Jensen, B., Wiik-Nielsen, J., Bornø, G., Oliveira, V.H.S., Haukaas, A. & Brun, E. (2022). *Fiskehelse rapporten 2021*. Veterinærinstituttets rapportserie nr. 2a/2022.
- Statistics Iceland (2022). *Export of marine products*. <https://www.statice.is/statistics/business-sectors/fisheries/export-of-marine-products/>
- Statistisk Sentralbyrå (2022). *Familier og husholdninger*. <https://www.ssb.no/befolkning/barn-familier-og-husholdninger/statistikk/familier-og-husholdninger>
- Stien, L.H., Lind, M.B., Oppedal, F., Wright, D.W. & Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*, **490**, 281-287.
- Stien, L.H., Størkersen, K.V., & Gåsnes, S.K. (2020). *Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk*. Rapport fra Havforskningen 2020-6.
- Størkersen, K.V. & Amundsen, V. S. (2019). *Rensefiskens ve og vel i merdene. Resultat av spørreundersøkelse til matfisklokalteter med rensefisk*. NTNU Samfunnsforskning AS.
- Sunstein, C.R. (2000). Cognition and cost-benefit analysis. *The Journal of Legal Studies*, **29**:S2, 1059-1103.
- Sunstein, C.R. (2018). *The cost-benefit revolution*. London: The MIT Press.
- Sveier, H. & Breck, O. (2018). Cleaner fish application in Norway. *Cleaner fish Biology and Aquaculture applications*, 370-385.
- Tallaksen Halvorsen, K., Skiftesvik, A.B., Durif, C.M., Faust, E., Wennhage, H., André, C., Linnemann Rønfeldt, J., Møller, P.R., Carl, H., & Jørgensen, T. (2021). Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture. Publication no. 2021:545, Nordic Council of Ministers.
- Pórðarson, G., Pálsson, P.G., Vang, J., & Schoenemann-Pau, L.D. (2018). *West Nordic Fisheries: Utilization of rest raw material*. *Nordic working papers*.
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O.T., Nilsen, F., Horsberg, T.E., & Jackson, D. (2013). Salmon lice-impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of fish diseases*, **36**:3, 171-194.
- Turner, R.K. (2007). Limits to CBA in UK and European environmental policy: retrospects and future prospects. *Environmental and Resource Economics*, **37**:1, 253-269, <https://doi.org/10.1007/s10640-007-9119-2>
- Urbina, M.A., Cumillaf, J.P., Paschke, K. & Gebauer, P. (2019). Effects of pharmaceuticals used to treat salmon lice on non-target species: Evidence from a systematic review. *Science of The Total Environment*, **649**, 1124-1136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.334>
- Utredningsinstruksen. (2016). *Instruks om utredning av statlige tiltak* (FOR-2016-02-19-184). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/INS/forskrift/2016-02-19-184>
- Vamza, I., Kubule, A., Zihare, L., Valters, K. & Blumberga, D. (2021). Bioresource utilization index – A way to quantify and compare resource efficiency in production. *Journal of Cleaner Production*, **320**, 128791. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128791>