Svar på bestilling om havbruk til havs og villaks

Oppdraget er gitt av Nærings- og Fiskeridepartementet og Klima- og Miljødepartementet til Havforskningsinstituttet 9. juli 2026.

I bestillingen bes det om innspill fra Havforskningsinstituttet til det videre arbeidet med utvikling av planene for etablering av havbruksområder til havs (HTH). Det spesifiseres at man ønsker innspill om:

1. Størrelse og avgrensning av utlysningsområder
2. Mulige tiltak for å ta ned risiko for negativ påvirkning på villaks
3. Villaksens vandrings- og oppholdsområder i perioden 2032 og framover
4. Muligheten for etablering av «følgeforskning» ved etablering av havbruk til havs

Det opplyses også at vurderingen skal begrenses til effekter på villaks, og man ber om at i tillegg til instituttets villaksforskere skal også forskere som jobber med lakselus og smittespredning involveres i dette arbeidet.

I den følgende teksten går vi inn på disse fire punktene og gjør rede for kunnskapsgrunnlag, og gir våre vurderinger.

Høringssvar fra HI

Utformet av (i alfabetisk rekkefølge): Søren Grove, Alison Harvey, Malthe Hvas, Mari Jensen, Abdullah Sami Madhun, Frode Oppedal, Anne Sandvik, Kjell Rong Utne, Vidar Wennevik,

Innledning

Havforskningsinstituttet (og andre) har i tidligere rapporter og høringsinnspill pekt på potensiell negativ påvirkning på villaks som følge av planene for etablering av havbruksområder til havs (Høringssvar til overordnet KU for HTH, 2024). Vi har særlig pekt på mulig økt smittebelastning fra lakselus og sykdommer med medfølgende redusert overlevelse i havet. Vi har videre pekt på utfordringene med å registrere og kvantifisere slike effekter siden overvåkning av smittestatus hos postmolt så langt ute i havet vil være vanskelig og kostnadskrevende. Sett i lys av den negative utviklingen hos norske laksebestander de siste årene (se nedenfor) er det særlig viktig å ikke påføre ytterligere belastninger på villaksen og det er da viktig at man søker å utvikle driftsformer i disse områdene som reduserer smittebelastning og rømming til et minimum.

Innsig av laks til Norskekysten har vært på et lavt nivå i mange år, og de fem siste årene har det vært en ytterligere nedgang (VRL 2026). Dette har skjedd selv om det totale uttaket i fisket har blitt redusert over tid, noe som har ført til at en større andel av innsiget står igjen i elvene ved gytetidspunktet. Nedgangen i innsig de siste årene er primært knyttet til færre

flersjøvinterlaks. Innsiget av ensjøvinterlaks har mellomårlig variasjon, men ingen gradvis økning eller reduksjon det siste tiåret. Andelen av vassdrag som nådde sine respektive gytebestandsmål i 2025 for region midt-Norge (Stad til Vesterålen) og Vest-Norge (Vestland) var henholdsvis ~50 % og ~70%, og dermed lavere enn for regionene sør- og nord-Norge. Plasseringen av HTH-områdene vil primært påvirke laks fra norske regioner med en høy andel vassdrag som ikke når gytebestandsmålene.

Når det gjelder spesifikke spørsmål angående postsmoltens vandringer, og hvordan fordeling av oppdrettsaktivitet innenfor områdene kan ha en ulik effekt er det vanskelig å gi svar som er godt underbygget av fakta. Som forklart i vår tidligere rapport om modellering av postsmoltvandring og HTH er datagrunnlaget for vandringsmodellen begrenset og den gir ikke mulighet for å gi presise vurderinger. Vi drøfter dette nærmere i teksten, og peker også på hvilke muligheter som finnes for å øke presisjonen i modellen.

Kunnskap om lus- og smittespredning, i påvente av målinger fra HTH anlegg, er godt fundert på eksisterende evaluerte modellsystemer. Disse dekker det fysiske miljø og spredning og tar også hensyn til biologiske prosesser som påvirker utvikling, vertikal plassering, overlevelse og smitteevne hos lakselus. En ny artikkel ved Jensen mfl. (i revisjon) viser at lusespredning fra historisk produksjon ved eksisterende anlegg langs kyst til HTH er lav sammenlignet med spredning mellom anlegg på kyst. Dette gjelder også for de østlige delene av HTH områdene. I tillegg er det anledning til planlegging av lokalitetsstruktur i forhold til dominerende strømmønster i området basert på eksisterende modellsystemer og produksjonsplaner. Dette kan i stor grad bidra til å begrense lus- og smittespredning både mellom anlegg innenfor HTH-områder og til omkringliggende miljø. Det er likevel slik at risiko for smitte øker med antall verter og avtagende avstand mellom anlegg og villaks. Det er også viktig å legge til rette for funksjonalitet som tillater bruk av flere verktøy som kan hindre smitte og oppblomstring av lus, som dypdrift, stor smolt, brakklegging, samt sikrer mulighet for avlusing og eventuelt utslakting ved behov.

De fleste vurderingene som gjøres for lakselus vil også gjelde for andre patogener (virus, bakterier og parasitter). Det gjelder særlig betydningen av avstand, strømforhold, lokalitetsstruktur, biomasse og driftsform. Da patogener og lakselus har ulik oppførsel og smittedynamikk, bør det utføres smittemodellering for begge deler.

1) Avgrensing av utlysningsområder

1.1. Vil konsekvensen av rømt hav-oppdrettslaks være arealavhengig? Vil det for eksempel ha noen signifikant betydning om det rømmer fisk helt vest i området «Trænabanken» (79 nautiske mil utenfor grunnlinjen) enn helt øst i Trænabanken» (12 nautiske mil utenfor grunnlinjen)?

Oppdrettslaks som rømmer som smolt kort tid etter utsetting i sjøen, og spesielt den som rømmer innenfor det naturlige utvandringsvinduet for smolt i april-juni, vil i stor grad følge

vandringsruter i havet tilsvarende vill smolt. Oppdrettslaks som rømmer som større individ oppholder seg i større grad kystnært enn laks som rømmer som smolt. Angående spredning av rømt oppdrettslaks fra HTH-områdene legger vi til grunn utsett av stor smolt med en overlevelse og adferd som ligger tettere opp mot umoden voksen laks, enn tilfellet vil være for smolt. Som tidligere påpekt av både konsekvensutredningen til DNV (DNV 2024), samt innspill til konsekvensvurderingen fra HI (HI Høringssvar KU 2024), foreligger det ikke god kunnskap om sannsynlig overlevelse og vandring til rømt oppdrettslaks fra anlegg lokalisert i åpne havområder.

Vi oppfatter det slik at det primært etterspørres innspill på hvorvidt produksjonssyklusen eller plassering av anlegg innenfor yttergrensene til de tre HTH-områdene kan optimaliseres med tanke på å redusere smittespredning til vill anadrom laksefisk, samt begrense oppvandring av rømt oppdrettslaks i norske og utenlandske elver. På generelt grunnlag er det en klar sammenheng mellom andel rømt oppdrettslaks i vassdrag og oppdrettsintensitet i nærheten av vassdraget (Diserud mfl. 2022, Mahlum mfl. 2020), eller avstand til kjente store rømmingshendelser (Wennevik mfl. 2024, Utne mfl. 2025; 2026). Det foreligger imidlertid ikke et godt nok kunnskap- eller datagrunnlag til å vurdere spesifikt hvorvidt ulik plassering av anlegg innenfor de utlyste yttergrensen vil påvirke overlevelse og spredning av rømt oppdrettslaks.

På generelt grunnlag kan man anta at rømmingshendelser fra lokaliteter plassert nært Norskekysten vil gi flere rømte oppdrettslaks til de nærmeste fjordområdene og vassdragene, enn tilfellet blir ved rømming fra lokaliteter plassert lengre vest i havet. Derimot kan en rømmingshendelse fra et oppdrettsanlegg plassert lengre vest føre til spredning av rømt oppdrettslaks over et større geografisk område, inklusiv spredning av rømt oppdrettslaks til andre land. Det er tidligere dokumentert at oppdrettslaks fra Norge har vandret til Russland og Sverige (Hansen 2006), oppdrettslaks fra Skottland har vandret til Norge, samt at rømt oppdrettslaks fanget i Norskehavet nord for Færøyene vandret til Norge (Hansen og Jacobsen 2003). Med tanke på plassering av anlegg innenfor HTH-områdene, kan det dermed bli en avveining mellom å begrense antall rømte oppdrettslaks til Norske elver samt å begrense geografiske spredning av rømt oppdrettslaks.

For å begrense antall rømt oppdrettslaks i vassdrag kan man redusere sannsynligheten for at oppdrettslaks rømmer, ha målrettede tiltak for å gjenfange rømt oppdrettslaks i kystområder eller i vassdrag, og/eller ha en produksjonssyklus og plassering av anlegg som reduserer overlevelse og spredning av rømt oppdrettslaks. Tiltak for å redusere sannsynligheten for at rømmingshendelser inntreffer, samt ha en produksjonssyklus som reduserer sannsynligheten for at rømt oppdrettslaks gyter i elver, er dermed viktig.

Vi får gradvis en noe bedre forståelse av hvordan kjente rømmingshendelser fører til rømt oppdrettslaks i Norske vassdrag. Datagrunnlaget kommer først og fremst fra rapporterte rømmingshendelser, overvåkning og uttaksfiske etter pålegg fra Fiskeridirektoratet, samt det nasjonale overvåkningsprogrammet for rømt oppdrettslaks. En metode for å bedre

kunnskapsgrunnlaget om spredning og overlevelse til rømt oppdrettslaks spesifikt fra HTH-områdene, er å slippe ut et begrenset antall i størrelsesorden 50 store oppdrettslaks merket med satellittmerker fra disse områdene. Utslipp av oppdrettslaks kan diskuteres fra et etisk standpunkt, men et slikt forsøk vil ha en god kost-nytte verdi. En svakhet med den foreslåtte metoden er at dette bør utføres før kommersiell produksjon i områdene, men da vil samtidig ikke utsatt oppdrettslaks være akklimatisert til miljøforholdene i området, og ei heller være representativ for adferd til senere produksjonsfisk.

For å undersøke spredning av oppdrettslaks ved en eventuell rømmingshendelse fra HTH-anlegg, vil det ha stor verdi å ha muligheten for å teste hvorvidt rømt oppdrettslaks fanget i elv eller langs kysten stammer fra HTH-områdene. Dette vil forutsette at den genetiske profilen til oppdrettsfisk i HTH-anlegg er kjent og unik, og blir gjort tilgjengelig for sporing.

Rømt laks fra dagens oppdrett er ofte smittet med en eller flere patogener som er vanlig i oppdrett og kan derfor potensielt overføre smitte til villfisk.

1.2. Vil avstand inn til kysten ha signifikant betydning med tanke på risiko for utveksling av lakselus mellom kyst og hav? I høringen av den overordnede konsekvensvurderingen fikk vi blant annet inn forslag om å kun lyse ut de ytterste vestlige halvdelene av både «Trænabanken» og «Frøyabanken nord». Vil et slikt grep kunne redusere risiko med tanke på lakselus?

Studier viser at smitte fra dagens havbruk på kyst til HTH er relativ lav sammenlignet med smitte innenfor dagens havbruksområder (5 % og lavere). I tillegg vil valg av produksjonsmetode (f.eks. dypdrift) kunne ytterligere redusere smittepress fra kyst til hav. Det forventes også relativt lav smittekobling fra hav til kyst, men dette vil skaleres med mengden lus (antall fisk * lus per fisk) i HTH anleggene. Det potensielle smittepresset fra anlegg til havs vil lettere bli fortynnet enn smittepresset fra kystoppdrett da strømmen ofte er sterkere til havs, og det ikke er oppsamlende barrierer slik det er langs kysten og inne i fjordene. Økende avstand fra kyst reduserer smitte mellom kyst og hav; smittemodelleringer av lusepress fra eksisterende kystoppdrett viser nær ingen lus i de ytterste vestlige halvdelene av «Trænabanken» og «Frøyabanken nord» (Jensen mfl., i revisjon). Det er også lite lus i de østlige halvdelene og i Norskerenna sør - som ikke har en bred øst-vest utstrekning slik som de to nordlige HTH-områdene. Lakselusen kan spres langt, men fortynning, naturlig dødelighet, og avtakende smittsomhet med økende alder, reduserer smittepresset ved store avstander. Lusepresset fra eksisterende kystoppdrett er størst om sommeren, mens spredningslengden til lakselusen er størst om vinteren når temperaturen er lav (Samsing mfl. 2017).

Driftsstruktur/form og biosikkerhet er også avgjørende for å redusere risiko for annen smitte mellom kyst og hav.

Strøm og avstand i dette tilfellet er mindre viktig pga. relativt begrenset overlevelsesevne for virus og bakterie i miljø (sammenlignet med lus).

1.3. I arbeidet med områdeplan og prosjektspesifikk konsekvensutredning vil det være behov for strøm- og smittemodellering. Hvilke strøm- og smittemodelleringer bør inngå i dette arbeidet?

Vi ser det som svært hensiktsmessig å bruke strøm og smittemodelleringen inn i etableringen av en god lokalitetsstruktur. Norkyst er en tredimensjonal hydrodynamisk havmodell som er utviklet i et samarbeid mellom Havforskningsinstituttet og MET (Christensen mfl., 2026). Modellen er basert på Regional Ocean Modeling System (ROMS) og gir detaljert (3D) informasjon om havstrømmer, temperatur og saltholdighet med en horisontal oppløsning på omtrent 800 meter, med 40 vertikale lag og time for time. Informasjonen finnes lagret som et arkiv som strekker seg fra 2012 og frem til i dag, og som daglige 5 dagers prognoser fra Meteorologisk Institutt. Dette modellsystemet er grundig validert og danner grunnlaget for beregning av smittespredning med partikkelspredningsmodellen LADiM (Ådlandsvik 2019 - Havbruk til havs) og metapopulasjonsmodellen ConMod, som kombinerer temperaturavhengig lakselus-utvikling og strømavhengig spredning mellom anlegg (Skår mfl., 2025) til å beregne utviklingen av lakseluspopulasjoner på anleggene innen et definert område.
Vurderingene kan også gjennomføres av andre som benytter tilsvarende modellverktøy, med tilsvarende kompleksitet. Det er imidlertid viktig at de som skal utføre arbeidet, har erfaring med både tredimensjonale strømmodeller, lakselusbiologi og modellering av smittespredning. Siden konsentrasjonen av luselarver har en vertikal gradient, som oftest med høyest konsentrasjon nær overflaten, er det viktig at lusemodellen har en god beskrivelse av larvenes vertikalfordeling. Det kan lages et standardisert opplegg som gjør at det kreves relativt lite ressurser for å gjøre slike vurderinger. Arbeidet utført med Delft3D-FLOW, som det refereres til i DNV rapporten (DNV 2024), har ikke med informasjon om lusebiologi og er en forenklet studie som beskriver vannkontakt mellom lokaliteter. Dette modellsystemet benytter resultat fra Norkyst på randen, og kjøres på et grid med ruter som er 300 x 300 m. Det er uklart hvilken gevinst den økte horisontale oppløsningen gir. Dersom modellområdene er små, vil randverdiene fra NorKyst i stor grad påvirke også de sentrale delene av modellområdet.

Da lus og virus har forskjellig smittedynamikk bør smittemodellering også gjøres for virus, og det bør i begge tilfeller tas hensyn til smittespredning fra ulike produksjonsdyp.

1.4. Hvor store bør utlysningsområdene være for at aktøren skal ha en reell mulighet for å etablere en lokalitetsstruktur som reduserer risiko for smitte og ivaretar gode biosikkerhetsprinsipper?

Vi har gode verktøy for å undersøke hvor store utlysningsområdene bør være for å etablere en slik lokalitetsstruktur. Men områdene er unike, og har forskjellige temperatur og strømforhold som vil påvirke smittekoblingen mellom anlegg. Det er derfor ikke mulig å gi et generelt svar på størrelsen av noen av utlysningsområdene uten å ha gjort analyser med smittespredningsmodellen først. Dette lar seg ikke gjøre innenfor tidsfristen for denne bestillingen.

1.5. Har HI andre innspill eller forslag til konkrete krav til aktørenes arbeid med områdeplaner og konsekvensutredninger for å sikre nødvendig kunnskap med hensyn til villaksen?

I arbeidet med områdeplaner bør smittespredning med Norkyst-IBM lakselus (tredimensjonal hydrodynamisk modell koblet opp mot lakselusen sin oppførsel i vannsøylen) være en del av utredningen for å estimere spredningsdistanse fra de foreslåtte lokalitetene.

Simuleringer med anleggsmodeller, som ConMod, vil være et nyttig verktøy for å simulere smittedynamikken innad i området og bør inngå som en del av utredningen av ulike lokalitetsplasseringer.

En viktig inngangsparameter er da antall fisk som det planlegges å sette ut på de ulike lokalitetene, og om man tenker at dagens regelverk med lovlig lusegrense på 0.5 (0.2 om våren i utvandringsperioden til vill laksesmolt) lus per fisk også skal gjelde HTH, eller om der skal være andre grenseverdier?

Innbyrdes plassering av anleggene er viktig for smittespredning. Siden man i HTH starter med blanke ark, bør optimal plassering av anlegg – med minst mulig smitteutveksling mellom anlegg og potensiell smitte til villaks – være en viktig del av utredningen. Utlysningsområdene bør vurderes som helhet, ikke som separate delområder.

Områdeplanene må være basert på planlagte produksjonsplaner. Det er viktig at planene inneholder tilstrekkelig detaljer til å at det er mulig å gjøre en fullgod vurdering. Hvor planlegger man å ha lokaliteter i den omsøkte perioden? Hvor mange fisk planlegges det for? Hvilken type drift planlegges (nedsenket, til hvilke dyp, osv)? Hvordan planlegges produksjonssyklusen (utsett/slakt)? Har man gode planer for hvordan avluse ved behov?

Ulike lakselus-reduserende strategier, som koordinert brakklegging, utsett av stor smolt, nedsenkede merder og strategisk plassering av merder med null-utslippsteknologi har vist seg å ha stor effekt i dagens oppdrett. Dette vil også gjelde for HTH. Her kan vi bygge på eksisterende kunnskap, men utredningen må gjøres for hvert enkelt område (alle er unike med tanke på strøm og spredning).

Se også 3.2. for kommentarer om behov for kunnskap om laksevandring for å kunne vurdere lusepress fra HTH på villaks.

Nesten alle overnevnte punktene gjelder også for andre patogener. I tillegg er det viktig med tiltak for å begrense smittespredning ved sykdomsutbrudd (flytting av fisk, båttrafikk, slakting osv.).

2) Vurdering av ulike risikoreduserende tiltak

2.1. Legge til grunn en forsiktig start med trinnvis oppskalering av havbruk til havs. Erfaring og dokumentasjon fra den første produksjonen skal legges til grunn for en eventuell oppskalering av volum og lokaliteter (i henhold til godkjent områdeplan). Mislykkes den første produksjonen vil volumet være lavt og skadepotensialet begrenset.

Forsiktig oppstart gir erfaringer som er nyttig for videre utvikling. En ny runde med smittemodellering ved bruk av innrapporterte lusetall fra den første runden vil være nyttig for å evaluere smittepresset.

2.2. Stor avstand mellom produksjon kyst og hav vil trolig redusere risiko for smitte fra kysten og ut til HTH-anlegg.

Økende avstand fra kyst reduserer risiko for smitte og ankomst av rømt laks på kyst i Norge, men øker kanskje risiko for skade på anlegg (se også mer utfyllende svar under 1.1 og 1.2). I tillegg vil økende avstand fra kyst komplisere tilsyn, tellinger og eventuelle avlusninger da det sannsynligvis blir vanskeligere med ankomst til anlegg, spesielt under dårlige værforhold. Smittemodelleringer viser også lite lusepress i de østlige deler av HTH-områdene, dog mindre desto lengre vest man kommer (se også 1.2.). Økende temperaturer i fremtiden vil øke smittepresset gjennom raskere klekking, høyere overlevelse og økt smitteevne, men samtidig forkorte larvenes levetid og dermed redusere hvor langt de kan spres.

God uavhengig dedikert driftsstruktur og gode biosikkerhetsrutiner vil redusere smittespredning av andre patogener mellom kyst og HTH.

2.3. Mer ensrettet strøm vil redusere risiko for egensmitte av anlegg (det tar noe tid før lakseluslarver når det smittsomme copepoditt-stadiet)

Egensmitte kan enten tolkes som smitte til eget anlegg, eller som smitte mellom anlegg innen et område. Mer ensrettet strøm vil redusere risiko for smitte tilbake til eget anlegg. Innad i et område/klynge vil ensrettet strøm redusere risiko for smitte innad i klyngen, så lenge ikke anleggene er plassert på rekke langs strømretningen.

Det tar tid før lakseluslarvene når det smittsomme kopepodittstadiet; ved 10 grader tar det 4 dager, og så kan de smitte fisk frem til de er 170 døgngrader (f.eks. 17 dager ved 10 grader). Hvor langt larvene kommer seg før de blir smittsomme, avhenger av strømstyrken og temperaturen. Modellerte gjennomsnittshastigheter for de tre HTH-områdene ved 2 og 20 m dyp er omkring 0.15 - 0.3 m/s, og temperaturer for august kan være 16 grader (DNV, 2024) i relevante dyp. Ved 16 grader blir lakseluslarvene smittsomme etter 2,5 dager, som gir en distanse på omkring 30 – 65 km ved gjennomsnittshastighetene, før larvene blir smittsomme. Distansen før larvene blir smittsomme blir kortere ved strømstyrker under gjennomsnittet. Dermed vil ikke lakseluslarvene nødvendigvis være transportert ut av området før de blir smittsomme, selv ved ensrettet strøm. Påvirkningsområdet for virus er mindre enn for lakselus, da virus er mest smittsomt ved utslipp og halveres med en halveringstid i størrelsesorden en til to dager.

Egensmitte av anlegg forekommer langt hyppigere under lave strømhastigheter (tilnærmet bare tidevann) og høye temperaturer (typisk om sommeren når det også er mer lakselus) og dersom anleggene er plassert langs strømretningen.

Virvelaktivitet kan være vanlig nær sokkelskråningen. Betydningen av ensrettet strøm vs virvelaktivet avhenger av lokalitetsplasseringene og tilhørende avstander. En kombinasjon av ensrettet strøm og anlegg lagt på tvers av strømretningen vil redusere risiko for smitte mellom anlegg. Sterk strøm øker sjanse for fortynning av lus i vannmassene i anleggene, samt opprettholdelse av gode miljøbetingelser inkludert oksygen.

2.4. Mulighet for å etablere en god lokalitetsstruktur fra starten av med tilstrekkelig avstand mellom anlegg / klynger av anlegg basert på strømmodellering.

Vi ser det som særs nyttig å etablere en god lokalitetsstruktur fra starten av basert på modellering av strøm og smittespredning. På denne måten kan man unngå sterke smittenettverk mellom anleggene (nettverksanalyse). Som nevnt i 1.4, har lus og virus ulik smittedynamikk, og lokalitetsstrukturen bør ta hensyn til begge. Strømforholdene varierer mellom år, og strømmodelleringen bør derfor omfatte flere år, og vurderes opp mot eksisterende strømmålinger fra området. Det finnes i dag strømmålinger med ca. ett års sammenhengende varighet fra Norskerenna Sør og tilsvarende målinger ferdigstilles tidlig i oktober 2026 for Frøyabanken og Trænabanken.

2.5. Villaksens vandring ut til beiteområder i havet er begrenset til tidsperioden (mai – juli). Brakklegging av anlegg i denne tidsperioden kan redusere risiko for villaksen.

En ny studie av smitte (basert på innrapporterte lusetall, antall fisk på lokaliteten og temperatur) fra eksisterende lokaliteter til HTH områdene (Jensen mfl., i revisjon) viser mye lavere smitte fra kyst til HTH områdende enn mellom eksisterende anlegg på kysten. Vi har

ikke undersøkt tilfellet der HTH anleggene får lusesmitte, og det utvikler seg et betydelig antall voksne egg-produserende hunner, men i Jensen mfl., (i revisjon) har vi skissert at det er en rekke hendelser som må inntreffe for at det er sannsynlig at dette blir et problem. Brakklegging og kortere produksjonssyklus ved bruk av stor smolt er tiltak som bør vurderes for å redusere risiko for lusepopulasjoner i anleggene og påfølgende lusepåslag på utvandrende villaks. Dersom brakklegging vurderes som et tiltak alene, må man ta hensyn til at lakseluslarvene kan overleve relativt lenge i vannmassene, avhengig av temperaturen. Ved 10 grader tar det om lag tre uker før larvene har brukt opp energireservene og dør, og lenger tid ved lavere temperaturer. Det bør derfor ikke være voksne hunnlus som produserer egg i HTH den siste måneden før villaksen forventes å passere. En studie med ConMod (utvikling av lus i anlegg) vil kunne gi et estimat på sannsynligheten for egg-produserende lakslus i HTH anleggene i denne kritiske smoltutvandringsperioden. Brakklegging og kortere produksjonssyklus ved bruk av stor smolt er tiltak som også reduserer risikoen for andre patogener.

2.6. Ute til havs vil det ikke være annen laksefisk som sjøørret og sjørøye som kan bidra til spredning av lakselus gjennom hele året.

Smittepresset i HTH områdene vil i første omgang komme fra kystnære anlegg, og fra lus på vill Atlantisk laks. Av det totale antallet verter for lakselus i Norge er det anslått at ca 99.6 % av disse er oppdrettsfisk (Dempster mfl., 2021).

Selv om dagens smittepress inn mot HTH-områdene er mye lavere enn inn mot kystnære anlegg, er det ikke null. For at lakselus skal reprodusere må der imidlertid være en stor nok mengde kjønnsmodne lakselus av begge kjønn til stede for å reprodusere. 2.7. I HTH så vil det benyttes stor smolt som reduserer tiden den står i sjøen. Dette har man positive erfaringer med i kystnært oppdrett med tanke på oppbygging av Lakselus.

Dette må inngå som en del av produksjonsplanen som skal vurderes før tillatelse blir gitt. Se også svar under 1.5.

2.8. De fleste konseptene for havbruk til havs som er presentert til nå er anlegg med dypdrift. Med tanke på lakselus har man positive erfaringer fra dette kystnært.

Det forventes at dypdrift vil være positivt med tanke på lakselus også offshore. Dog er det imidlertid mer vertikal blanding til havs, ettersom det er mer vind og mindre tilførsel av ferskvann som stabiliserer vannsøylen enn i kystnære områder. Ved høy vertikal blanding kan lus blandes ned til dyp hvor fisken står, og dette er forventet å skje oftere til havs enn kystnært. Jensen mfl. (i revisjon) viser at faren for nedblanding er størst om vinteren og mindre om sommeren. Imidlertid er lusepresset i kystområdene størst om sommeren, og minst om vinteren, og Jensen mfl. (i revisjon) viser at det derfor hovedsakelig er om høsten at

det både er fare for lus i HTH-områdene og nedblanding til aktuelle dyp (50 m). Desto dypere anleggene står, desto mindre er faren for nedblanding av lus. Her må det også nevnes at nye studier indikerer at lusen kan tilpasse seg dypdrift over tid (Coates mfl., 2020, O'Neill, L. mfl., 2025) slik at gevinsten av dypdrift blir redusert og igjen resultere i økende lusepress.

Det er ukjent om dypdrift kan påvirke smittespredning av andre patogener (bør undersøkes).

2.9 Innenfor et områdetilsagn vil det kun være en aktør (unngår allmenningens tragedie og tydeligere plassering av ansvar).

Hvis en begrenser tillatelsen innenfor et områdetilsagn vil det være enklere å oppnå god biosikkerhet og hensiktsmessig utsetting og brakkleggingsstrategier som anses som positivt for å redusere smitterisiko mellom anleggene og dermed også redusere spredningsrisiko til villaks. Dette gjelder også for annen smitte.

2.10 Ytterlige tiltak:

Det vil være et spørsmål om hvor enkelt det er å håndtere ulike smitteutbrudd enten det gjelder lakselus eller annen smitte i HTH-anlegg. Hvis en først får en smitte kan det gi betydelig risiko for smitte til vill fisk i tillegg til fiskevelferdsmessige konsekvenser for oppdrettsfisken. Det vil derfor være viktig at en har tilstrekkelig beredskap til å håndtere slike situasjoner, inklusive utslakting av fisken hvis det er nødvendig. Det kan være hensiktsmessig å ha klare handlingsregler for slike situasjoner, herunder grenseverdier for tiltak for å beskytte både villfisk og for å ivareta god fiskevelferd. Smitte kan også forebygges gjennom å sette ut «spesifikk-patogen-fri» smolt (smolt som er screenet for patogener som er vanlig i dagens opprett).

---

3) Laksens vandrings- og oppholdsområder (2032 og fremover)

3.1. Hvordan vurderer HI muligheten for å skaffe til veie kunnskap om villaksens vandringsruter som har nytteverdi for risikoreduserende tiltak og avgrensning av utlysningsområder innenfor yttergrensene av områdene avgrenset i kgl. res av 27. februar 2026? Vi ber også HI anslå hvor stor denne nytteverdien vil være gitt at tidsperspektivet hvor lokalitetsklareringen tentativt skjer om få år mens miljøforhold i havet og dermed også vandringsrutene til villaksen vil kunne endre seg gjennom tillatelsens varighet på 25 år.

Målsetningen til fremtidige forsøk og undersøkelser for å øke kunnskapsgrunnlaget om post-smoltens vandring ut fra kysten vil søke å dokumentere i hvilket omfang post-smolt vandrer gjennom, eller tett opp mot planlagte HTH-områder, samt fra hvilket område (elv, fjord, region eller land) post-smolten kommer fra. Ny kunnskap vil i første rekke bidra til en forståelse av hvilke laksepopulasjoner som kan påvirkes av HTH, og kan gi grunnlag for

reguleringer der hvor særlig sårbare regioner/bestander blir berørt. Det er derimot usikkert hvorvidt ny kunnskap også kan brukes til avgrensning av HTH-områder eller til å optimalisere plassering av lokaliteter innenfor yttergrensene til de planlagte HTH-områdene for å redusere overlapp med vandrende postsmolt. Dette vil forutsette en detaljert kunnskap om postsmoltvandring som trolig ikke oppnås med ett eller to år med kunnskapsinnhenting, og det vil være variasjon i vandringsrutene mellom individer fra samme elv, og sannsynligvis også mellom år. Se også 3.2. for ytterligere vurdering av muligheter for innhenting av kunnskap om villaksens vandringsruter.

Vandringsrutene til villaks påvirkes av miljøforholdene i havet. Det er flere studier som har funnet støtte for at laksens svømmehastighet og vandringsretning påvirkes av vanntemperatur og saltholdighet (f.eks. Hedger 2008, Mork mfl. 2012, Ounsley mfl. 2020, Lily mfl. 2024). Videre er det klart at det over tid har vært en oppvarming av de dominerende vannmassene i Norskehavet (Mork mfl. 2019, Baumann mfl. 2026). Derfor kan det antas at fremtidige vandringsruter til laks i dette området vil kunne endre seg som følge av klimaendringer. Men fremtidige endringer i vandringsruter til post-smolt frem mot 2050 vil trolig være små. Det er ikke klare indikasjoner på at vandringsruter i hovedsak er styrt av temperatur eller saltholdighet, og mellomårlig variasjon i styrke og retning på havstrømmer nær overflaten påvirker vandringsruter mer enn temperatur (Mork mfl. 2012, Jensen mfl. 2022, Utne og Mousing 2025). Videre har vi ikke god nok kunnskap om mekanismene som regulerer vandringsruter til å forutsi fremtidige endringer i laksens marine utbredelse. I det følgende antas det derfor at vandringsruter i 2040-2050 blir tilsvarende som de er i dag, men usikkerheten i vurderingene øker som følge av klimaendringer.

Vi vurderer det derfor slik at økt kunnskap om vandringsruter for postsmolt i dag også vil være relevant i framtiden. Ikke minst vil økt kunnskap om hvilke faktorer som påvirker vandringen kunne anvendes for å anslå hvordan endringer i miljøforhold i framtiden vil kunne påvirke dette.

3.2. Med utgangspunkt i notat fra direktoratene (vedlagt), ber vi HI vurdere og rangere foreslåtte metoder for å øke kunnskapen om laksens vandrings- og oppholdsområder ut fra et kost-nytteperspektiv. HI kan også inkludere andre relevante metoder i vurderingen. Kunnskapen må kunne innhentes raskt, slik at den kan danne grunnlag for aktørenes KU og områdeplan.

Basert på en ny vurdering av kostnader og kunnskapen som potensielt kan genereres av de ulike metoder som ble presentert i rapporten fra arbeidsgruppen, vurderer vi at en kombinasjon av tråling og akustisk merking av smolt som den mest kostnadseffektive og nyttige metoden for å øke kunnskapen om laksens vandringsruter og oppholdsområder i forhold til HTH.

Mer konkret vil vi foreslå at det gjennomføres tråling i 10 dager i slutten av mai/begynnelsen av juni ved Norskerenna Sør og ved Trænabanken (estimert kostnad er 9 millioner til sammen for begge områder med 21 dager tråling totalt). Det har blitt samlet inn noe relevant data øst for Frøyabanken i 2026 i regi av NALO-tråling. Ved bruk av tråling får man kunnskap om hvor postsmolt er romlig fordelt, og sammen med genetikkanalyser kan man anslå opphavet til smolten (f.eks. fjord, norsk region eller utenlands, Gilbey mfl. 2021). Vi får individdata på fiskene, inkludert lusebelastning, størrelse, og skjell, som kan bli brukt for å regne ut antall dager de har vært i sjøen (Serra-Llinares et al. 2024). Data fra tråling kan bli generert innenfor en relativ kort tidsramme (omkring 2 år). Vi foreslår også å bruke akustisk telemetri nær inn mot kysten, ved å merke utvandrende laksesmolt fra 3 elver (én i nærheten av hvert av HTH områdene) samt med å sette ut lyttebøyer utenfor elvemunninger og i kystsoner hvor smoltene kan utvandre til åpent hav (estimert kostnad 13 millioner for 3 elver). Det vil gi oss kunnskap om vandringsretning ut fra kysten og om vandringsrutene er innenfor eller i nærheten av de tre HTH-områdene.

Data fra telemetristudier kan genereres på en kort tidsramme (omkring 2 år). Kostnader knyttet til tråling og merkestudier kan virke stor, men er nødvendig for å kunne foreta en helhetlig vurdering av påvirkning fra havbruk til havs. Det kan være en mulighet å bruke noe av HI's eksisterende lyttebøyer i studiene, for å redusere kostnader. Ved bruk av både tråling og merkedata, kan vi vi ta et betydelig skritt videre for å fylle kunnskapshull om postsmoltvandring.

3.3. Kunnskapsinnhenting om villaksens vandring i havet er vurdert i HI sin rapport «Vurdering av kunnskapsgrunnlaget for bestemmelse av vandringsruter for vill postsmolt av atlantisk laks i Norge – Potensielle interaksjoner med planlagte områder for oppdrett til havs» å være *svært dyrt og vanskelig å gjennomføre*. Har HI på bakgrunn av dette noen kost/nytte-betraktninger knyttet til forskningsinnsats på villaksen.

I rapporten nevnt ovenfor trakk vi fram at *å registrere og kvantifisere effekter av eventuell smitte fra HTH-områdene* til vill utvandrende postsmolt basert på direkte observasjoner ville være dyrt og komplisert. Alternativ til direkte registreringer er modellerte effekter, ved en kombinasjon av modellert vandring av postsmolt og modellert spredning av lakselus og annen smitte. Det foreligger potensiale for å videreutvikle dagens vandringsmodell til høyere presisjon. En svakhet vil imidlertid være at det vil være vanskelig å verifisere modellert lusepåslag gjennom direkte observasjon ved fangst av postsmolt og registrering av lusepåslag slik det gjøres i NALO-programmet. Likevel mener vi at det vil være nødvendig å benytte slike modellverktøy siden det vil være det mest kostnadseffektive verktøyet for å estimere eventuelle effekter.

Vandringsmodellen for postsmolt slik den foreligger i dag er basert på et begrenset antall fangster av postsmolt i Norskehavet genetisk tilordnet til norske laksebestander (Utne mfl. 2024, Utne & Mousing 2025). De fleste av individene som inngår i referansegrunnlaget for

modellen er fanget i Norskehavet, ikke kystnært. Modellen beskriver derfor hovedsakelig vandringsruter og vandringshastigheter som gjør det mulig for de simulerte individene å nå fram til de områdene i havet hvor vi har fanget norsk postsmolt. Modellen har ikke spesielt god støtte i referansematerialet for å beskrive vandringen fra kysten og ut til havområdene siden de fleste fangstene av postsmolt er tatt lenger ute i Norskehavet i juli og august. Det er få fangster av postsmolt i perioden hvor de vandrer fra kysten og ut til beiteområdene (mai-juni). Dette skyldes at det ikke er relevant toktaktivitet med pelagisk trål i disse områdene i den aktuelle perioden.

Dersom datagrunnlaget for modellen skal forbedres må det gjennomføres tråling med pelagisk trål med prøvetaking og genetisk tilordning av postsmolt i områdene fra grunnlinjen og ut til oppholds- og beiteområdene i havet (se 3.2). I tillegg er det potensiale for å øke presisjonen i genetisk tilordning av postsmolten som fanges. Det foreligger allerede en ny genetisk baseline, og oppdaterte data for postsmolt allerede fanget i havet som vil kunne gi mer regionspesifikk kunnskap om vandring. Det mangler imidlertid ressurser til å sluttføre dette arbeidet.

I tillegg til genetisk tilordning av trålfanget postsmolt kan det være aktuelt å benytte akustisk merking av smolt. Vandring mot havet kan da registreres ved utplassering av lyttebøyer i aktuelle områder som beskrevet under 3.2.

3.4. Gitt det som er beskrevet over vurderer departementet at vi må legge til grunn at vi ikke kan utelukke vandring av villaks forbi havanlegg uansett plassering. Krav til anlegg og drift må derfor dimensjoneres på bakgrunn av denne risikoen. Har HI noen vurderinger rundt dette?

Se svar på 1.5 om scenariomodellering i henhold til produksjonsplan for identifisering av design og drift som begrenser lusepress. Se også 2.8 mht infrastruktur med mulighet for dypdrift.

4) Mulig følgeforskning

4.1. Har HI noen forslag til slik følgeforskning som kan etableres parallelt med utviklingen av havbruk til havs?

Inkludere standardisert og regelmessig vurdering av smittespredning som del av områdeplan:

- Sannsynlighet for smitte fra kyst til HTH – selv om smittetrykket er lavt per i dag vil det kunne endres med forholdene på kyst. Nylig smittemodellering som er basert på historisk produksjon viser lite lus i de to nordlige HTH-områdene, men hva om produksjonen og luseforekomster i nord øker?
- Når smitte har oppstått – vil vi få utvikling av modne hunnlus og høyt nok antall lus til formering?

- Dersom modne hunnlus forekommer hva er da sannsynlighet for internsmitte (tilbake til eget anlegg), smitte til andre anlegg og smitte til villaks.
- Identifisere smittenettverk og planlegging av plassering av lokalitetene i en helhetlig lokalitetsstruktur (branngater, brakklegging, osv)
- Ved en (gradvis) oppstart av oppdrett til havs; krav om full innrapportering av lusetellinger for å overvåke situasjonen, og til videre bruk i spredningsmodellering for å evaluere smittepresset til andre anlegg og til villfisk.

Undersøke overlevelse og vandring for rømt oppdrettslaks

- Vurdere å slippe ut et begrenset antall (størrelsesorden 50 stk) merket oppdrettslaks fra ulike lokaliteter innenfor de 3 HTH områder
- Få tilgang på genetisk profil til oppdrettslaks fra HTH anlegg slik at gjenfanget rømt oppdrettslaks kan tilbakespores

Undersøke og overvåke merket fisk nær installasjoner

- Utnytte faste installasjoner til montering av lyttebøyer for akustisk merket fisk
- Undersøke, ved tråling og sporing av merket fisk, effekter av etablering av anlegg og tilhørende biomasse på vandringsmønster til villaks. Vil etablering av HTH fortrenge, tiltrekke eller ikke påvirke vandringsruter?
- Dersom villaks tiltrekkes HTH – vil den beite på spillfôr og hvilken konsekvens vil det kunne ha?

Overvåke biologisk sammensetning nær HTH anlegg

- Utnytte faste installasjoner til passiv og aktiv akustisk overvåking av biologisk sammensetning rundt HTH anlegg – vil anlegg tiltrekke, fortrenge eller ikke påvirke biologisk sammensetning. Kan dette påvirke byttedyr- og predatorsammensetning av betydning for villaks i havet?
- Vil arter som feks makrellstørje eller sjøpattedyr tiltrekkes HTH anlegg og kunne medføre skade på merd som resulterer i rømming?

Overvåke og analysere dynamikk i fysisk miljø

- Utnytte faste installasjoner til overvåking av fysisk miljø inkl strøm, temperatur, salt, bølger
- Utnytte målinger til å beregne mulige ekstremverdier av betydning for stress på installasjoner som feks kan resultere i rømming

Utvikle et varslingssystem som kan informere drift av anlegg mht lusereduserende tiltak

- Utvikle et operasjonelt system basert på eksisterende modeller og som predikerer strøm, vertikal blanding, lusepress og som kan knyttes til bl.a. valg om å senke merd ned i vannsøyle

Modellering av smittestoffspredning er en meget anvendelig proxy for å analysere smittespredning mellom oppdrettsanlegg. I slike anlegg, med store og tette populasjoner av mottakelige fisk, er risikoen for intern epidemi høy dersom infeksiøst smittestoff når frem til

anlegget. For villfisk er situasjonen mer kompleks: Finnes det villfiskpopulasjoner som kan eksponeres for smittestoffet, og hvordan er den smittemessige konnektiviteten i disse populasjonene – gitt patogenets egenskaper? Her kreves det en helhetlig, modellbasert analyse som integrerer både villfiskpopulasjoners karakteristika (som tilstedeværelse, biologi og atferd) og patogenets smittebiologi. Vi foreslår derfor å utvikle metodikk for epidemiologisk modellering av smitte til og innenfor villfiskpopulasjoner**,** med fokus på å utforske ekstreme scenarier (verst/best case).

Lokalitetsstruktur og anleggsutforming må altså utformes med tanke på å begrense luseproduksjon, spredning av lus og smitte til naboanlegg, samt rømming av oppdrettslaks. Samtidig må utforming av anlegg og håndtering av fisk oppfylle krav til fiskevelferd. I noen tilfeller kan innretning og tiltak som begrenser lus og smittespredning samt rømming være begrensende for fiskevelferd. God kjennskap til miljøpåvirkning på velferd i HTH områder er derfor nødvendig for å etablere drift som støtter alle disse formål. Følgeforskning bør derfor også søke å videreutvikle kunnskap om fiskevelferd for HTH.

Havforskningsinstituttet har arbeidet med velferd i eksponert lakseoppdrett i over ti år, særlig med fokus på biologiske grenseverdier for miljøpåvirkning. Dette arbeidet har i hovedsak blitt utført gjennom en rekke laboratorieforsøk, men også gjennom oseanografiske målinger og modellering. Per i dag forventer vi at oppdrettslaks kan trives i HTH, forutsatt at det tas hensyn til miljø, teknologi og produksjonsstrategier på riktig måte (Hvas et al., 2021; 2026; Skagseth et al., 2025). Blant annet må det tas hensyn til tilstrekkelig tilførsel av oksygen i forhold til biomasse og merdstørrelse når vannstrømmen er moderat til lav (Wen et al., 2026).

Det er fortsatt betydelige kunnskapshull når det gjelder effekten av bølger (Barbier et al., 2024; Athammer et al., 2024). For å få en bedre forståelse av hvordan store havbølger påvirker lakseoppdrett i kommersiell skala, er det derfor nødvendig å gjennomføre feltobservasjoner til havs.

Det vil være avgjørende å gjennomføre relevant oppfølgingsforskning på fiskevelferd når de første anleggene for «pilotproduksjon» er etablert til havs. I denne sammenhengen er det svært viktig at oppdretterne – helst i samarbeid med forskningsinstitusjoner – er i stand til å overvåke og dokumentere en rekke parametere som er relevante for fiskevelferden. Dette inkluderer detaljert miljøovervåking gjennom hele produksjonssyklusen, som omfatter vannstrømmer, bølger, temperatur og oksygennivåer. Naturlig nok bør man også innhente dokumentasjon om biologisk status (vekst, velferd, sykdom og helse osv.). Grundig dokumentasjon og vurdering av teknologi, logistikk, produksjonsstrategier osv. vil også være svært relevant.

Nedsenket drift kan være en løsning for å komme unna lusepåslag (Jensen mfl., i revisjon) og tidvis sterk strøm og bølger i overflaten (Ludvigsen et al., 2026). Perioder med dårlig vær vil også kunne gi betydelig reduserte operasjonsvinduer for tiltak som begrenser lus- og smitteproduksjon samt rømming samtidig som velferd opprettholdes.

Referanser

Athammar et al. (2024) https://doi.org/10.3354/aei00476

Barbier et al. (2024) https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740550

Baumann, T.M., Skagseth, Ø., Ingvaldsen, R.B. & Mork, K.A. 2026. Reduced cooling in the Norwegian Atlantic Slope Current: investigating mechanisms of change from 30 years of observations. *Ocean Science*, 22: 17–29.

Christensen, K. H., Albretsen, J., Asplin, L., Guldbrandsen Frøysa, H., Gusdal, Y., Iversen, S. C., ... & Trodahl, M. (2025). " Norkyst" version 3: the coastal ocean forecasting system for Norway. *EGUsphere*, *2025*, 1-22.

Coates, A., Phillips, B., Oppedal, F., Bui, S., Overton, K., and Dempster, T. 2020. Parasites under pressure: salmon lice have the capacity to adapt to depth-based preventions in aquaculture. Int J Parasitol, 50: 865–872

Dempster, T., Overton, K., Bui, S., Stien, L. H., Oppedal, F., Karlsen, Ø., ... & Barrett, L. T. (2021). Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, *13*, 237-248.

Diserud, O.H., Fiske, P., Karlsson, S., Glover, K.A., Næsje, T., Aronsen, T., Bakke, G. mfl. 2022. Natural and anthropogenic drivers of escaped farmed salmon occurrence and introgression into wild Norwegian Atlantic salmon populations. ICES Journal of Marine Science. 79: 1363-1379.

DNV AS & Åkerblå. (2024). Overordnet konsekvensvurdering av havbruk til havs: Norskerenna sør, Frøyabanken nord og Trænabanken (Rapport nr. 2024-4038, Rev. 1). DNV AS, på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet.

Gilbey, J., Utne, K. R., Wennevik, V., Beck, A. C., Kausrud, K., Hindar, K., Garcia de Leaniz, C., Cherbonnel, C., Coughlan, J., Cross, T. F., Dillane, E., Ensing, D., García-Vázquez, E., Hole, L. R., Holm, M., Holst, J. C., Jacobsen, J. A., Jensen, A. J., Karlsson, S., Ó Maoiléidigh, N., Mork, K. A., Nielsen, E. E., Nøttestad, L., Primmer, C. R., Prodöhl, P., Prusov, S., Stevens, J. R., Thomas, K., Whelan, K., McGinnity, P., & Verspoor, E. (2021). The early marine distribution of Atlantic salmon in the North-east Atlantic: A genetically informed stock-specific synthesis. Fish and Fisheries, 22(6), 1274–1306. https://doi.org/10.1111/faf.12587

Hansen, L.P. & Jacobsen, J.A. 2003. Origin and migration of wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in oceanic areas north of the Faroe Islands. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 110–119.

Hansen, L.P. 2006. Migration and survival of farmed Atlantic salmon (Salmo salar L.) released from two Norwegian fish farms. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1211–1217.

Hedger, R.D., Martin, F., Hatin, D., Caron, F., Whoriskey, F.G. & Dodson, J.J. 2008. Active migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* smolt through a coastal embayment. *Marine Ecology Progress Series*, 355: 235–246. https://doi.org/10.3354/meps07239

Hvas et al. (2026) https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.744061

Høringssvar til overordnet KU for HTH, 2024, https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing-av-overordnet-konsekvensvurdering-av-havbruk-til-havs-norskerenna-sor-froyabanken-nord-og-tranabanken/id3062322/?showSvar=true&consterm=&page=1&isFilterOpen=true

HI Høringssvar KU 2024 https://www.regjeringen.no/contentassets/aedb6efdaec7424a863953e173941c3c/havforskningsinstituttet.pdf?uid=Havforskningsinstituttet

Jensen, J.L.A., Strøm, J.F., Nikolopoulos, A., Primicerio, R., Skarðhamar, J., Atencio, B.J., Strand, J.E.T., Bjørn, P.A. & Bøhn, T. 2022. Micro- and macro-habitat selection of Atlantic salmon, *Salmo salar*, post-smolts in relation to marine environmental cues. *ICES Journal of Marine Science*, 79(4): 1394–1407.

Jensen MF, Sandvik AD, Hvas M, Oppedal F, Bergh Ø. Reduced lice infection pressure at offshore salmon aquaculture sites I revisjon i ICES JMS, sep 2026.

Lilly, J., Honkanen, H.H., Rodger, J.R., del Villar, D., Boylan, P., Green, A., Pereiro, D., Wilkie, L., Kennedy, R., Barkley, A., Rosell, R., Ó Maoiléidigh, N., O'Neill, R., Waters, C., Cotter, D., Bailey, D., Roche, W., McGill, R., Barry, J. et al. 2024. Migration patterns and navigation cues of Atlantic salmon post-smolts migrating from 12 rivers through the coastal zones around the Irish Sea. *Journal of Fish Biology*, 104: 265–283.

Ludvigsen, T., Misund, B., & Tveterås, R. (2026). Production strategies in offshore salmon aquaculture. Aquaculture Economics & Management. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/13657305.2026.2660912

Mahlum S, Skoglund H, Wiers T, Norman ES, Barlaup, B.T., Wennevik, V., Glover, K., Urdal, K., Bakke, G.,

Vollset, K.W. 2019. Swimming with the fishes: validating drift diving to identify farmed Atlantic salmon escapees in the wild. Aquaculture Environment Interactions. 11:417-427. https://doi.org/10.3354/aei00326

Mork, K.A., Gilbey, J., Hansen, L.P., Jensen, A.J., Jacobsen, J.A., Holm, M., Holst, J.C., Ó Maoiléidigh, N., Vikebø, F., McGinnity, P., Melle, W., Thomas, K., Verspoor, E. & Wennevik, V. 2012. Modelling the migration of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 69: 1616–1624.

Mork, K.A. et al. 2019. Recent Warming and Freshening of the Norwegian Sea Observed by Argo Data. *Journal of Climate*, 32.

O'Neill, L., Coates, A., Oppedal, F., and Dempster, T. 2025. Evidence for the evolution of resistance to non-chemical parasite controls: salmon lice from submerged cages produce larvae that swim deeper. Evolutionary Applications, 18: e70167.

Ounsley, J.P., Gallego, A., Morris, D.J. & Armstrong, J.D. 2020. Regional variation in directed swimming by Atlantic salmon smolts leaving Scottish waters for their oceanic feeding grounds—a modelling study. *ICES Journal of Marine Science*, 77(1): 315–325.

Serra-Llinares, R. M., Nilsen, R., Fjeldheim, P. T., Sandvik, A. D., Haraldstad, T., & Karlsen, Ø. (2024). Inferring time at sea from scale circuli: implications for the interpretation of salmon lice distributions on sea trout. Aquaculture Environment Interactions, 16, 213–225. https://doi.org/10.3354/aei00485

Skagseth, Ø., Oppedal, F., Søiland, H., & Hvas, M. (2025). Measured oxygen levels in Norwegian waters and implications for future offshore Atlantic salmon aquaculture. Scientific Reports, 15, 29416. https://doi.org/10.1038/s41598-025-12697-x

Skår, K., H.G. Frøysa, M. F. Jensen, E. Lona, B. Misund, B.G. Næss, A. D. Sandvik, L.M. Sunde, G.-L. Taranger, and R. Tveterås. 2025. "Fra rødt til grønt 2.0 - Bærekraftig omstilling av sjømatproduksjon i Vestland, som region Nordhordland som eksempel." In. Veterinærinstituttet.

Utne , K.R.. Serra-Llinares, R.M., Wennevik, V. 2024. Vurdering av kunnskapsgrunnlaget for bestemmelse av vandringsruter for vill postsmolt av Atlantisk laks i Norge - Potensielle interaksjoner med planlagte områder for oppdrett til hav. Rapport fra Havforskningen 2024-20.

Utne, K.R., Thorstad, E. B, Urdal, K., Skoglund, H., Florø-Larsen, B., Ambjørndalen, V.M., Arntzen S.N., T., Diserud, D., Fjeldheim, P.T., Harvey, A., Husebø, Å., Johansen, K.N., Kambestad, M., Knutar, S., Løkeberg, G., Solberg, I., Steinkjer, E., Stöger, E., Sægrov, H., Østborg, G., Wennevik, W. 2025. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2024. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet. Rapport fra havforskningen, 2025-39.

Utne, K.R., Florø-Larsen, B., Skoglund, H., Urdal, K., Thorstad, E.B., Ambjørndalen, V.M., Arntzen, S.N., Diserud, D., Fjeldheim, P.T., Harvey, A., Husebø, Å., Kambestad, M., Knutar, S., Solberg, I., Johansen, K.N., Steinkjer, E., Sægrov, H., Løkeberg, G., Østborg, G., Stöger, E. & Wennevik, W. 2026. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2025. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet. Rapport fra havforskningen, 2026-33.

Utne, K.R. & Mousing, E.A. 2025. Regional differences in salmon post-smolt migration routes can explain variation in individual growth at sea. *Ecological Modelling*, 500: 110955.

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL). 2026. Status for norske laksebestander i 2026 – menneskeskapte trusler mot laks i 2026 – menneskeskapte trusler mot sjøørret i 2026. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning.

Wennevik, V., Thorstad, E.B., Stöger, E., Ambjørndalen, V.M., Aronsen, T., Diserud, O.H., Fjeldheim, P.T., Florø-Larsen, B., Glover, K.A., Heino, M., Husebø, Å., Johansen, K.N., Kambestad, M., Knutar, S., Løkeberg, G., Skaala, Ø., Skoglund, H., Solberg, M.F., Solberg, I., Sollien, V.P., Steinkjer, E., Sægrov, H., Tønder, T.S., Urdal, K., Utne, K.R. & Østborg, G. 2024. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2023. Rapport fra det nasjonale overvåkingsprogrammet. Rapport fra havforskningen, 2024-24.

Wen, X., Ong, M. C., Yin, G., Ludvigsen, T., & Oppedal, F. (2026). Comparative analysis of dissolved oxygen distribution in three ocean-based fish cages based on measured metocean data. Aquaculture, 614, 743466. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.743466

Ådlandsvik, B. 2019. Havbruk til havs – smittespredning, Rapport fra havforskningen 2019-58.