

# Resultater og aktiviteter **2022** Havbruk

FHF måloppnåelse 2022

Innledning

Havbruk og miljø

Kvalitet laksefisk

Fiskehelse og fiskevelferd

Fôr og fôrressurser

Rammebetingelser havbruk



FISKERI- OG HAVBRUKSNÆRINGENS  
FORSKNINGSFINANSIERING

# FHF måloppnåelse 2022

FHFs mål er å utvikle kunnskap for norsk sjømatnæring som muliggjør økt verdiskaping, bærekraft og innovasjon.

## NÆRINGSINVOLVERING

Næringens involvering er avgjørende, og næringsaktørene er tungt og bredt involvert i FHF's arbeid.

- Det gjelder der FoU-innsatsen innrettes gjennom prioriteringene, hvor rundt 75 personer fra næringen er direkte involvert.
- Det gjelder gjennomføring av FoU-prosjektene, der rundt 500 næringsaktører er involvert gjennom referansegrupper.

## RESULTATMÅLING

FoU-innsatsen skjer innen alle deler av næringen, med prosjekter som vil ha helt forskjellige målsettinger. Om de skaper resultater må derfor vurderes for det enkelte prosjekt av de med kjennskap til prosjektet. Da er det samtidig utfordrende å måle resultater for hele innsatsen samlet. Derfor er FHF's resultatmåling knyttet til de enkelte prosjekter. Næringsaktørene med kjennskap til prosjektet vurderer bl.a. i hvilken grad prosjektet har oppnådd sine mål og om de vurderes å bidra til verdiskaping i næringen.

Gjennom 2022 er slik resultatmåling utført for nær 50 FoU-prosjekter og av nær 150 næringsaktører med innsikt i prosjektene.

På de to neste sidene finner du noen av de viktigste resultater på måloppnåelse fra prosjekter avsluttet i 2022, vurdert av næringen.

### Oppnår prosjektene sine målsettinger?

- I **96 %** av prosjektene vurderer næringen at prosjektet har oppnådd noen av målene, alle målene eller alle målene og mere til. Dette er særdeles høyt, selv om det å oppnå «noen av målene» i flere prosjekter ikke vil være fullt tilfredsstillende.
- I **36 %** av prosjektene er alle målene eller alle mål og mere til oppnådd.

**96 %** har oppnådd noen av målene, alle målene eller alle målene og mere til.

**36 %** har oppnådd alle målene eller alle mål og mere til.

### Vil resultatene kunne tas i bruk i næringen?

- Ny kunnskap utvikles i alle prosjekter, men verdiskapingen skjer først når de implementeres i næringen, derfor er et viktig mål om næringen vurderer at resultatene kan tas i bruk.
- I **88,9 %** av prosjektene mener næringen at resultatene i stor eller moderat grad kan tas i bruk, og fra **31,1 %** av prosjektene vurderes at resultater i stor grad kan implementeres og skape verdier i næringen.

**89 %** av resultatene kan i stor eller moderat grad tas i bruk.

**31 %** av resultatene kan i stor grad implementeres i næringen.

### Lykkes vi i å kommunisere resultatene til næringen?

- Avgjørende for at resultater skal kunne tas i bruk er at de er gjort kjent for næringen og hvordan de er gjort kjent. Her har både forskerne og FHF et betydelig ansvar. Næringens vurdering av hvordan det forvaltes er derfor en viktig målev variabel.
- I **78 %** av prosjektene mener næringen at vi i stor eller moderat grad har lyktes i å kommunisere resultatene, mens i **12 %** av prosjektene vurderes det at prosjektet i liten grad eller ikke i det hele tatt har lyktes med dette.

**78 %** av prosjektene har i stor eller moderat grad lyktes med å kommunisere resultatene.

**12 %** av prosjektene har i liten grad lyktes med å kommunisere resultatene.

### Skaper resultatene nye produkter eller prosesser?

- Særlig i teknologiprosjekter er det avgjørende at teknologi som utvikles bidrar til at nye produkter eller prosesser utvikles, derfor måles vurderingen av dette på teknologiprosjekter.
- I **50 %** av teknologiprojektene vurderer næringen at resultater fra prosjektet forventes å bli implementert i nye produkter eller prosesser

**50 %** av resultatene forventes å bli implementert.

### Gir prosjektene økonomisk avkastning?

- Det er utfordrende å koble resultater fra FoU-prosjekter direkte til økonomisk avkastning i næringen, og i særdeleshet for generiske prosjekter som skal gi nytte til en næring som helhet. Imidlertid er det i teknologiprosjekter svært viktig hva slags mulig avkastning næringen som er involvert mener at prosjektresultatene kan gi.
- I **33,3%** av prosjektene vurderes at prosjektet vil gi høy avkastning eller en avkastning lik normalen i bransjen.

**33 %** av prosjektene vil gi høy avkastning eller en avkastning lik normalen.

### Er prosjektene verdifulle bidrag til utvikling av næringen?

- Det er naturlig å tenke at en hver FoU-innsats er et bidrag til utvikling av næringen, men det er ikke gitt. Derfor er det av betydning å måle i hvilken grad næringen i det enkelte prosjekt mener at det er et verdifullt bidrag.
- I **93,3 %** av prosjektene vurderer næringsaktørene at prosjektet i stor eller moderat grad er et verdifullt bidrag til utvikling av næringen.

**93 %** av prosjektene er i stor eller moderat grad et verdifullt bidrag til utvikling.

# Havbruk

Havbruk er en svært forskningsintensiv sektor i norsk sjømatnæring. Siden havbruk utgjør over 70 % av eksportverdien fra næringen, bidrar FHF tilsvarende med FoU til havbrukssektoren, som med det også er det klart største området i FHF.

**FISKEVELFERD**, både i forbindelse med håndtering av laks og sykdommer, er det høyest prioriterte området i FHF's innsats. Derfor er forebygging mot lus, og innsats for å styrke laksens robusthet, viktige prioriteringer og områder der det skjer løpende fremskritt som følge av FoU-innsatsen.

I tillegg har det blitt levert resultater på miljødokumentasjon. Gode rammebetingelser er avgjørende for havbruksnæringens videre utvikling,

og resultater er levert på flere prosjekter som vil bidra til best mulig kunnskapsgrunnlag for rammebetingelsene næringen får.

Næringens representanter er involvert i prosjektene noe som er viktig for at innsatsen skal være relevant og skape resultater.

## INNSATSEN PÅ HAVBRUKSOMRÅDET ER ORGANISERT I FEM DELOMRÅDER:

- **Havbruk og miljø**  
FHF skal bidra til økt miljømessig bærekraft i norsk havbruksnæring.
- **Kvalitet**  
FHF skal utvikle kunnskap og løsninger for å sikre forutsigbar kvalitet på laksefisk.
- **Fiskehelse og fiskevelferd**  
FHF skal bidra til å redusere dødelighet, forbedre fiskehelse og styrke biosikkerheten i norsk havbruksnæring.
- **Fôr og fôrressurser**  
FHF skal fremskaffe kunnskap om ernæring og fôråvarer som sikrer god fiskehelse, og bidra til at nye bærekraftige fôrressurser tas i bruk.
- **Rammebetingelser**  
FHF skal bidra til havbruksnæringens rammebetingelser gjennom forskningsbasert kunnskap.

# Havbruk og miljø

FHF skal bidra til økt miljømessig bærekraft i norsk havbruksnæring.

## VIKTIGE RESULTATER OG HENDELSER

- Det er startet et prosjekt for å dokumentere effekter og toleransegrenser for utlipp fra oppdrettsanlegg på relevante arter av korall og svamp.
- Det er utviklet en prototype av et beslutningsstøtteverktøy som kan være til hjelp i situasjoner der man mistenker eller vet at skadelige alger eller maneter forekommer.
- Det er utviklet et digitalt verktøy som gir konkrete, lokalitetsspesifikke anbefalinger for valg av forbyggende tiltak mot lakselus basert på lokale miljøforhold.
- Det er dokumentert sammenheng mellom risiko for dødelighet ved termisk avlusning og god restitusjon etter annen håndtering.
- Det er dokumentert at mekanisk avlusning er en viktig faktor for redusert velferd hos rognkjeks.



## Miljø- dokumentasjon

### PRIORITERINGER

- Evaluere, og når nødvendig bidra til å utvikle kunnskapsgrunnlag om miljøpåvirkning og miljørisiko fra havbruk.
- Fremskaffe kunnskap om tiltak og beste praksis som næringen kan iverksette for å redusere utslipp av mikroplast fra havbruk.
- Kartlegge kunnskapsgrunnlag om miljøeffekter fra medikamenter og kjemikalier som benyttes i havbruksnæringen, og ved behov utvikle målrettede tiltak for å sikre forsvarlig bruk.
- Bidra til utvikling av systemer for kontinuerlig overvåking og varsling av skader på nøter.
- Utvikle og dokumentere effekt av tiltak for oppsamling og anvendelse av organisk stoff og næringsstoffer fra land- og sjøbasert oppdrett.
- Fremskaffe kunnskap om kontroll med begroing uten negative effekter på miljø og laks.

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Oppblomstringer av giftige alger og lignende utfordringer

I prosjekt [901664](#) er det utviklet en prototype av et [beslutningsstøtteverktøy](#) som kan ha stor verdi når man mistenker eller vet at skadelige alger eller maneter forekommer.

#### Utslipp og utnyttelse av organisk materiale og næringsstoffer

Lavtrofiske organismer, som svart soldatflue og børstemark, er i stand til å bruke fiskegjødning fra akvakultur som vekstmedium, og omsette dette til animalsk protein som kan brukes til fiske- og dyrefôr. Avdekking av risikofaktorer ved bruk av fiskegjødning som vekstmedium for produksjon av lavtrofisk animalsk protein er et steg mot fremtidig bruk av oppdrettsslam. Det ble derfor i 2022 startet et prosjekt med målsetting om å bidra til mer dokumentasjon som grunnlag for biosikker bruk av fiskegjødning fra havbruk som grunnlag for fôrproduksjon ([901732](#)).

Man har i dag lite kunnskap om hvordan utslipp fra oppdrettsanlegg påvirker forskjellige arter av svamp og korall. Dette gir utilstrekkelig forutsigbarhet for næringsutvikling i sjømatsektoren, og er bakgrunnen for at FHF i 2022 initierte prosjekt [901785](#) med målsetting å dokumentere effekter og toleransegrenser for utslipp fra oppdrettsanlegg på relevante arter av korall og svamp.

#### Redusere utslipp av mikroplast

Kunnskap og dokumentasjon som vil være viktige bidrag til å identifisere omfang av og kilder til mikroplast, er utviklet og vil kunne bidra til å re-



Foto: Havforskningsinstituttet

duere omfanget av plast i havet som stammer fra sjømatnæringen. Prosjekt MICRORED [901658](#) ble avsluttet i 2022 og har vist at fôr kan transporteres med lavere lufthastighet enn det som brukes kommersielt. Dette vil føre til mindre mikroplastdannelse. Det ble også i 2022 initiert en satsing med mål om å redusere utslipp av mikroplast fra oppdrettsnæringen med fokus på utslipp fra RAS-anlegg og havbruksanlegg. Prosjekter vil ha oppstart tidlig i 2023.

#### Steril oppdrettslaks

Bruk av steril oppdrettslaks vil sikre at rømt laks ikke formerer seg med villaks i naturen. I tillegg er kjønnsmodning fremdeles årsak til 3–4% nedklassing av fisk ved slakting. Prosjekt [901459](#) hadde som mål å dokumentere hvorvidt dnd-MO-indusert sterilitet påvirker laksens helse, velferd og tilvekst i ferskvann og sjøvann frem til slakting. Prosjektet ble avsluttet i 2022 og har frembragt ny kunnskap om en mulig

alternativ metode til triploidisering for å lage steril laks, selv om antall fisk i forsøkene, særlig mot slutten, var for lite til at det er mulig å konkludere sikkert. Fremdeles er metoden for krevende og ineffektiv til at det er mulig med kommersiell anvendelse.

#### Skader på nøter og notrengjøring

Hull i not er fremdeles den vanligste årsaken til at fisk rømmer. FHF har derfor initiert prosjekter med målsetting om å utvikle teknologi for kontinuerlig overvåking og varsling av slitasje og skader på not ([901677](#), [901678](#)). På slutten av 2022 ble to nye prosjekter med målsetting om mer kontinuerlig notrengjøring, som kan bidra til redusert utslipp av både notimpregnering og organisk begroingsmateriale, startet opp.

## Lakselus

### PRIORITERINGER

- Fremskaffe kunnskap om effektive metoder for forebygging og kontroll av lakselus og skottelus.
- Fremskaffe kunnskap om produksjon og bruk av oppdrettet berggylt og rognkjeks for å sikre lusekontroll med god overlevelse og velferd for rensefisken.
- Fremskaffe kunnskap om hvilke betingelser som gjør rensefisken til en lusespiser.
- Utvikle dokumentasjon av nye kontrolltiltak mot lakselus.
- Dokumentere effekt og velferd ved bruk av ulike kontrolltiltak i kombinasjon.
- Utvikle teknologi for oppsamling av lus som faller av i forbindelse med håndtering og trenging.
- Fremskaffe kunnskap om bruk av geografiske driftsmodeller for effektiv og økonomisk best mulig forebygging og kontroll med lakselus fra utsett til slakt.

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Kunnskaps- og erfaringsdeling i næringen

Den årlige nasjonale Lusekonferansen ble i 2022 igjen gjennomført fysisk – for foredrag se [Lusekonferansen 2022](#).

#### Effekter av behandlingstiltak på lakselus og laks

I store deler av Norge har lakselus utviklet økt resistens mot kjemiske avlusningsmidler. Kontroll med parasitten foregår nå i stor grad ved langvarig bading i ferskvann eller kortvarig bading i varmtvann. Prosjekt TERMVEL ([901649](#)), har en målsetting om å skaffe til veie objektiv dokumentasjon av kritiske faktorer for laks ved termisk avlusing. Prosjektet har levert delresultater i 2022 og resultatene viser at laks har en kraftig adferdsrespons på varmt vann selv om de er 1–2 kg, og selv om de kommer fra en høy utgangs-temperatur og har lav  $\Delta t$  (= forskjell mellom temperaturen de lever i og behandlingstemperaturen). Forsøkene viste også at laks som ikke er restituert etter annen håndtering, eller har andre iboende svakheter, har økt risiko for dødelighet med økt behandlingstemperatur. Resultatene fra andre forsøk i prosjektet underbygger at hvis fisken er i god stand behøver det ikke opptre dødelighet etter termisk avlusing.

#### Samspill mellom lakselus og vert

Prosjekt INFEST [901565](#) ble avsluttet i 2022. Prosjektet har studert interaksjonen mellom lakselus og atlantisk laks med spesielt søkelys på reaksjoner i cellene i laksehud. Genuttrykk i laksen viste de største forandringer i huden rett under der lus var plassert. Høye tempera-



turer var positive for laksens evne til å reagere på infestasjonen, mens antallet av lakselus hadde lite betydning. Det ble også vist at laksen hadde en kraftigere og kjappere immunologisk respons på lus ved høyere temperaturer, men en så ingen beskyttende effekt. Anlegg i områder med varmere vann, generelt eller sesongbetont, kan derfor forventes å oppleve større utfordringer i håndtering av luseinfestasjoner.

#### Teknologiske løsninger for forebygging

Forebygging av lusepåslag er den klart viktigste strategien for å få minst mulig utfordringer med

lakse- og skottelus. I prosjekt [901567](#) AcuLice er det dokumentert at å sende ut et sammensatt akustisk lydbilde i merdene som «sliter ut» luselarvene slik at de ikke fester seg til laksen, kan bidra til en signifikant økning i effektiv produksjonstid fra oppstart og frem til første behandling mot lus. Blodplasmaanalyser viste ingen signifikante akutte eller langtidseffekter på stressrespons hos laks ved bruk av metoden. Fremdeles gjenstår dokumentasjon av effekter på andre organismer.





Prosjektet «EFFEKTIV» ([901652](#)) leverte resultater i 2022. Prosjektet har dokumentert effekt og fiskevelferd ved bruk av rensefisk og skjørt, og kombinasjon av disse metodene. Systematisk gjennomgang av tilgjengelige data viser tydelig at rognkjeks beiter på lakselus og skottelus. I gjennomsnitt ble det funnet 0,19 lakselus per rognkjeks i magen hos 26 000 rognkjeks i laksemerder langs norskekysten. Dette tilsvarer at 19 % av lusepopulasjonen dør hvert døgn hvis man antar 10 % innblanding av rognkjeks, at lakselus fordøyes i løpet av ett døgn og 0,1 lus (sum voksne + preadulte) per laks. Mekanisk avlusing er en viktig faktor for svekket velferd hos rognkjeks.

I prosjekt ([901685](#)) er det utført en metaanalyse av alle publiserte data fra forsøk som har brukt snorkelmerder, luseskjørt, nedsenket lys og nedsenket fôring. Det er også det gjennomført kontinuerlig overvåking av lokale miljøforhold, lusepåslag og produksjonseffektivitet på 24 kommersielle lokaliteter langs hele kysten. Det er utviklet en åpen database som inneholder informasjon om miljøforhold og lusepåslag gjennom hele året for hver godkjent lokalitet i Norge. Det er også utviklet et digitalt verktøy som gir konkrete, lokalitetsspesifikke anbefalinger for valg av forbyggende tiltak basert på lokale miljøforhold.



Foto: Havforskningsinstituttet

#### Velferd hos rensefisk

OptiRens ([901563](#)) har studert miljø og fôring for optimal helse og overlevelse for rensefisk i merd og ble avsluttet i 2022. Det er en videreføring av [901136](#) Rensvel, som hadde som mål å øke overlevelse og velferd hos rensefisk i merd gjennom å tilvenne rensefisken til faktorer som kjennetegner merdmiljøet. Resultatene fra begge prosjektene indikerer at man bør være forsiktig med å bruke for høyt fettnivå i fôr, men det blir viktig å teste effekter av fôr når fisken settes i merd. God kondisjon er viktig for berggylt som skal stå i sjø ved lave temperaturer. Man ser at skinnhelse på berggylt påvirkes negativt av lave temperaturer.

Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk er kartlagt igjennom prosjektet DOKUMENTAR [901692](#) som leverte resultater i 2022. Prosjektet har vist at det er behov for bedre dokumenta-

sjon av uregistrert tap av rensefisk. Det ble vist at det er viktig med stor nok og robust rensefisk ved transport for å bedre velferd og overlevelse. Dødelighet i sjø er ofte knyttet til håndtering og det er behov for å utvikle metoder for gjenfangst og sortering av rensefisk.

#### Effektiv bruk av rensefisk

Det er avgjørende å vite hvilke betingelser som påvirker hvor effektiv rensefisken er til å spise lus. FHF initierte derfor i 2022 tre nye prosjekter som skal adressere dette. SpisLus [901780](#) skal dokumentere hva som gjør berggylt og rognkjeks til effektive lusespisere. Rensefiskbetingelser [901766](#) skal identifisere faktorer som effektiviserer lusespising og beregne effekt med bruk av rensefisk på kontroll med lakselus og skottelus. AkvaNest [901781](#) skal undersøke effekten tareskjul har på velferd og lusespising hos rognkjeks.



Foto: Svenn Arne

# Kvalitet laksefisk

FHF skal utvikle kunnskap og løsninger for å sikre forutsigbar kvalitet på laksefisk.

## VIKTIGE RESULTATER OG HENDELSER

- Det er frembragt ny dokumentasjon om årsaker til mørke flekker i laksefilet
- Det er igangsatt et nytt prosjekt for å utvikle ny teknologi for fullskala rensing og gjenbruk av prosessvann fra utblødningsstanker ved norske lakseslakterier.



## Kvalitet laksefisk

### PRIORITERINGER

- Fremskaffe kunnskap om faktorer som påvirker opptak og omsetning av pigment for å sikre god og jevn innfarging i laksemuskel.
- Avdekke årsaker til dannelse av mørke flekker i laksefilet og utvikle tiltak som kan redusere forekomst.
- Utvikle metodikk for automatisk og objektiv måling og predikering av tekstur i laks og ørret.
- Utvikle metoder og teknologi for best mulig håndtering av slaktefisk med fokus på produktkvalitet og fiskevelferd.
- Utvikle ny og forbedre eksisterende teknologi for økt bearbeiding av laks og ørret.
- Utvikle forebyggende tiltak for listeria-fri prosessering og foredling av laksefisk.

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Mørke flekker i laksefilet

Mørke flekker i laksefilet rangeres som den viktigste årsaken til kvalitetsavvik, som også medfører store økonomiske tap for havbruksnæringen. FHF har prioritert forskning på mørke flekker over flere år og har pågående prosjekter for å avdekke årsaker. Prosjekt [901487](#) har i 2022 avdekket at mørke flekker oppstår etter overføring til sjø, sammenfallende med økt forekomst av ribbeinsbrudd og andre ribbeinsavvik. Prosjektet har også konkludert med at blødninger i muskel grunnet klemskader, slag og fall kan utvikle seg til mørke flekker over tid. Sjøtemperatur ved utsett og størrelsen på oppdrettsenhetene påvirker også forekomsten av mørke flekker. Prosjektet har vist at forekomsten kan minskes ved å justere fôrets fett- og proteininnhold samt sammensetning av fett.

#### Pigmentering av laksefilet

Dårlig innfarging av laksefilet kan være en kvalitetsutfordring for oppdrettslaks. Prosjekt [901642](#) som ble avsluttet i 2022 har avdekket viktige molekylære mekanismer og identifisert hvilke gener som styrer innfarging av pigment i laksemuskel. Videre indikerer resultatene at gjentatt stressbehandling med hypoksi (reduert oksygen i vannet) har negativ påvirkning i produksjonssammenheng, men at dette er uavhengig av pigmentering. Man fant også et overlappende nettverk av gener som styrer astaxanthin og lipidmetabolisme, noe som indikerer at ulike fettkilder i fôret kan ha en viktig betydning for å oppnå tilfredsstillende pigmentering.

#### Bedøvelse av slaktefisk

Prosjekt [901622](#) har testet ultralav temperatur som en mulig ny metode for å bedøve oppdrettsfisk (laks og ørret) og leverte resultater i 2022. Resultatene viser at dette er ikke en like rask bedøvelsesmetode som slag eller el-bedøving, og med dagens tidskrav (<0,5 s) så er denne metoden derfor ikke egnet som ny bedøvelsesmetode for slakteklar laksefisk. Metoden kan derimot bedøve/immobilisere små fisk relativt umiddelbart. Metoden kan derfor kunne bli nyttig for villfanget råstoff og slakteprosess ved at det fungerer som både bedøvelse og avliving i samme prosess.

For råstoff som skal fryse inn helt vil bedøvelse, avliving og innfrysing kunne slås sammen i én prosess. Reker kan være egnet til å teste metoden

på da dette er et råstoff som ikke blir bedøvet ved innfrysing, og den kommersielle innfrysingen er en langsom prosess.

#### Rensing av prosessvann

Et prosjekt er igangsatt i 2022 der målet er å utvikle ny teknologi for fullskala rensing og gjenbruk av prosessvann fra utblødningstanker ved lakselakterier. Prosjektet [901763](#) er et samarbeid mellom to leverandørbedrifter, som sammen med en lakseprodusent skal utarbeide forsøksdesign og modeller for gjennomføring av fullskalaforsøk med en nyutviklet prototype for rensing og gjenbruk av prosessvann fra slakterier.



Foto: Tom Haga/Sjømatrådet

# Fiskehelse og fiskevelferd

FHF skal bidra til å redusere dødelighet, forbedre fiskehelse og styrke biosikkerheten i norsk havbruksnæring.

## VIKTIGE RESULTATER OG HENDELSER

- Det er vist at termisk avlusing av laks i fravær av trenging og uten tilstedeværelse av patogener på fisken, ikke medfører negativ påvirkning på fiskens gjellehelse eller dødelighet.
- To nye prosjekter er igangsatt som skal gjennomføre livsløpsstudier av oppdrettslaks for å fremskaffe ny kunnskap om betydningen av kritiske innsatsfaktorer i settefiskfasen på fiskens helse, velferd og prestasjon i sjøfasen og helt ut til slakt.
- Det er dokumentert at oppkonsentrering av bakterien *Yersinia ruckeri* i behandlingskamre på avlusere, kombinert med økt stress og fysiske skader påført fisken i forbindelse med behandlingen, er viktige bidragsfaktorer til utvikling av klinisk yersiniose i etterkant av avlusing.
- To nye prosjekter skal fremskaffe kunnskap om biologisk risiko og effekter på laksens helse og velferd under transport og ved behandling i brønnbåt, for å optimalisere prosedyrer og praksis og dermed styrke biosikkerheten i næringen.
- Det er dokumentert at atypisk vintersår eller tenacibaculose utvikler seg betydelig raskere i fiskegrupper satt ut på sjøtemperatur lavere enn 5 °C sammenlignet med høyere temperaturer, og at rognkjeks ikke representerer en alvorlig trussel med tanke på overføring av tenacibaculose til oppdrettslaks holdt i samme merd.
- Det er lansert en første versjon av en standardisert metode for registrering og vurdering av velferd hos laks i norske matfiskanlegg, som vil gjøre det mulig å tallfeste og sammenligne velferdsstatus over tid og rom, finne årsaker og sammenhenger bak velferdsproblemer og gjøre strategiske og praktiske forbedringer.



## Tapsreduksjon og robust fisk

### PRIORITERINGER

- Avdekke biologiske og miljømessige faktorer som påvirker smoltens generelle robusthet, for å kunne utvikle tiltak som vil styrke laksens helse og overlevelse i sjøfasen.
- Avdekke risikofaktorer og identifisere biosikkerhetstiltak for å hindre smittespredning, og etablere kunnskapsgrunnlag for robust smittesikring.
- Fremskaffe kunnskap om årsakssammenhenger som kan lede til tiltak for å redusere forekomst av deformiteter og misdannelser.
- Fremskaffe kunnskap om hvordan vannkvalitet, fôr, driftsparametere etc. påvirker bakteriesamfunn (mikrobiota) i fisk og vann, for utvikling av verktøy for overvåking av helse og sykdom.
- Kartlegge erfaringsbasert kunnskap om produksjon av postsmolt/storsmolt som utgangspunkt for anbefalinger om beste praksis som vil styrke fiskens robusthet i hele sjøfasen.

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Nefrokalsinose og HSS

Ett av to prosjekter som skal fremskaffe ny kunnskap om den økende forekomsten av nyresykdommen nefrokalsinose og hemoragisk smoltssyndrom (HSS) i norske settefiskanlegg leverte sluttrapport i 2022. Resultatene fra prosjekt [901587](#) viser at fisk med nefrokalsinose har høye plasmanivåer i kalsium, magnesium, glukose og aspartat aminotransferase, som er indikasjon på forstyrret osmoregulering og økt stressnivå. Bruk av sjøvann for tidlig i produksjon ser ut til å føre til osmoregulatorisk stress som igjen kan gi nefrokalsinose. HSS er mest sannsynlig ikke knyttet til nefrokalsinose, men sykdommen er trolig også relatert til osmoregulatorisk stress. HSS ser også ut til å forstyrre genregulering i laksens gjeller.

#### Gjellehelse under avlusing

Prosjekt [901514](#) har fremskaffet ny kunnskap om hvordan viktige driftsrutiner som avlusing, AGD-behandling og notrengjøring påvirker laksens gjellehelse. Eksperimentell termisk avlusing (uten patogener til stede og uten tregning av fisken), førte ikke til redusert gjellehelse eller dødelighet. I felt kan termisk behandling medføre død ved høy tetthet av enkelte gjellepatogener, og det anbefales derfor screening for utvalgte patogener før termisk avlusning. Termisk behandling av laks ved lave sjøtemperaturer eller bruk av kjølt ferskvann etterfulgt av termisk avlusing er effektiv til fjerning av lakselus, synes å sikre en god fiskevelferd, og vil ikke føre til signifikant økning i dødelighet hvis fisken i utgangspunktet er frisk. Alle driftsoperasjoner som ble studert i prosjektet hadde sig-



Foto: Erlend Astad Lorentzen/Havforskningsinstituttet

nifikant effekt på gjelle-mikrobiota, som både responderte negativt og positivt som følge av intervensjonene. Det synes som om gjellens mikrobielle samfunn gjenspeiler intensiteten av driftsoperasjonene samt fiskens velferdsstatus.

#### Tarm-mikroflora og vekst

Prosjektet [901436](#) har demonstrert hvordan en såkalt hologenomisk tilnærming til utvalgte egenskaper hos en laksepopulasjon kan anvendes for å lete etter mønstre eller faktorer som kan forklare forskjeller i prestasjon. Det danner basis for videre forsøk for å påvise mulige kausale faktorer eller årsakssammenhenger som til slutt

kan brukes for produksjonsforbedringer og styrking av fiskens helse og velferd. Prosjektet har vist sammenheng mellom relativ mengde av en mykoplasma-variant i mage/tarm og laksens vekstprestasjon. Resultatene indikerte et mønster hvor fiskestørrelse (alternativt livslengde) korrelerte med metagenomisk sammensetning, som antyder vekstmessig sammenheng mellom verten og dens mikroflora i tarmen. Assosiasjonsanalyse indikerte en neglisjerbar effekt av vertens genotype som forklaring på observerte forskjeller i tarm-mikroflora.



### Livsløpsanalyser av settefisk-faktorer

To prosjekter ble igangsatt i 2022 som adresserer de viktigste innsatsfaktorene i smoltproduksjonen og hvordan ulike valg i settefiskfasen påvirker hele fiskens livsløp fra utsett til slakt. Temp-Intens ([901770](#)) har som hovedmål å gi anbefalinger for kommersiell produksjon av laks gjennom optimalisering av innsatsfaktorene temperatur og salinitet. Prosjektet Optismolt ([901793](#)) har som hovedmål å framskaffe ny kunnskap om betydningen av innsatsfaktorene fotoperiode/lysstyring, temperatur og vannets ione-sammensetning under ulike produksjonsformer i settefiskfasen, samt ut ifra dette anbefale beste praksis.

### Biosikkerhet for brønnbåt

Det er behov for å forstå og redusere biologisk risiko knyttet til transport og behandling av laks i brønnbåt, og to prosjekter ble igangsatt i 2022 på temaet. Prosjekt [901768](#) skal kartlegge og systematisere eksisterende kunnskap som reduserer biologisk risiko i brønnbåt. Prosjekt [901788](#) skal gjennomføre nye studier for økt forståelse av relevante problemstillinger der dagens eksisterende kunnskap ikke er tilstrekkelig, for å utvikle konkrete tiltak som kan iverksettes for å oppnå vesentlig reduksjon av biologisk risiko ved bruk av brønnbåt til transport eller behandling.

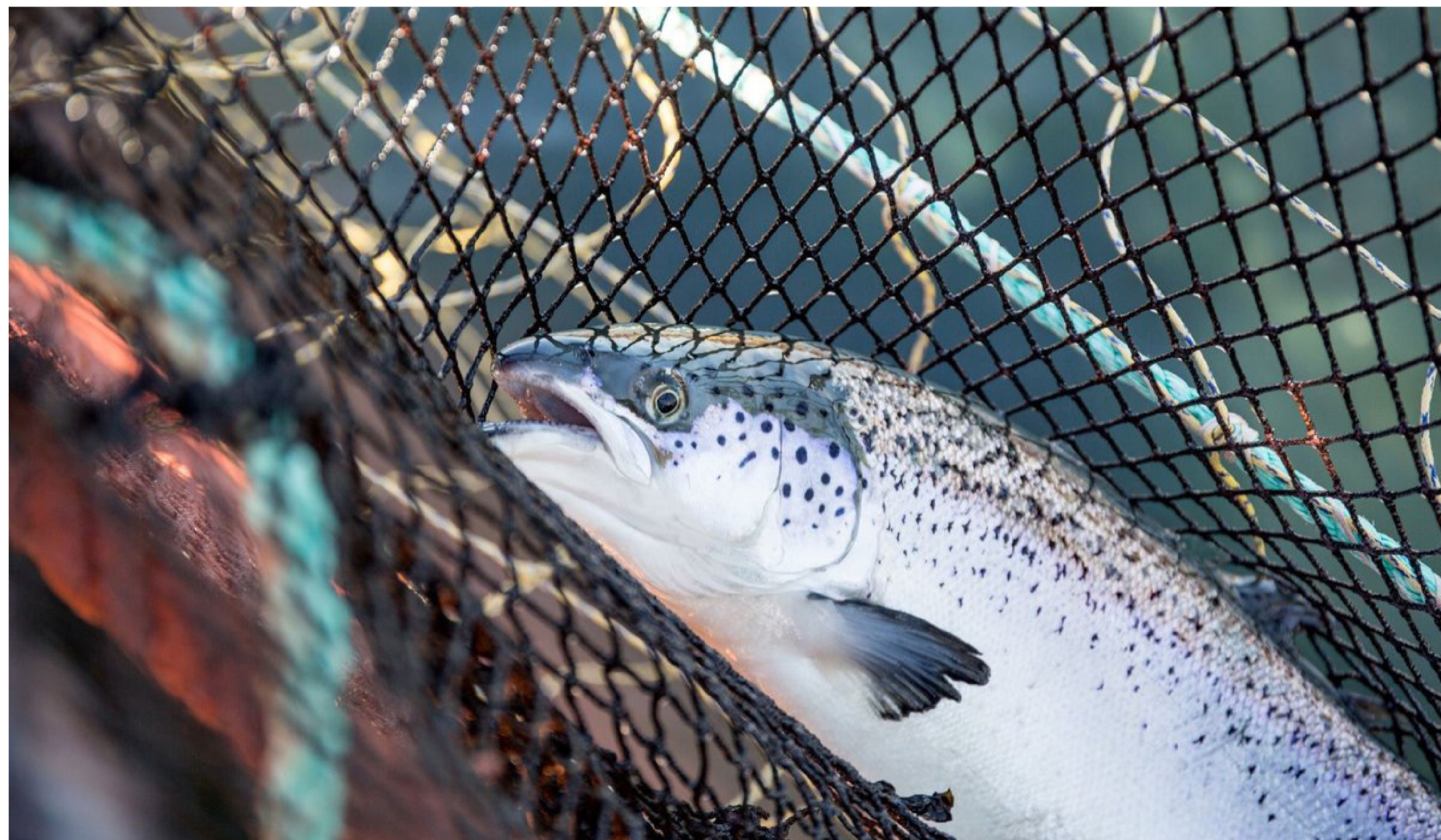


Foto: Eivind Senneset/Havforskningsinstituttet

## Infeksjons- sykdommer

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Yersiniose

Prosjekt [901505](#) ble avsluttet i 2022 og har dokumentert at oppkonsentrering av bakterien *Yersinia ruckeri* i behandlingskamre på avlusere, kombinert med økt stress og direkte fysiske skader påført fisken i forbindelse med behandlingen, sannsynlig er betydelige bidragsfaktorer til utvikling av klinisk yersiniose i etterkant av avlusning. Disse funnene kan ha implikasjoner for utvikling av andre bakterielle og virale sykdommer. Prosjektet har dokumentert utbredelse og prevalens av *Y. ruckeri* i norske sjøanlegg, avdekket risikofaktorer og årsakssammenhenger bak dødelighet/kliniske utbrudd, beskrevet beskyttende immun-mekanismer samt etablert nytt PCR-diagnostisk verktøy og en smitte-modell for sykdommen. Dette er sentral kunnskap og viktige verktøy som vil kunne benyttes for iverksetting av tiltak for forebyggende sykdomsovervåking og kontroll med yersiniose.

#### Atypisk vintersår

Prosjekt [901434](#) har fremskaffet ny kunnskap om atypisk vintersår hos laks hva angår årsakssammenhenger, etiologi, risikofaktorer og kunnskapsgrunnlag for vaksineutvikling. Dette er viktige bidrag for å kunne iverksette bedre overvåking og biosikkerhetstiltak mot sår sykdom i laksenæringen. *Tenacibaculum spp.* bekreftes som etiologisk agens i de undersøkte utbruddene, basert på konsistent klinikk, histopatologi og bakteriologi kombinert med tett kobling mellom bakterieceller og observerte patologiske funn. Temperatur ved sjøsetting har betydning for utvikling av tenacibaculose, med betydelig raskere utvikling i fiskegrupper satt ut

ved sjøtemperatur lavere enn 5 °C sammenlignet med høyere temperaturer. Det er ingen indikasjon på at rognkjeks representerer en alvorlig trussel med tanke på overføring av tenacibaculose til oppdrettslaks holdt i samme merd.

#### AGD-behandling

Prosjektet [901472](#) har gjort en utførlig dokumentasjon og evaluering av peredikksyre (PAA) som en mulig ny behandlingsmetode mot AGD-parasitten og potensielt også andre uønskede mikroorganismer. Frisk laksesmolt tolererte PAA doser på 0,6-10 ppm, men med økt risiko jo høyere dose. Fiskens respons var avhengig av eksponeringstid og -frekvens, stresstilstand og produkttype (PAA kilde). Disse faktorene utgjør et avgjørende rammeverk for optimal behandlingsprotokoll ved bruk av PAA. PAA hemmet aktiviteten av amøben som forårsaker AGD i cellekultur. Behandling av AGD-infisert laks syntes å redusere parasittmengden, med ulikt utfall avhengig av behandlingsprotokoll. Prosjektet identifiserte også mekanismene for hvordan PAA påvirker fisken, samt fiskens responser for å motvirke det fysiologiske presset fra denne potente oksidanten. Selv om PAA anses som en stressor, responderte laksen effektivt mot virkestoffet under de konsentrasjonene som ble testet i dette studiet.

#### Bendelmark

Det rapporteres om en økning i antall behandlinger mot bendelmark i norske oppdrettsanlegg, som ofte ikke gir den ønskede virkning som følge av resistensutvikling. Prosjekt [901449](#) har levert sluttrapport som omfatter en bred undersøkelse av bendelmark i norsk lakseoppdrett inkludert kartlegging av parasittens utbredelse og prevalens. Det er også utviklet nye diagnostiske verktøy basert på ikke-invasive

svaberprøver, fremskaffet kunnskap om genetiske markører som basis for videre studier på resistens, avdekket effekter av parasitten på laksens helse og tilvekst, samt foreslått behandlingsregimer basert på infeksjonsdynamikk og livssyklus.

#### Nye virusvaksiner

DNA-vaksinering mot PD har trolig bidratt til reduserte sykdomsutbrudd de senere årene, men for flere andre virusykdommer mangler det fortsatt effektive vaksiner. To prosjekter ble startet i 2022 på nye sykdomsforebyggende tiltak. Prosjekt [901746](#) skal utvikle en effektiv mRNA-vaksine mot ILA og en generell plattform for mRNA-vaksinetechnologi til bruk i fisk. Prosjekt [901759](#) skal forbedre dagens virusvaksiner for laks ved å utvikle en ny generasjon DNA-vaksiner som kan uttrykke flere antigener mot flere ulike virus (SAV, PMCV, ILAV) eller kombinasjoner av antigener og molekylære adjuvanter i samme vaksine.

### PRIORITERING

- Forskning på de mest tapsbringende eller truende infeksjonssykdommene for å gi kunnskap som er nødvendig for utvikling og iverksetting av tiltak som forhindrer smitte og sykdomsutbrudd.



Foto: Bård Gudim

## Fiskevelferd

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Nye velferdsindikatorer

Det er behov for nye, kliniske, diagnostiske verktøy som kan brukes på merdkanten og gi raskere svar enn tradisjonelle metoder. To prosjekter er startet i 2022 ([901771](#) og [901794](#)), som blant annet skal utforske blodkjemiske parametere som ikke-letalt diagnostisk verktøy som kan benyttes på merd- eller karkanten.

Som en oppfølging av FISHWELL-prosjektet ble LAKSVEL ([901554](#)) startet for å utvikle en protokoll for å standardisere velferdsovervåkingen av oppdrettslaks på en praktisk gjennomførbar og rutinemessig måte, for eksempel i forbindelse med lusetelling. Prosjektet ble avsluttet i 2022, og den første versjonen av en standardisert metode for registrering og vurdering av velferd hos laks i norske matfiskanlegg er lansert. Metoden gjør det mulig å tallfeste og sammenligne velferdsstatus over tid og rom, finne årsaker og sammenhenger bak velferdsproblemer og gjøre strategiske og praktiske forbedringer.

Prosjekt [901462](#) har identifisert nye biomarkører for viktige helseparametere hos oppdrettslaks som immunrespons og sykdomsmotstand mot hjertesykdommen CMS, samt ny metodikk for samtidig måling av for eksempel hormoner i blodplasma. Disse verktøyene kan benyttes til overvåking av helse og velferd hos oppdrettslaks, og gjennom implementering bidra til å forbedre beslutningsgrunnlaget for produksjons- og smittevernmessige tiltak i oppdrettsnæringen. Nye og relevante biomarkører for inflammasjon (betennelse) hos atlantisk laks ble identifisert ved plasma proteomikk.

#### PRIORITERINGER

- Utnytte eksisterende velferdsindikatorer for etablering av en omforent måte å evaluere velferd på samt evaluere nye indikatorer som vil øke velferd og overlevelse i forbindelse med avlusing, håndtering o.l.
- Fremskaffe kunnskap om grunnleggende biologiske parametere som vil være en forutsetning for at nye teknologier for overvåking av velferd kan tas i bruk som beslutningsstøtteverktøy.



Foto: Johan Wildhagen



# Fôr og fôrressurser

FHF skal fremskaffe kunnskap om ernæring og fôrråvarer som sikrer god fiskehelse, og bidra til at nye, bærekraftige fôrressurser tas i bruk.

## VIKTIGE RESULTATER OG HENDELSER

- Det er dokumentert at oppdrettslaks har behov for økt tilsetning av vitaminet kolin i fôrresepter for å ivareta god tarmhelse.
- Et nytt prosjekt skal avdekke laksens behov for essensielle mikronæringsstoffer som vitaminer og mineraler under ulike betingelser og livsstadier.



## Fôr og fôrressurser

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Laksens tarmhelse

Et stort prosjekt ([901435](#)) på laksens tarmhelse har levert sluttrapport. Prosjektet har kartlagt oppdrettslaksens helsetilstand når det gjelder tarmhelse og -funksjon, og avdekket behov for økt tilsetning av vitaminet kolin i fôret, som har blitt redusert til under behovsgrensen for laksen etter overgangen til en mer plantebasert diett. Man har også avdekket andre faktorer og forhold som er viktige å forstå for å kunne gi anbefalinger om kolin-tilsetning i fôret, samt påvist at utvalgte funksjonelle ingredienser ikke nødvendigvis kan forbedre utfordringer med tarmbetennelser.

#### Ernæringsbehov for mikronæringsstoff

Det har vært lang og omfattende FoU-innsats som har etablert kunnskap om laksens behov for fett og fettsyrer. Det er stort behov for mer kunnskap om behovet for andre viktige næringsstoffer. Derfor initierte FHF i 2022 en satsing på temaet og det startes opp et stort prosjekt ([901834](#)) som skal definere laksens behov for viktige vitaminer og mineraler under normale og stressende betingelser for ulike livsstadier hos laksen.

#### PRIORITERINGER

- Fremskaffe kunnskap om hvordan fôr-sammensetning påvirker fiskens helse og robusthet i hele produksjonssyklusen
- Bidra til generisk kunnskap for hele verdikjeden ved introduksjon av nye, bærekraftige fôrråvarer.



Foto: Sjømatrådet

# Rammebetingelser havbruk

FHF skal bidra til havbruksnæringens rammebetingelser gjennom forskningsbasert kunnskap.

## VIKTIGE RESULTATER OG HENDELSER

- Det er publisert en omfattende lovkommentar til Akvakulturloven av 2005: Sund, E. W. & Vegheim, O. (2022).
- Ressursutnyttelsen i produksjonen av ørret er redegjort for, for første gang.
- Klimafotavtrykk av dagens mest representative norske oppdrettsprodukter er analysert samt ulike kostnadseffektive utslippsreducerende tiltak er identifisert og dokumentert.
- Det er levert dokumentasjon av verdiskaping og ringvirkninger på fylkesnivå.



## Ramme- betingelser havbruk

### PRIORITERINGER

- Frembringe forskningsbasert kunnskap om rettslige reguleringer i havbruksnæringen.
- Fremskaffe løpende forskningsbasert dokumentasjon på næringens ringvirkninger på nasjonalt og regionalt nivå.
- Kartlegge kompetansebehov samt utvikle faglige læreverk for havbruksnæringen.
- Frembringe kunnskapsgrunnlag for nye indikatorer knyttet til miljømessig, økonomisk og sosial bærekraft i havbruksnæringen.
- Fremskaffe kunnskap om risikostyring knyttet til sikkerhet for ansatte i havbruksnæringen.
- Dokumentasjon av klima- og miljøeffekter samt konsekvenser av mulige endrede rammebetingelser ved forskjellige produksjonsteknologier.

### RESULTATER OG AKTIVITETER

#### Rammevilkår og regelverk i havbruksnæringen

Hovedmålet med prosjektet ([901494](#)) er å forske på den rettslige reguleringen av havbruksnæringen for å gi noen dyptpløyende analyser og en rekke mindre studier av ulike sider ved regelverket. Det er også et mål å etablere et permanent, norsk forskningsmiljø på området i nært samarbeid med næringen. En viktig del av prosjektet er løpende fagseminarer, kalt «Havrettsklubb», der resultater fra prosjektet presenteres og sentrale temaer diskuteres.

Prosjektet leverer resultater underveis, herunder 19 masteravhandlinger (mot 9 opprinnelig planlagt). Per 2022 skrives det to doktoravhandlinger i dette prosjektet:

- en avhandling om samspillet mellom den offentligrettslige reguleringslovgivningen og kontraktsvilkårene i havbruksnæringen.
- en avhandling med et forvaltnings- og miljørettslig tilsnitt, som bl.a. tar for seg akvakulturloven, matloven, dyrevelferdsloven og forureningsloven.

En omfattende kommentar til akvakulturloven er publisert i desember 2022 av Karnov på [Lovdata](#). Kommentaren er skrevet av doktorgradsstipendiat Eirik Wold Sund og tidligere vitenskapelig assistent, nå utreder i Høyesterett, Oskar Vegheim. Kommentaren er tilgjengelig for alle som har abonnement på Lovdata.

#### Videreutvikling av bærekraftportalen

[Bærekraftportalen](#) som er utviklet i prosjektet Bærekraftindikatorer i norsk havbruk ([901255](#)) viser oversiktsbilder og utviklingstrekk for en

rekke bærekraftindikatorer i norsk havbruk. Datasettene i portalen oppdateres når nye data er tilgjengelig, og portalen utvides med nye indikatorer årlig. Portalen gir et helhetlig bilde av norsk havbruk både med tanke på miljø, økonomi og sosiale ringvirkninger. Videreutvikling av portalen gjøres nå gjennom prosjekt [901541](#). I 2022 er det laget nye temasider for følgende indikatorer:

- [Oppdrett av skjell og tare med mer](#)
- [Produksjon av andre fiskearter enn laks og ørret](#)
- [Produksjon av laksefisk](#)

#### Ressursregnskap for fôrvarer

God kunnskap og dokumentasjon om utnyttelsen av fôrressurser i norsk havbruksnæring er av stor

betydning. Det er et bidrag til bærekraftig ressursutnyttelse, lønnsomhet og fiskevelferd. Prosjektet [901604](#) «Ressursregnskap for fôrvarer til laks og regnbueørret 2020» ble avsluttet i 2022 og frembragte verdifull dokumentasjon. Volumet produsert laks og mengde fôr brukt var noe øket i 2020 sammenlignet med tidligere år, ellers var det små endringer siden 2016 da tilsvarende beregninger ble gjort sist. 8 % av ingrediensene i laksefôr var av norsk opprinnelse, 92 % var importert. Størstedelen av marine råvarer er sertifisert under ulike ordninger, og alt soyaproteinkonsentrat var sertifisert som ikke genmodifisert. Opprinnelsesland/-område er gitt for tilnærmet alle ingredienser. Ressursutnyttelsen i produksjonen av ørret er redegjort for, for første gang.



Foto: Bård Gudim



**Ringvirknings- og verdiskapingsanalyser**

FHF har i flere år bidratt til nasjonale analyser av verdiskaping og ringvirkninger for næringen som helhet og for delsektorer. Fra prosjektet [901606](#) ble det i 2022 levert resultater og dokumentasjon som i enda større grad enn tidligere år vil være nyttige for mange aktører, både i og utenfor næringen. I tillegg til den omfattende totalrapporten (med tall fra 2021) er det levert kortfattede fakta-sammenstillinger i form av presentasjoner for hvert enkelt fylke i Norge, som synliggjør verdiskaping, sysselsetting og skatteeffekter. I 2022 ble det i tillegg til den nasjonale rapporten over ringvirkninger og verdiskaping i sjømatnæringen også levert en rapport om ringvirkninger og verdiskaping fra fiskeflåten.

De totale sysselsettingseffektene av sjømatnæringens aktivitet var på om lag 106 000 sysselsatte i 2021. Dette er en oppgang fra 2020 på omtrent 13 000 sysselsatte. I 2021 ble det generert netto verdiskaping for 120 milliarder kroner i sjømatnæringen, inkludert ringvirkninger. Det er en økning på om lag 10 milliarder fra 2020. Verdiskapingen i næringen la grunnlag for samlede skatteeffekter på rundt 34 milliarder kroner i 2021.

**Klimaregnskap for norsk havbruksnæring**

Klimafotavtrykk av dagens mest representative norske oppdrettsprodukter er analysert, og ulike kostnadseffektive utslippsreducerende tiltak er identifisert og dokumentert i rapport av desember 2022 ([901718](#)). Klimafotavtrykket for oppdrettslaks levert til ulike markeder er mellom 4,8 og 28 kg av CO<sub>2</sub>e/kg spisbart produkt hos forhandler. De viktigste faktorene som bidrar til forskjeller i klimafotavtrykk på tvers av produkter og markeder er 1) om produktene er

fraktet med fly og 2) andelen biprodukter som utnyttes i markedet, med flyfrakt som er den viktigste faktoren. Ca. 75 % av det totale fotavtrykket til laks skyldes fôr. Slakting og foredling bidrar til mindre enn 2 % av det totale klimafotavtrykket mens emballasje står for 1–5 %.

Det er gjort en sammenligning i denne rapporten med konsistente metoder som viser en utslippsreduksjon på rundt 10 % siden 2017, noe som delvis skyldes redusert inkludering av soyaprotein fra land med økende arealbruk.

**Faglige læreverker for havbruksnæringen**

Havbruksnæringen i Norge er i stadig utvikling. Nye driftsformer, teknologier osv. utvikles og tas i bruk løpende. FHF bidrar til denne utviklingen gjennom vitenskapelig og erfaringsbasert kunnskapsutvikling i flere prosjekter. To prosjekter ble igangsatt innenfor denne satsingen: Havbrukslære ([901702](#)) og Lærebok i fiskefysiologi ([901733](#)). Begge satsinger er planlagt avsluttet høsten 2023.

**Kartlegging av kompetansebehov**

Rekruttering og tilgang på rett kompetanse for fremtiden er et særdeles viktig tema for næringen, kompetansekravene har endret seg i takt med bl.a. teknologiutviklingen i næringen. Da er det avgjørende å ha kartlagt hva som er og vil bli kompetansebehovene i næringen fremover. Derfor initierte FHF i 2022 prosjektet Framtidig kompetansebehov i norsk sjømatnæring ([901711](#)). Prosjektet har levert delresultater i 2022 og endelige resultater kommer i 2023.



Foto: Rune Stoltz Bertinussen/Sjømatrådet