

3.9.3 HVORDAN HAR OPPDRETTSFISKEN DET I MERDENE?

I 2006 passerte den samlede eksporten av laks og ørret 18,5 milliarder kroner, og eksportverdien av oppdrettet fisk var for første gang større enn eksportverdien av villfanget fisk. Så godt som all oppdrettsfisk blir føret frem til slakt i merder i sjøen, og det er først og fremst merdteknologien og tilgangen på avskjermete lokaliteter med god vannkvalitet og gunstige temperaturer som har gjort havbruksnæringen til en suksess. Siden 1980-tallet har størrelsen på merdene økt fra 500–1 000 m³ til en snittstørrelse i dag på 15 000–20 000 m³. De største merdene som er tatt i bruk er på hele 80 000 m³, er 40 m dype og kan inneholde opp til 1 000 tonn fisk.

Tore S. Kristiansen

tore.kristiansen@imr.no

David Johansson

david.johansson@imr.no

Frode Oppedal

frode.oppedal@imr.no

Jon Erik Juell

jon-erik.juell@imr.no

Utviklingen av stadig bedre og mer effektiv havbruksteknologi har ført til at produksjon per ansatt er mangedoblet, men andre produksjonsresultater som fôrforbruk per kg produsert laks, vekst og overleving er ikke blitt nevneverdig bedre det siste tiåret. Her er det imidlertid svært stor forskjell mellom anleggene, noe som viser at vi langt fra har en standardisert produksjon. Dette har mange årsaker, men en viktig faktor er at miljøet i merdene er svært variabelt, med store lokale og regionale forskjeller. Økningen i størrelsen på merdene har også gjort at en har fått mindre kontroll med hvordan fisken har det.

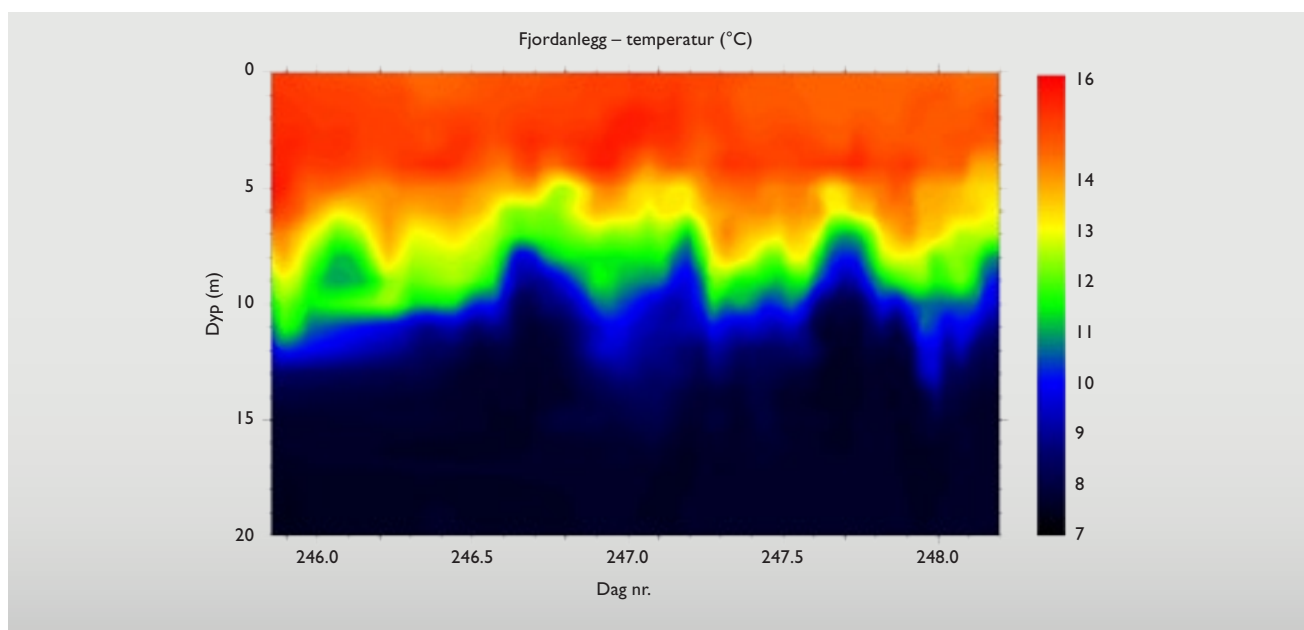
Oppdrett i varierende miljø

Et godt valg av lokalitet er essensielt for å oppnå gode oppdrettsforhold og produksjonsresultater, men for å kunne estimere hvor god lokaliteten er må en forstå de fysiske og kjemiske prosessene som påvirker oppdrettsmiljøet. Tatt i betraktning hvor viktig merdmiljøet er for resultatet er det bemerkelsesverdig lite som er gjort for å overvåke miljøet i merdene og prøve å forstå hvorfor produksjonsresultatene varierer. For eksempel har ingen anlegg vi kjenner til overvåket temperatur- og oksygenforhold i hele merdvolumet gjennom en hel produksjonssyklus. De fleste nøyer seg fortsatt med å måle temperaturen på 3–5 m dyp som var midt i merden på 1980-tallet, men som i dag er nesten helt i overflaten og ofte ikke representativt for miljøet i merden. De færreste måler andre miljøparametere enn temperatur, og det er få kvantitative målinger på hvor fisken oppholder seg i merden.

De viktigste produksjonsfaktorene i fiskeoppdrett er, i tillegg til føret, oksygen og temperatur. Gjennom året kan temperaturen i overflatevannet variere fra under 2 °C til over 20 °C. Om våren fører sol og stigende lufttemperatur til en oppvarming i overflaten. Sammen med avrenning av ferskvann fra land fører dette til at det dannes et varmere og ferskere vannlag som flyter over saltene, kaldere og tyngre dypvann. Mellom vannlagene dannes det et sprangsjikt med sterke miljøgradienter, hvor for eksempel temperaturen kan falle

med flere grader i løpet noen få meter. Overflatelaget danner i lange perioder en barriere for oksygentilførsel til det dypere laget. Dette fører til at oksygeninnholdet i dypvannet blir redusert på grunn av forbruk fra dyr, planter og bakterier. I de øverste 20–30 m er det tilstrekkelig lys fra mars–oktober for at algene skal produsere oksygen. Allerede tidlig på høsten er imidlertid næringssaltene brukt opp, lyset blir svakere, og algenes produksjon av oksygen blir kraftig redusert. Samtidig er det fremdeles relativt høye sjøtemperaturer, og organismene i sjøen forbruker mye oksygen. Denne perioden ser ut til å være den mest kritiske for merdoppdrett med tanke på å sikre nok tilførsel av oksygen til fisken. Utover høsten avkjøles overflatevannet, og vind og vær fører til en omrøring av vannmassene slik at temperatur- og oksygenforholdene blir mer homogene. Det kan i store deler av året også være betydelige forskjeller i miljøet i merdene både mellom nærliggende anlegg og vertikalt i merden. På grunn av vind og strømforhold kan det skje raske endringer som gjør at varmt overflatevann blir stuet opp langs kysten, eller at overflatevannet blåses vekk fra kysten og kaldt oksygenfattig dypvann strømmer opp til merdene. I løpet av to uker om høsten foretok vi detaljerte målinger av oksygen, temperatur, saltholdighet og vannstrøm i hele merddybden i fire oppdrettsanlegg på Vestlandet. I tillegg målte vi med ekkolodd hvor og hvor tett laksen stod i merdene. Her ble det klart demonstrert at laksen blir utsatt for svært forskjellige miljøforhold selv om det er kort avstand mellom anleggene, og at det kan skje svært raske endringer.

I et anlegg som lå i en stor fjord var merden delt i to like tykke horisontale vannlag med 16 °C i det øverste og 8 °C i det underste (Figur 3.9.3.1). I et annet anlegg i en mindre fjord med mindre avrenning var sprangsjiktet mye nærmere overflaten, og det varmere brakkvannslaget utgjorde bare ca. 10% av merdvolumet. Begge steder var strømforhold og oksygennivå sterkt relatert til tidevannssyklusene. På et tredje anlegg, som lå i skjærgården, utenfor fjordene, var miljøforholdene i merdene jevnere og mindre påvirket av tidevann. I det fjerde anlegget, i fjordgapet, ble sjiktningen i vannet gjennom undersøkelsen brutt ned i løpet av få timer. Dette skjedde på grunn av endringer i vindforholdene, og forholdene endret seg dermed fra en typisk "fjordlokalitet" til en "kystlokalitet". De viktigste faktorene som påvirket vanngjennomstrømmingen og miljøfaktorene i merden var graden av sjiktning i vannet og merdens gjennomstrømbarhet. Notveg-



Figur 3.9.3.1

Temperatursjiktning fra 0–20 m dyp på en fjordlokaltet gjennom to døgn i september. Fargeskalaen viser temperaturforskjeller fra overflate til bunn på over 8°C.

Temperature stratification during 50 hours in September at a fjord site from 0–20 m depth. The colour scale indicates a temperature range of above 8°C from surface to bottom.

gene og den høye fisketettheten gjorde at vannstrømmen gjennom merden ble kraftig redusert sammenlignet med strømmen utenfor merdene.

Får fisken nok oksygen?

Vanngjennomstrømming gjennom merden og oksygenivået i innvannet samt mengden fisk i merdene er bestemmende for om fisken får nok oksygen. Vannstrømmen er sterkt påvirket av vindretning og tidevann, og oksygenivået i merdene varierer ofte i løpet av tidevannsyklusene. Særlig i periodene hvor tidevannet snur kan en risikere lave oksygenverdier. I undersøkelsen vi refererte til ovenfor så vi at nivået kunne komme ned i under 60 % metning, og selv om dette ikke er dødelig vil det påvirke fiskens appetitt og vekst.

I EU-prosjektet “Welfare and health in sustainable aquaculture” (WEALTH, koordinert av Havforskningsinstituttet) er ett av målene å finne molekylærbiologiske markører på kort- og langvarig stress, og å evaluere disse mot tradisjonelle velferdsindikatorer. I et forsøk hvor en har sett på effekter av lave oksygenivåer (hypoksi), har en vist at fiskens appetitt (Figur 3.9.3.2) og vekst avtar med avtagende oksygenivå. Sammenligninger av uttrykte gener hos laks som har gått under lav (55 % metning) eller normal oksygenkonsentrasjon (85 % metning) viser forskjeller, og spesielt interessante er resultatene for kronisk hypoksi (2 mnd). Planene videre er å teste dette verktøyet i kommersielle anlegg og se om man kan påvise om fisken har hatt gode eller dårlige oksygenforhold.

Et viktig spørsmål vi også vil få svar på i dette prosjektet er hvordan varierende oksygeninnhold påvirker fisken, og om de kan ta igjen det tapte i periodene med gode oksygenforhold.

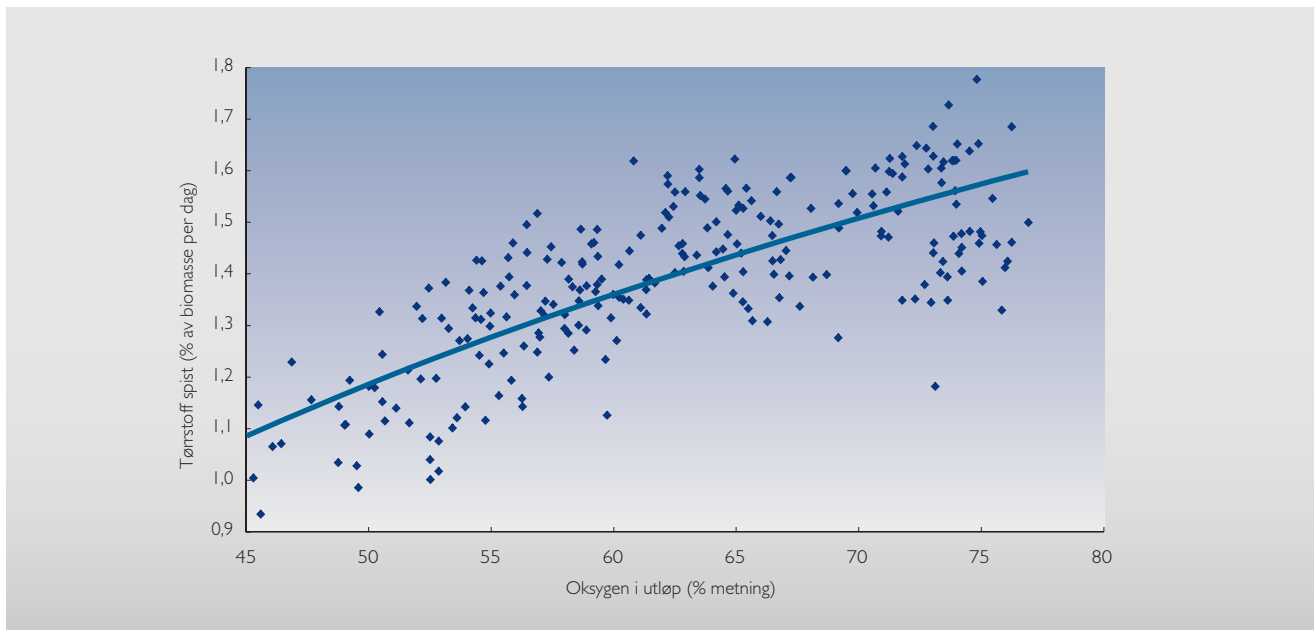
Laksens preferanser

Hvordan fisken oppfører seg i merden er bestemt av fiskens tilstand og motivasjon, som f.eks. sult eller frykt. Dette blir påvirket av miljøfaktorer som påvirker fiskens sanser og fysiologi. I et ensartet miljø med jevn temperatur vil svømmedyp og stimtetthet påvirkes av sultnivå og laksens instinktive unnvikelse av overflaten i dagslys. Dette gir daglige og sesongmessige rytmer i vertikalfordeling relatert til daglengde og sultnivå. Under naturlige lysforhold vil laksen gå mot overflaten når den er sulten og trekke dypere når den er mett. Förtilgjengelighet vil derfor påvirke svømme- og beiteatferden, mens ulike former for stress vil redusere beitemotivasjonen og andel fisk som trekker mot overflaten.

Kjønnsmodning medfører at laksen begynner å bruke ressurser fra muskler og fett til å bygge opp gonader (egg eller melke) og til å forberede seg på et liv i ferskvann. Dette medfører redusert kjøttkvalitet og at de får problemer med saltbalansen dersom de fortsatt blir holdt i sjøvann. For å unngå kjønnsmodning bruker de fleste oppdretterne i dag kunstig belysning over eller i merdene i de siste delene av produksjonsperioden. Når solen går ned tiltrekkes laksen av det kunstige lyset. Dette gjør at bruk av overflatelyst

fører til at fisken trenger seg sammen nær overflaten om natten. Ved å bruke undervannslamper (noe de fleste gjør i dag) får en bedre utnyttelse av lyset og merdvolumet. Fisken ledes til gunstigere områder og spres mer i merden. Årsaken til at fisken tiltrekkes av lyset er trolig at de trenger lys for å kunne svømme i stim og at dette er mindre stressende for fisken enn å oppholde seg som en ustrukturert gruppe i mørket hvor de har lite kontroll med hva de andre gjør.

I vann med temperatursjikt påvirkes også svømmedypet av fiskens temperaturpreferanser. I et forsøk i Merdmiljølaboratoriet i Matre ble det vist at laksen gjør en avveining mellom temperaturpreferanse og lysforhold. Laksen har sterk preferanse for optimal temperatur og vil unngå for kaldt eller for varmt vann. Samtidig ønsker den å ha nok lys til å stime og beite. Dette gjorde at fisken på dagtid foretrakk området med gunstigst temperatur, mens den om natten trakk mer mot lyskilden for å få nok lys til å kunne opprettholde evnen til stiming. Dersom fisken må velge mellom to ulike miljøer som den foretrekker, velger den ofte en mellomting. Vi ser også at enkeltindivider velger ulikt. I eksempelet i Figur 3.9.3.3 velger noe fisk å svømme i det varme overflatevannet om natten mens andre fisk svømmer ved undervannsliset på 10 m dyp. Om dagen velger all fisken å svømme i det varmeste vannet nær overflaten. Dersom forskjellen i tilgjengelig temperatur var stor, valgte færre fisk lyset enn når forskjellen i tilgjengelig temperatur var liten.



Figur 3.9.3.2

Appetitten, målt som mengde tørrstoff spist, øker med oksygenivå (% metning) for atlantisk laks / postsmolt (150 til 250 g). (Kvamme, Fridell og Oppedal, in prep).

The appetite, measured as dry matter eaten, increase with oxygen level (% saturation) in postsmolt Atlantic salmon. (Kvamme, Fridell and Oppedal, in prep.)

I ett av forsøkene ble 23 laks merket med dybde- og temperatursensorer og fulgt i tre perioder med ulike temperaturforhold og grad av sjikting. Resultatene viste en betydelig variasjon i svømmedyp og kroppstemperatur mellom og i enkeltfisk. Fisken unnvek vann med for høy eller lav temperatur og regulerte tydelig kroppstemperaturen ved å svømme høyere eller lavere i merden. I perioder med for høy temperatur i store deler av merden ble svømmedypet påvirket av hvor mye fisk som oppholdt seg der, noe som indikerte konkurranse om områdene med de beste temperatuene.

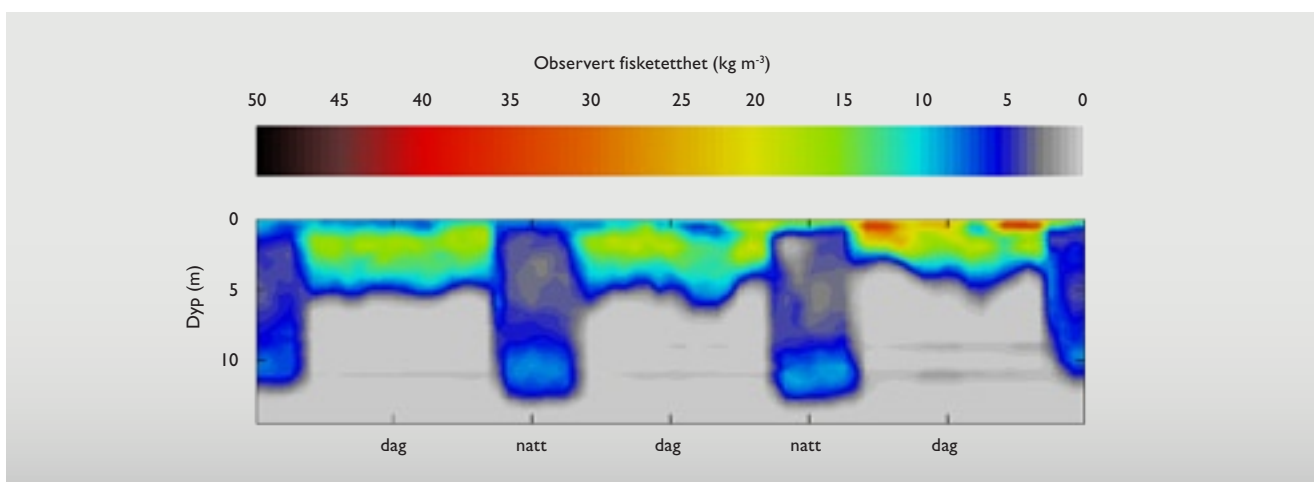
De fleste fiskene viste også sykliske døgnrytmer i svømmedyp, med generelt større variasjon om dagen enn om natten.

Hva med torsken?

Torsken er nå på full fart inn som en ny, stor oppdrettsart og er en art som er godt egnet for merdoppdrett. Mens laksen har en åpen svømmeblære med en åpning ut i svelget, har torsken en lukket blære hvor fylling og tømning skjer via blodbanen. Tømmingen av svømmeblæren er en langsom prosess som tar flere timer. En rask heving av merden vil føre til utvidelse

av svømmeblæren, og i verste fall til at den sprekker. Fisken vil da flyte opp med buken i været. Det samme kan skje hvis merden har for lite lodd og blir presset opp mot overflaten av sterk strøm, noe som har ført til flere katastrofale hendelser i merder med oppdrettstorsk.

Forsøk med bruk av merker med trykksensor har vist at fisken selv maksimalt beveger til et dyp som tilsvarer 40% trykkreduksjon i forhold til likevektsdypet, dvs. for eksempel fra 20 til 8 m dyp. Dette fører til at en må være svært forsiktig med



Figur 3.9.3.3

Observert fisketetthet fra 0–15 m dyp i en merd med kalkulert tetthet på 4 kg/m³, vanntemperatur ca. 9°C i overflaten og 7°C på 10 m dyp, og med lys hengende på 10 m dyp. All laksen velger det varme overflatevannet om dagen, men endel fisk går mot lyset om natten.

Observed fish density from 0 to 15 m depth in a cage with a stocking density of 4 kg/m³, water temperature of approximately 9°C at surface and 7°C at 10 m depth and with underwater lamps positioned at 10 m depth. The salmon prefer the warm surface water at day, while subgroups move towards the light source at night.

å heve fisken opp mot overflaten og passe på å stoppe opp noen timer, slik at den får tid til å slippe gassen ut av svømmeblæren og gjenvinne kontrollen. Også når det gjelder lokalisering av anleggene og dybden på merdene er det forskjeller mellom torsk og laks. Torsken er mer sårbar for høye sjøtemperaturer, og en bør unngå områder hvor temperaturene overstiger 20°C om sommeren. Alternativt bør det være mulig å senke ned merdene til dypere og kaldere vann.

Velferdsproblemer hos merdoppdrettet fisk

Det variable merdmiljøet påvirker velferden til fisken på mange måter. For eksempel vil ugunstige temperatur- eller oksygenforhold føre til at fisken viser atferdsmessige og fysiologiske stressresponser som kan observeres og måles. Atferdsmessig kan en for eksempel se at fisken trenger seg sammen i de gunstigste områdene av merden, eller at responsen på føring er laber. Fysiologiske stressresponser kan måles ved å ta blodprøver av fisken, men dette er i seg selv stressende og ikke aktuelt som en rutineovervåking. Er de dårlige miljøforholdene kortvarige og ikke alvorlige, vil fisken relativt raskt, og uten varige mén, gjenopprette normaltilstanden når forholdene bedrer seg. Er tilstanden kronisk og langvarig vil dette etter hvert føre til at fisken ikke greier å vedlikeholde essensielle kroppsfunksjoner, og særlig hud, tarm og gjeller får lett skader som gjør fisken mer utsatt for infeksjoner og osmotiske problemer. Også finneråte og øyekatarakt er hyppig observerte skader. Generelt ser en økt dødelighet, selv om de direkte årsaksmechanismene ikke er forstått og en diagnose sjelden blir stilt.

Utviklingen av gode vaksiner mot de viktigste bakterielle sykdommene har vært avgjørende for næringens suksess og gjort at bruken av antibiotika er svært lav. Det

gjennstår imidlertid fortsatt flere bakterie- og særlig virussykdommer hvor en mangler eller ikke har fullgode vaksiner, eller hvor årsaksammenhengene fortsatt er uavklarte. De viktigste sykdommene hos laks og ørret er virussykdommene IPN (Infectious Pancreas Disease), PD (Pancreas disease) og ILA (infeksiøs lakseanemi), og hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og kardiomyopatisyndrom (CMS, "hjertesprekk") som også trolig skyldes virus. Et stort dyrevelferdsproblem er "vintersår" som skyldes bakterien *Moritella viscosa*, som gir infeksjoner som forårsaker store hudsår, særlig ved lave temperaturer. Her er det ennå ikke utviklet gode vaksiner. Lakselus var tidligere et stort dyrevelferdsproblem, men gode rutiner for kontroll og effektiv behandling har gjort en at stort sett har fått kontroll over dette problemet, selv om det påfører næringen store kostnader.

Behov for mer kunnskap

Sammenhengen mellom merdmiljø og sykdom eller produksjonsresultater er lite klarlagt, da en ikke har gode overvåkingsrutiner for miljødata og stressnivå i oppdrettsanleggene. Det finnes derfor ikke gode data som kan brukes i epidemiologiske eller multivariate analyser av årsaksammenhenger. I EU-prosjektet FASTFISH (On farm assessment of stress level in fish) som koordineres av Havforskningsinstituttet, har vi forsøkt å ta tak i dette og har som mål å utvikle et internetbasert system med protokoller, databaser og ekspertsystemer for overvåking og dokumentasjon av miljøforhold, stressnivå, og velferd. Foreløpig vil det bli testet ut i noen få utvalgte anlegg, men vi håper det etter hvert kan utvikles til et landsomfattende system til glede for forskning og næring.

I 2006 blir det etablert et senter for forskningsdrevet innovasjon innen akvakulturteknologi (CREATE), ledet av SINTEF, hvor Havforskningsinstituttets rolle pri-

mært er å bidra med kunnskap om fiskevelferd. Målet er å utvikle morgendagens akvakulturteknologi, med produksjonsstrategier som i større grad enn tidligere tar hensyn til fiskenes biologi og velferdsbehov. Vi trenger for eksempel teknologi som tar høyde for naturlig oksygenvariasjon, løsninger for nedsenkbar teknologi og intelligente overvåkningssystemer.

Mer satsing på kunnskap og overvåking av oppdrettsmiljøet er nødvendig for å kunne utvikle bedre teknologi og best mulig lokalisering av merdanleggene, og få økt forståelse av sammenhengene mellom merdmiljø, helse og velferd. Dette er også et nødvendig skritt for at næringen skal kunne utvikle seg fra en næring med store svingninger i lønnsomhet og fortsatt mange "pionertrekk", til en mer moden næring med kontroll, dokumentasjon og sporbarhet i alle ledd, også når det gjelder dyrevelferd.

Highly variable environmental conditions in the salmon cages

In 2006 the export value of Norwegian farmed salmon and trout did pass the export value of wild-caught fish. Almost all farmed fish are reared in sea-cages, and this technology together with the abundance of sheltered coastal areas with good water quality are the main success factors for the fish farming industry. However, the production results vary a lot between farms. New research results from IMR show that this can partly be explained by large variation in environmental conditions, both within cages and between cages and farms.