



Innspill fra Havforskningsinstituttet til stortingsmelding om dyrevelferd Utfordringer og dilemmaer for dyrevelferd i oppdrett, fiskeri, fritidsfiske og forskning

Bakgrunn

Regjeringen har besluttet at det skal utarbeides en ny stortingsmelding om dyrevelferd og Nærings- og fiskeridepartementet har invitert alle interesserte til å bidra til en første innspillsrund for alle akvatiske dyrearter og akvatiske dyreholdkategorier som dyrevelferdsloven gjelder for. I den sammenheng ønsker Havforskningsinstituttet å gi innspill om hva vi nå ser som de største utfordringene og dilemmaene for fiskevelferd innen oppdrett, fiskeri og forskning.

I de nesten 20 årene som har gått siden siste stortingsmelding "Om dyrehold og dyrevelferd (2002-2003)" har antall oppdrettslaks som årlig blir satt ut i sjøen blitt nesten firedoblet til nærmere 400 millioner individer, mens antall regnbueørret har holdt seg stabilt rundt 20 millioner. Det siste tiåret har vi også fått en stor økning i antall leppefisk og rognkjeks som blir brukt som rensefisk i merdene til vel 50 millioner. Oppdrett av marin fisk som torsk og kveite er fortsatt på et lavt nivå, men interessen for torskeoppdrett er økende. Lakseoppdrettsanleggene har blitt større i volum og antall fisk og mer effektive (målt som produksjon per ansatt), men samtidig har driftskostnadene økt, særlig på grunn av store kostnader med lakselusbehandling. Lønnsomheten i oppdrettsnæringen er likevel svært høy.

For 20 år siden var fiskevelferd et nytt begrep for de fleste, men siden da har dette blitt allemannseie, og fiskevelferdskurs er f.eks. obligatorisk for alle røkterne i oppdrettsanleggene. I 2008 fikk vi også en Akvakultur driftsforskrift hvor et av hovedformålene var "å fremme god helse hos akvakulturdyr og ivareta god velferd hos fisk" og som satte mange og relativt strenge krav til fiskevelferd. Året etter kom "Lov om Dyrevelferd", hvor formålet var "å fremme god dyrevelferd og respekt for dyr". Her slås det fast at "(§3) dyr har egenverdi uavhengig av den nytteverdien de måtte ha for mennesker. Dyr skal behandles godt og beskyttes mot fare for unødige påkjenninger og belastninger". "Loven omfatter forhold som påvirker velferd hos eller respekt for pattedyr, fugler, krypdyr, amfibier, **fisk**, **tifotkreps**, **blekksprut** og **honningbier**", og skiller ikke mellom ville dyr og produksjonsdyr/husdyr.

Velferdsutfordringer for oppdrettsfisk

I Stortingsmeldingen fra 2003 utformet regjeringen følgende viktige målsettinger og tiltak for akvatiske dyr i oppdrett

- Satsing på forskning for å utvikle gode velferdsindikatorer for fisk i oppdrett og bedre bedøvningsmetoder i forbindelse med slakting.
- Redusert forekomst av misdannelser og andre produksjonsrelaterte lidelser.
- Redusert dødelighet hos smolt i forbindelse med transport og utsetting i sjø.



- Styrket hensyn til dyrevelferd ved gjennomgang av eksisterende standarder for produksjonsregulering.

De tre første målsettingene er langt på veg nådd, mens den siste har så langt ikke blitt gjennomført. Det har også siden da blitt lagt ned en stor forskningsinnsats innen fiskevelferd, både nasjonalt og internasjonalt, slik at kunnskapsnivået og mengden publisert litteratur om fiskevelferd er høyt. Vi kan imidlertid ikke hevde at det har vært en stor forbedring av velferden til oppdrettsfisken i Norge siden mange velfersproblemer gjenstår og nye problemer, som nye sykdommer og mekanisk og termisk lakselusbehandling, har kommet til, og antallet berørte individer har som nevnt blitt flerdoblet. Årlig rapporteres det i Havforskningen risikorapport og Veterinærinstituttets sin fiskehelse rapport om høy fiskedødelighet og mye sykdom i næringen. Begge disse rapportene inneholder svært mye relevant informasjon og statistikker om dødelighet og hvilke sykdommer, håndteringskader og produksjonslidelser som finnes i næringen, og status for disse som er relevante for den nye stortingsmeldingen om dyrevelferd. Vi vil derfor ikke gå detaljert inn på disse.

Norsk oppdrettsnæringen domineres av laks og regnbueørret. Dette er robuste arter som i utgangspunktet er velegnet til oppdrett. Data fra næringen viser imidlertid at det er stor variasjon i dødelighet, både i settefiskfasen og i sjøfasen. Høy dødelighet i settefiskfasen skyldes typisk lav rognkvalitet, lav/variabel vannkvalitet, håndteringsuhell, sykdomsutbrudd, produksjonslidelser og/eller forsinket utsett i sjø. Ikke dødelige lideser som vaksineskader er også fortsatt et velferdsproblem. Risikoen for mange av disse årsaksfaktorene kan reduseres, siden oppdretter i utgangspunktet har svært stor mulighet for kontroll med miljøet i et settefiskanlegg. Selv om god velferd, med frisk fisk og lav dødelighet lønner seg, så kan også dårlig velferd og høy dødelighet, i noen tilfeller likevel gi god inntjening og være det riktige utfra kortsiktige forretningshensyn. Utfordringen for myndighetene er å finne en mekanisme som sikrer at oppdrettere som driver dårlig eller settefiskanlegg der forutsetningen ikke er til stede eller risikomomentene for mange får tilstrekkelig insentiv til å forbedre situasjonen.

I Norge har det vært vanlig at settefiskanleggene har vært gjennomstrømningsanlegg. Disse kan være sårbare for endringer i temperatur og vannkvalitet og tilgjengelig vannmengde i vannkilden som forsyner anlegget med nytt friskt vann. Teknologien er imidlertid relativt enkel og med få tekniske problemer. Utviklingen mot resirkuleringsanlegg (RAS) introduserer imidlertid en mye mer teknologisk og biologisk kompleks og fininnstilt teknologi som stiller mye høyere krav til både de som bygger og leverer anlegget og til de som driver det. Fisken blir også utsatt for en annen vannkjemi, høy tetthet av partikler og typisk vann med konstant relativ høy temperatur. Her er det lite kunnskap fra storskala drift om hvordan dette påvirker fisken etter at den har blitt flyttet fra settefiskanlegget og over i sjøanlegg. Men det er mye som kan tyde på at RAS-fisk er mindre robust, og at høy temperatur og rask vekst øker sannsynlighet for tidlig kjønnsmodning i sjøen. Videre stiller oppdrett i RAS anlegg andre krav til fôret som benyttes, både fysisk kvalitet og med hensyn på sammensetning av næringsstoff. Overgangen fra gjennomstrømningsanlegg til RAS-anlegg har dermed potensial til å endre den gode utviklingen som har vært i settefisknæringen generelt, så mer forskning på dette området bør prioriteres. Dårlig velferd grunnet tidlig kjønnsmodning er et problem i RAS anlegg; det trengs mer kunnskap om hvordan samspillet mellom kjønn, genetik og fotoperiode/temperatur påvirker fiskevelferd frem til slakt under kommersielle forhold.



Likeledes som ny teknologi på land, introduserer også ny teknologi i sjø nye farer for laksen. I tradisjonelle sjømerder driver nytt sjøvann fritt inn og ut av merden, og de er ofte så dype at laksen kan unnvike eventuelle områder med dårlig vannkvalitet, for eksempel nær overflaten. Ved å sikre at oppdrettsanlegget ligger på en god lokalitet kan oppdretter sikre at laksen hele tilden får tilførsel av nytt friskt vann og at fôrrester og avfallsstoffer fra fisken fjernes. I prinsippet kan en forlate en tradisjonell oppdrettsmerd og være sikker på at fisken klarer seg i prinsippet mange uker uten tilsyn ved fysisk tilstedeværelse. Ulempen med åpne merder er imidlertid dårlig biosikkerhet.

I lukkede og semilukkede merder, og i landbaserte anlegg, må nytt friskt vann tilføres via pumpesystem. Dette stiller store krav til at teknologien alltid virker, og at man har gode backup-systemer. Hvis ikke, vil den store mengden fisk bruke opp oksygenet i oppdrettsenheten i løpet av kort tid. I disse systemene blandes også alt vannet slik at i tilfeller hvor vannmiljøet blir dårlig så har ikke laksen mulighet til å velge bedre områder i oppdrettsvolumet.

For eksponerte merder, nedsenket merder og snorkelmerder er det andre farer og risikomomenter som truer. Forskningen ved HI har vist at laks mestrer godt sterk vannstrøm, men det er fortsatt lite kjent om de store havdønningene og uvær påvirker fisken. I eksponerte merder får laksen i prinsippet tilført nytt friskt vann på lik linje merd i tradisjonelle merder langs kysten, men ønsket om å bygge svært store enheter og dispensasjon fra grunnregelen om at maksimalt antall fisk ikke skal overstige 200 000 (§ 47a, Akvakulturdriftsforskriften), gjør at vannkvalitet likevel kan bli en vesentlig risikofaktor. Store enheter kan også bli en utfordring i tilfelle av alvorlige sykdomsutbrudd. En må da ha tilgjengelig logistikk (servicebåter, brønnbåter, etc.) som har kapasitet og evne til å håndtere disse mengdene med fisk.

Nedsenkete merder kan brukes for å unnvike lakseluslarvene som oppholder seg nær overflaten eller store bølger og uvær. Laks har en åpen svømmeblære og må opp til overflaten for å fylle denne. Laks mister luft i svømmeblæren over tid, og kan også slippe ut luft når vis den blir stresset. Over tid vil imidlertid en laks uten luft i svømmeblæren bruke mye energi for å unngå å synke, og kan til slutt bli utmattet og dø av dette. Dette gjør at nedsenkete merder må ha en eller annen form for luftkuppel som laksen kan svømme opp i og fylle luft. Det er usikkert om de ulike løsningene for nedsenkete anlegg som nå utprøves i industrien gir laksen tilstrekkelig muligheter til å fylle svømmeblæren under alle de mulige forhold som kan oppstå. Her viser erfaringer og lærepunkter fra utprøvingen av triploid laks i industrien, at selv om en teknologi kan fungere godt i små- og mellomskala forsøk, så kan situasjonen være en annen under kommersielle forhold, hvor fisken blir utsatt for et komplekst, og delvis stokastisk, nettverk av ulike patogener og risikofaktorer. Snorkelmerder er i prinsippet nedsenkete merder hvor luftkuppelen er erstattet med et stort lusetett rør («snorkel») som laksen kan svømme opp til overflaten gjennom for å få fylt svømmeblæren, og så ned igjen til oppdrettsvolumet. For både snorkelmerder og nedsenkete merder gjelder det at røkterne får mindre kontakt med fisken og at operasjonene rundt røktingen blir mer arbeidskrevende og kompliserte. Totalt sett er det liten tvil om at det er tradisjonell merdteknologi som er best for laksen hvis næringen ikke hadde hatt problemer med lakselus og annen sykdomssmitte mellom anleggene.



Kampen mot lakselus fører til at det stadig utvikles nye avlusingsmetoder, og de siste årene har særlig mekanisk- og termisk avlusing blitt vanlig i næringen. Disse metodene krever at fisken blir trent sammen, pumpet opp i en båt eller lekter og fraktet gjennom et rørsystem, før de blir utsatt for behandlingen, og returnert til merden. Det er godt dokumentert både i de årlige Fiskehelse rapportene og i risikoreportene til HI at disse metodene gir vesentlig risiko for skade og dødelighet hos fisken. Samtidig gjør lovplagte begrensninger i forbindelse med rekefelt at kjemisk behandling mot lus ofte må gjennomføres i brønnbåt. Selv om avlusningsmiddelet i utgangspunktet er trygt for fisken, medfører prosedyrene at laksen må trenes og pumpes opp i en brønnbåt. Risiko for å skade fisken bli dermed lik risikoen forbundet med termisk og mekanisk avlusing. Dette gjelder også avlusing med ferskvann, der fisken må oppholde seg om bord i en brønnbåt i mange timer for at avlusingen skal ha ønsket effekt.

Gjennom intervjuer med næringen har vi fått tilbakemelding fra røktere og fiskehelsebiologer/veterinærer på fiskeoppdrettsanlegg at de ofte føler å være i et krysspress mellom en ledelse som forventer effektivitet og høy produksjon og en forvaltning som har satt en ufravikelig lusegrense med hensyn på fiskehelse og fiskevelferd. For å redusere denne skvisen er det viktig at hovedansvarlig for fiskevelferden er dyreeier, altså selskapet og dens ledelse.

Når forrige stortingsmelding kom, var det søkelys på å få ned bruken av villfisk i fôr til laks. Dette lyktes en med ved å ta i bruk planteingredienser som soyaprotein og planteoljer som rapsolje. En kan argumentere for at introduksjon av disse nye ingrediensene var en forutsetning for industriens vekst, men de førte også til nedsatt tarmhelse og økt behov for en del vitaminer og mineraler. Disse utfordringene har blitt grundig karakterisert og til dels løst, selv om tarmhelsen hos laks i dag fortsatt kan være svært dårlig. Nå er det igjen fokus på alternative fôringredienser, og da med spesielt tanke på å erstatte protein fra Brasiliansk soya. Det er bred enighet om at det ikke finnes en enkelt kilde som kan stå for denne erstatningen, derfor forventer vi at en lang rekke «nye» ingredienser vil bli introdusert i fremtidens fôr. Mange nye ingredienser er allerede introdusert. Med erfaring fra introduksjonen av soya og raps m.fl. er det viktig å ha fokus på fiskens helse og velferd som en konsekvens av disse nye ingrediensene.

Samtidig ser vi at etablert kunnskap om laksens behov for næringsstoffer i mange tilfeller ikke er tilfredsstillende. Tradisjonelt er ernæringsbehov hos fisk etablert i forsøk der fisken lever under optimale forhold. Når fisken blir utsatt for sykdom og eller behandling mot for eksempel lakselus, har vi erfart at behov for enkelte næringsstoffer ikke blir dekket. Det er derfor viktig for fiskens velferd at behov for næringsstoffer blir beregnet ut i fra fiskens reelle behov, dvs et liv med eksponering for skiftende miljøforhold, sykdom, parasitter og behandling som følger.

Fôr til fisk som holdes i lukkede anlegg og RAS systemer er optimalisert for å redusere mengden av en del næringsstoffer i fiskens avføring. Disse fôrene har også tilsetninger som skal gjøre fiskens avføring fastere og dermed lettere å rense ut av anlegget. Disse tiltakene gagnar miljøet med reduserte utslipp, men kan påvirke tilgjengelighet av næringsstoffer hvilket fører til redusert velferd.

Oppdrett av kveite er stabilt lavt og det er kun 3 til 5 aktører på markedet. Det er derfor et neglisjert felt innen forskning, men intern satsing innen HI og et pågående FHF prosjekt ivaretar fokus på arten. Det er ønske om ekspansjon i næringen, hvilket det per i dag er rom for. Det er derfor viktig at kompetanse blir



ivaretatt. Torskeoppdrett er også en næring der industrien ser for seg stor vekst. Torsken det satses på nå er et resultat av 7 generasjoner med avl. Gammel kunnskap om deformiteter er derfor ikke lenger relevant, og må revideres. Det rapporteres også om andre produksjonslidelser, og da spesielt tarmslyng. Tarmslyng fører til at tarmen skades, og fisken dør av infeksjoner som en følge.

Et stort dyrevelferdsproblem i oppdrettsnæringen i dag er bruken av rensefisk. De fleste av de rundt 60 millionene leppefisk og rognkjeks som blir satt ut i merdene blir utsatt for miljøforhold de ikke mestrer og blir syke og dør innen få måneder i anleggene. Havforskningsinstituttets risikorapport viser at oppfyllelsene av velferdsbehoven til rensefisken er langt fra ønsket tilstand. De fleste "rensefiskene" gjør heller ingen nytte som lusespisere. Det kan derfor ikke være i tvil om at holdet av rensefisk ikke oppfyller kravene til godt dyrehold som kreves i Dyrevelferdsloven og Akvakulturforskriften. Manglende håndheving av loven selv i graverende tilfeller av hold og bruk av rensefisk svekker respekten for både lover og forskrifter og dyrenes behov.

Fremover mener vi det er viktig med forskning for å utvikle nye produksjonsformer som har minst mulig negativ effekt på fisken, utvikle mer effektive avlusingsmetoder, og at både næring og forskning tar i bruk standardiserte system for overvåking og rapportering av fiskevelferd. Å ha standardiserte metoder er viktig både fordi det gir økt fokus på fiskevelferd og fordi det da blir lettere å sammenligne fiskevelferd mellom ulike produksjonsformer, mellom ulike behandlingsmetoder, mellom ulike produksjonsområder, mellom ulike forsøk, osv. Her har det nylig foregått et stort utviklingsarbeid finansiert av FHF, hvor HI, Veterinærinstituttet, Nord Universitet og Nofima, i samarbeid med flere fiskehelsetjenesteselskap har laget en standardisert protokoll for operasjonell velferdsovervåking av laks i matfiskanlegg (LAKSVEL, Rapport fra havforskningen 2022-14). Målet med protokollen er at den skal bli brukt av forvaltning, næring og fiskehelsebiologer og veterinærer til å sikre og dokumentere fiskevelferd på en standardisert og sammenlignbar måte. Tilsvarende protokoller er også ønskelig for andre arter og stadier av produksjonen.

Havforskningsinstituttet har lang erfaring i å utvikle nye produksjonsmetoder og nye behandlingsmetoder og forebyggende tiltak mot f.eks. lakselus. Vi har også mange prosjekt der vi i samarbeid med næringen dokumenterer effekter av ny teknologi på fiskevelferd og prøver generelt å utføre forskning som skal gi bedre fiskevelferd i næringen. Det er et uttalt mål at Norge skal bruke så få forsøksdyr som mulig. Spørsmålet er om denne målsetningen er med på å hindre at ny teknologi og metoder blir testet i gode vitenskapelige forsøk og dokumentert godt nok. I motsetning til de tradisjonelle laboratoriemusene som brukes som dyremodeller for mennesker, er de fleste forsøkene med oppdrettsfisk gjort for å sikre og bedre oppdrettsfiskenes velferd.

Fisk som forsøksdyr

Det er et uttalt mål at Norge skal bruke så få forsøksdyr som mulig. Det finnes to typer alternativer til dyreforsøk: celled modeller (*in vitro*, «i laboratoriet») og kunnskapsbaserte datamodeller (*in silico*, «i datamaskinen»). Det er allerede vist at disse metodene har et større analysepotensiale enn forsøksdyr baserte studier. USA har derfor satt 2035 som sluttdato for bruk av dyreforsøk til å



teste helseskadelige kjemikalier på pattedyr, og allerede fra 2025 vil bruken av dyreforsøk reduseres med 30 prosent. Nederlandske myndigheter har satt seg et mål om å fase ut bruk av dyreforsøk i risikovurdering av kjemikalier, næringsstoff, sprøytemidler og medisiner innen 2025, etter anbefaling av en rapport av Nederlands nasjonale komite for beskyttelse av dyr i forskning. I 2021 ble det bestemt at EU skal utvikle en plan for å eliminere bruken av dyr i risikovurderinger og har bevilget det store summer for å utvikle dyrefrie metoder.

Norge bør derfor utvikle en strategi for overgangen til dyrefri testing. Havforskningsinstituttet har i flere prosjekter brukt lakseceller til å identifisere virkningsmekanismene til uønskede forbindelser, som plantevernmiddelet pirimifosmetyl, før vi kjører storskala lakseforsøk på levende laks for å bekrefte effektene identifisert i de innledende celleforsøkene. Vi har også tatt i bruk datamaskinbaserte (*in silico*) modelleringsmetoder, som for eksempel kvantitative struktur-aktivitetsforhold (QSAR)-modeller, til å velge ut uønskede forbindelser som behøver videre evaluering for å identifisere virkningsmekanismene i laks.

Ønsket om dyrefri testing må imidlertid ikke gjelde når det kommer til uttesting av nye metoder for akvakultur. Her må grunnprinsippet være at metodene først blir sannsynliggjort å være egnet ut fra tilgjengelig kunnskap, og deretter en gradvis oppskalering i småskala, mellomskala, og deretter storskala forsøk. På denne måten kan en sikre at metodene er best mulig dokumentert på et begrenset antall dyr før de blir tatt i bruk av industrien på millioner av dyr.

Velferdsutfordringer innen fiskeriene

Stortingsmeldingen fra 2003 omfattet i liten grad villfisk med unntak av et kort kapittel om fang og slipp fiske. I Dyrevelferdsloven fra 2009 er det ikke gjort et skille mellom vill og oppdrettet fisk, men fiskerinæringen og rekreasjonsfisket har hatt lite fokus på fiskevelferd. Et unntak er imidlertid fangstbasert akvakultur hvor fiskevelferd har vært et sentralt tema. I fiskeriene står en ovenfor utfordringen at de fleste fangstmetodene våre i større eller mindre grad påfører individene stress og møter ofte ikke kravene til human avliving av dyr som stilles for eksempel i fiskeslakterier.

I Norge fiskes årlig mellom 20 og 30 milliarder fisk, men det er forsket lite på fiskevelferd i fangstprosessen, og dette er lite fremmet i fiskeriforskning og –forvaltning. Fangst (inkludert bifangst) inkluderer hundrevis av ulike arter fra ulike taksonomiske grupper med ulike velferdskrav. Kombinasjonen av et stort spenn i fangstmetoder (trål, snurrevad, snurpenot, garn, juksa, line, teine og ruse) i ulike miljøer (dyp, temperatur, værforhold, tid på døgnet, sesong), samt den enkelte arts respons på stressorer, gjør at fiskevelferd i fiskeriene er et stort og komplekst tema. Det er imidlertid økende vitenskapelig støtte for at mer bevissthet rundt dyrevelferd vil kunne forbedre både etikk, bærekraft og produktkvalitet i fiskeriene. Under fangst påvirkes dyr på flere måter som kan føre til redusert velferd. Eksempler på dette er trenging, utmattende svømming, hypoksi, termisk sjokk og fysiske skader. I fiskeriene påvirkes i tillegg til målart også individer som ikke benyttes (dvs. bifangst) på grunn av at redskapene er lite selektive på art eller



størrelse. I denne sammenheng bør en velge å prioritere individer som selekteres ut av redskap og lever videre siden disse individene vil påvirkes lengre av fangststress enn de som tas om bord og avlives.

I §20 i Lov om dyrevelferd fastslåes det at: "jakt, fangst og fiske skal utøves på en dyrevelferdsmessig forsvarlig måte", mens §12 sier at "Avliving av dyr og håndtering i forbindelse med avlivingen skal skje på dyrevelferdsmessig forsvarlig måte". Måten fiskeredskapene fungerer på i dag og fangsprosedyrer medfører som nevnt ovenfor at fisk stresses og sjelden påføres individene bevissthetstap før slaktning og prosessering. Utvikling av velferdsfokuserte fiskeri vil by på en rekke utfordringer av både teknisk, praktisk og økonomisk art og det vil kreve store investeringer i forskning og utvikling av ny fangstteknologi. Sentralt i dette arbeidet vil det være å vise til at utvikling av god velferdspraksis ikke bare er etisk korrekt, men også har potensiale til å gjøre fiskeriene mer bærekraftige (reduere uønsket fangst og utilsiktet dødelighet) og lønnsomme (høy produktkvalitet). Fokus på sammenhengen mellom god velferd og høy produktkvalitet kan medføre sterke insentiver blant ulike interessehavere til å innføre velferdsbevist praksis ved å utvikle markeder for høy-kvalitet og etisk høstet mat.

En annen velferdsutfordring i fiskeriene er såkalt spøkelsesfiske hvor fisk og krepsdyr som fanges i tapte garn og teiner til slutt vil dø av sult eller predasjon dersom det ikke finnes rømmingsmuligheter. Det står store mengder dyr fanget i tapte redskaper langs kysten og i havområdene våre. I Raet nasjonalpark har HI estimert at det til enhver tid står rundt 6500 krabber, 3000 fisk og 500 hummer fanget i tapte fiskeredskaper. Raet utgjør 6 % av Skagerrakkysten (som igjen utgjør en liten del av norskekysten) <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/januar/her-ligger-trolig-10-000-tapte-fiskeredskaper>. For å hindre at tapte teiner skal fortsette å fiske er det for en rekke fiskerier påbudt med rømmingshull (innført for taskekrabbe, kongekrabbe, hummer, kreps og leppefisk) sydd igjen med nedbrytbar tråd (ubehandlet bomullstråd) som slipper ut fangsten etter en viss tid i sjøen. Valg av trådtype med tanke på holdbarhet og nedbrytningstid er et kompromiss mellom redusert omfanget av spøkelsesfiske og bedre dyrevelferd (kort nedbrytningstid) og hva som er praktisk og økonomisk for fiskeriene (lang holdbarhet). På sikt bør det utvikles rømmingshull som tilpasses til maksimal tillatt ståtid i fiske. For garn er det vanskelig å immobilisere dersom de går tapt. Utvikling av nedbrytbare garn vil kunne redusere spøkelsesfiske og effekter på dyrevelferd på lang sikt, men ikke kort. Både for teine og garn utføres det årlige oppryddingstokt av Fiskeridirektoratet. En studie basert på et slikt oppryddingstokt (Humborstad m.fl. 2021) viste at tapte teiner i snøkrabbefiskeriene har potensiale til å fiske lenge etter at teinene ble satt (1,5 år).

Vi (Norge og resten av verden) er avhengige av fiskeriene for vår matsikkerhet og dette gjør at å forby eller innføre restriksjoner i fiskeri uten å foreslå gode velferdsmessige, økonomiske og bærekraftige alternativer ikke er en farbar vei. Det er politisk og moralsk vilje til større fokus på fiskevelferd i fiskeriene, men skal dette implementeres kreves det grunnleggende forskning og utvikling. Norge har økonomiske og menneskelige ressurser til å gå front for å utvikle et mer etisk forsvarlig og bærekraftig fiskeri der vi viser økt respekt for fisk og skalldyr som individer og ser de som mer enn en "ressurser".

En mer detaljert gjennomgang av fiskevelferd i fiskeriene er gitt i Breen mfl. (2020).

Breen M, Anders N, Humborstad OB, Nilsson J, Tenningen M and Vold A 2020. Catch welfare in commercial fisheries In Kristiansen TS, Fernö A, Pavlidis M, Van de Vis, H. (eds). The Welfare of Fish (pp.401-437). Springer, Cham



Humborstad OB, Eliassen LK, Siikavuopio SI, Løkkeborg S, Ingolfsson OA and Hjelset AM 2021. Catches in abandoned snow crab (*Chionoecetes opilio*) pots in the Barents Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 113001. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113001>

Se også Appendix 1 for mer detaljert beskrivelse av problemstillinger relatert til fiskevelferd i fiskeriene.

Fangstbasert akvakultur - et spesialtilfelle.

Fiskevelferd i fiskeriene er lite studert, men Fangstbasert akvakultur (FBA) er ett område som skiller seg ut. FBA kombinerer fiskeri med akvakultur for å holde fangsten levende for kortere eller lengre tidsrom enten til direkte slaktning eller for videre oppføring. Fiskevelferd er spesielt viktig i FBA da håndtering og tilpasning til levendelagring kommer i tillegg til stress påført under fisket og varigheten av menneskelig påvirkning øker dramatisk fra minutt og timer i tradisjonelt fiske til dager og måneder i FBA.

Internasjonalt er det mange arter alt fra krepsdyr til tunfisk som benyttes i FBA. Mens levendelagring (låssetting) av ulike arter i pelagiske fiskerier (sild, makrell, brisling, og sei) har lange tradisjoner i Norge er det spesielt FBA av torsk som har fått fokus de siste 20 årene. Siden starten av FBA av torsk på 90-tallet har reguleringen av FBA vært velferdssentrert, hvor fiskere må dokumentere at de har kompetanse og har utstyr og fartøy til å føre levende fisk. Det har også vært en rekke studier for å studere og forbedre fiskevelferd i FBA av torsk. Innen FBA er det en forutsetning for suksess at fiskevelferden optimaliseres i alle faser fra fangst, føring i fartøy og lagring/oppføring i merd. En konseptuell metode for å forbedre fiskevelferd i fiskeriene er derfor å fiske som om man skal lagre fangsten levende.

Innen FBA i bred forstand (alt fiskeri hvor arten holdes levende etter fangst) er det behov for å gjennomføre studier med fokus på fiskevelferd for en rekke arter i Norge. På krepsdyr er det spesielt snøkrabbe/kongekrabbe men også taskekrabbe, hummer og kreps hvor det allerede fiskes og føres levende til land i tillegg til bufferlangring om bord og i oppsamlingsbur. En annen art som er på full fart inn i fiskeriene igjen i Norge er makrellstørje, hvor en av forutsetningene for å få økonomi i fisket (erfaring fra andre steder i verden) er levendelagring. I tillegg til disse er det også en rekke andre ulike fiskerier hvor fangsten holdes levende enten ombord for bufferlagring (eks hyse,) og/eller levendeleveranse til kai eller oppsamlingsbur (eks torsk fra ruser, garn og teiner).

En mer detaljert gjennomgang av fiskevelferd i FBA er gitt i Humborstad mfl. (2020).

Referanse: Humborstad OB, Noble C, Sæther BS, Midling KØ, Breen M 2020. Fish welfare in capture-based aquaculture (CBA). In Kristiansen TS, Fernö A, Pavlidis M, Van de Vis, H. (eds). *The Welfare of Fish* (pp.439-462), Springer, Cham.

Velferd hos krepsdyr

Også krepsdyr ble i liten grad behandlet i forrige Stortingmelding. Det eneste som var nevnt var forbud mot utstilling av levende dyr i butikkvinduer, og levendelagring av hummer. Siden tifotkreps er inkludert i Dyrevelferdsloven, samt at nyere forskning tyder på at krepsdyr også kan føle smerte og ubehag vil også velferden til tifotkreps være et nødvendig forsknings og forvaltningsområde. I Norge er det i hovedsak dypvannsreker, kongekrabbe, snøkrabbe, taskekrabbe, sjøkreps, og hummer som er aktuelle arter for fangst. I tillegg er åtseletere som krabber, sjøkreps og hummer svært utsatt for spøkelsesfiske i tapte garn



og teiner. Aktuelle temaer for pågående og videre forskning og utvikling er velferdsvennlige fangst og bedøvnings/avlivingsmetoder, levendelagring, levede transport og omsetning, samt metodikk og lovgiving som forhindrer spøkelsesfiske. For å vurdere hvilke belastninger krepsdyrene utsettes for trenger også mer grunnleggende kunnskap om krepsdyrenes neurobiologi, sansebiologi, og stressfysiologi.

Referanse: van der Meeren, G.I., Woll, A.K., & Sjøvik, G. 2008. En utredning for Mattilsynet for kunnskapsstøtte om anatomi og fysiologi hos tiftokreps, med vekt på nervesystem og velferd. Rapport fra Havforskningsinstituttet nr. 6-2008, juli 2008: 62 s.

Fritidsfiske

Fritidsfiske i sjøen er svært populært i Norge, og rundt en tredjedel av befolkningen fisker i sjøen minst en gang i året. Det å høste fra sjøen til matauk har en lang tradisjon, og er forankret i allemannsretten. Hvordan fisken blir fanget og håndtert etter fangsten har betydning for fiskevelferden. For å redusere negative påkjenninger for fisken er det viktig at de som delta i fritidsfiske har kunnskap om hvordan fisket skal gjennomføres og hvordan fisken skal behandles. Slik kunnskap kan oppnås både gjennom læring fra andre fiskere, men også informasjonsmateriell som er basert på den beste tilgjengelige kunnskapen. For eksempel kan valg av type sluk og krok redusere krokskader og uønsket bifangst. Om fisken skal høstes så er det viktig at den avlives fort etter fangsten på en korrekt måte, noe som fører til både bedre fiskevelferd og kjøttkvalitet. Om fisken skal slippes ut igjen på grunn av reguleringer eller personlige grunner (for eksempel feil størrelse eller art), er det nødvendig å vurdere hvordan arten blir påvirket av å bli fanget og sluppet ut. Noen arter blir mindre påvirket enn andre arter, og overlevelsen etter å ha blitt sluppet ut er både arts- og fiskerispesifikk. Studier gjennomført av Havforskningsinstituttet viser for eksempel at torsk og kveite overlever fang-og-slipp så lenge de blir behandlet på en korrekt måte, mens andre arter har mindre overlevelsessjanser. Ikke-dødelige effekter av fang-og-slipp er også viktig i et dyrevelferdsperspektiv, og studier viser at effektene er avhengig av mange faktorer, men at disse for flere arter kan reduseres til et minimum om fang-og-slipp gjøres på en riktig måte. Kunnskapsbasert opplæring av fritidsfiskere vil kunne bidra til økt dyrevelferd både i fangstprosessen og når fisken blir høstet eller sluppet ut igjen.

En mer detaljert gjennomgang av fiskevelferd i fritidsfiske er gitt i Ferter mfl (2020).

Referanse: Ferter, K., Cooke, S.J., Humborstad, O.B., Nilsson, J., Arlinghaus, R. (2020). Fish Welfare in Recreational Fishing. In: Kristiansen, T., Fernö, A., Pavlidis, M., van de Vis, H. (eds) *The Welfare of Fish. Animal Welfare*, vol 20. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41675-1_19

Velferd hos blekksprut

Blekksprut har vist seg å være dyr med et vidt spekter av adferd og læringsevner, og et avansert sentralnervesystem som tyder på at de er beviste på et høyere nivå enn tidligere antatt (Birch et al. 2021). Gjennom meldinger fra media, og via Havforskningsinstituttets folkeforskerportal Dugnad for Havet, ser ut som det er blitt mer av flere av artene, der særlig nordlig kalmar, *Loligo forbesii*, ganske hyppig krones av fritidsfiskere. Det er dessuten ofte funn av eggposer med blekksprutegg på teiner, garn og tau i sjøen. Lett tilgjengelig kunnskap og informasjon om best mulig håndtering og avlaving av blekksprut mangler. Vi



mangler også kunnskap om hold og kultivering av blekksprut i fangenskap, men foreløpig er blekksprutoppdrett lite relevant i Norge.

Ref: Birch, J., Burn, C., Schnell, A., Browning, H, Crump, A. Review of the Evidence of Sentience in Cephalopod Molluscs and Decapod Crustaceans. Report commissioned by The London School of Economics and Political Science, November 2021 <https://www.lse.ac.uk/news/news-assets/pdfs/2021/sentience-in-cephalopod-molluscs-and-decapod-crustaceans-final-report-november-2021.pdf>

APPENDIX 1: Commercial Wild Fish Capture (contributors: Mike Breen, Neil Anders & Odd-Børre Humborstad)

Commercial wild capture fishing currently produces total global catches of approximately 90-100 million tonnes per annum (Watson & Tidd, 2018, FAO 2022). These catches are estimated to account for the deaths of between 0.79 and 2.3 trillion aquatic, wild animals per year, which far exceeds the numbers of terrestrial animals slaughtered for human use (Eurogroup for Animals, 2021). There is a large body of scientific evidence demonstrating that commercial fishing practices can be severely stressful and injurious for animals in both retained and released catches (see reviews: Breen et al, 2020; Veldhuizen et al, 2018). Despite this scale and severity, animal welfare in commercial catches is under-researched and rarely promoted within fisheries management (Kaiser & Huntingford, 2009; Metcalfe, 2009). There is, however, growing evidence that the introduction of welfare-conscious fishing practices could lead to ethical, sustainability and product quality improvements in wild capture fisheries (Breen et al, 2020).

Norway is currently the 9th most productive nation in wild capture fisheries, with a catch of 2.45 million tonnes in 2020 (FAO, 2022); equating to over 24 billion aquatic wild animals. Under the Norwegian Animal Welfare Act [2009, Regulation §3], animals have an intrinsic value and should be protected from unnecessary stress and trauma. Accordingly, Regulation §20 states that: “hunting, catching and fishing shall be carried out in such a way as to be conducive with appropriate animal welfare standards”, while Regulation §12 outlines that animals in human custody must be rendered immediately unconscious prior to killing. Despite this, animals routinely experience stressors such as crowding, fatigue, hypoxia, thermal-shock and physical injury during wild capture, and are rarely rendered unconscious prior to slaughter or processing in commercial fisheries (Breen et al, 2020).

The stress experienced during wild capture can be severe enough to induce significant mortality amongst animals encountering fishing gears from several, often unaccounted, sources, including: discarded and slipped, unwanted catches (Breen and Catchpole 2021; Huse & Vold, 2010; Tenningen et al, 2012); ghost fishing (Brown and Macfadyen 2007; Macfadyen et al. 2009); selective escapees (Breen et al, 2007; Ingolfsson et al. 2007; Suuronen 2005); and collateral impacts on benthic habitats and communities



(Eigaard et al. 2015; Buhl-Mortensen et al. 2013; Shephard et al. 2014). Such unaccounted mortality threatens the sustainable management of marine resources (Chopin et al. 1996; Breen & Cook, 2002; ICES 2005; Gilman et al. 2013). Furthermore, stress immediately prior to slaughter has been demonstrated to reduce flesh quality (Poli et al., 2005), including in several fish species caught in Norway: Atlantic cod (*Gadus morhua*) (Digre et al. 2010; Kristoffersen et al. 2006; Olsen et al. 2008; Stien et al. 2005), Atlantic herring (*Clupea harengus*) (Roth, & Skåra, 2021), Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) (Anders et al, 2020 & in review); haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) (Digre et al. 2010; Karlsson-Drangsholt et al. 2017), and turbot (*Scophthalmus maximus*) (Morzel et al. 2003). This reduced quality not only has the potential to reduce the value of landed catches (Sogn-Grundvåg et al, 2019), but also the storage and shelf life of fisheries products (Anders et al, in review); thereby increasing wastage and further impacting sustainability. Therefore, irrespective of the sentience of aquatic animals, the introduction of welfare conscious fishing practices that minimise stress has the potential to improve both sustainability and quality of the landed catch.

For several reasons, it should be recognised that the introduction of good catch welfare practices to commercial wild capture fisheries will be challenging (Breen et al, 2020). Catches (including unwanted bycatch) are comprised of hundreds of different species from a wide range of taxa, all of which will have different welfare needs. The wide variety of capture methods (e.g. trawls, seines, gillnets, longlines, traps, pots) and environments (e.g. depth, temperature, weather conditions, time of day and season) means fishing operations can induce an array of different stressors on animals (Veldhuizen et al, 2018; Breen et al, 2020). The response of individual animals also depends on many different factors, including species, biological development and the degree of exposure to stressors (Sopinka et al., 2016). Target species are often “non-charismatic” and their treatment during capture has historically held little interest with the general public (Glas et al, 2019; Lundberg et al, 2019). Concurrent with this is the continuing debate on whether fish and other aquatic animals are “sentient”, and therefore if they warrant the implementation of good welfare practices at all (Freeling & Connell, 2021). Furthermore, replacing or adapting current fishing methods with more welfare-conscious practices is likely to initially impact upon productivity, profitability and employment, and therefore is likely to be resisted by the industry and other stakeholders (Browman et al, 2019). Beyond this, commercial wild-capture fisheries remain an essential component of global food security (HLPE, 2014), meaning banning, restricting or replacing unsuitable practices is likely to be politically unpalatable. It can therefore be seen that, even given moral and political will to introduce welfare-conscious fishing practices, there are still issues of scale, complexity and practicality that could make them technically and economically prohibitive.

Not surprisingly, therefore, there here has up to now been little political or financial investment in determining: (i) the extent of; (ii) the severity of; or (iii) possible solutions to, the negative animal welfare impacts of commercial fishing. The development and implementation of good welfare practices for different fisheries will require a thorough, research-based assessment of the severity and timing of stressors, including their impacts upon animals. To achieve this, it will be necessary to develop technological solutions for monitoring stressors and appropriate scientific methods for determining



welfare, analogous to Operational Welfare Indicators (OWIs) used in aquaculture (Noble et al, 2018). This knowledge and toolkit could then be used to identify how and when in the capture process mitigating measures could be applied to improve welfare most effectively. A preliminary, risk assessment-based review of welfare in several fishing methods (trawl, gillnets and pots) identified catch handling and slaughter as a priority area for future research (Breen et al, 2020). In addition, it is expected that continued research and implementation of measures to reduce unwanted catches will significantly improve the welfare of the unwanted components of the catch in some fisheries. Such efforts may also have synergistic benefits for the retained catch (Breen et al, 2020; Kennelly & Broadhurst, 2021). It may be necessary to prioritise the welfare of discarded or escaped individuals over the retained catch, because these animals may live with reduced welfare much longer than fish that are slaughtered. Furthermore, the long-term survival of released animals is likely to be beneficial for the sustainability of the fishery.

In conclusion, the development of good welfare practices in commercial capture fisheries is not just ethically sound, but has potential to make fisheries more sustainable (by reducing unwanted catches and collateral mortality) and profitable (by improving meat quality and product shelf-life). This will require dedicated investment in the science and technology needed to properly characterise the welfare impacts of current commercial fishing practices on all components of the catch, as well as devise effective mitigation measures. Demonstrating the inherent link between good welfare and meat quality could provide a strong incentive for stakeholders to adopt welfare conscious practices, by creating premium markets for high-quality and ethically harvested food products. To further facilitate this link, ethical harvesting practices could be incentivised through product certification schemes, e.g. Marine Stewardship Council (Breen et al, 2020; Reis et al, 2021). This approach to good catch welfare is analogous to the broader One Welfare concept, which highlights the intrinsic synergies between animal welfare, human well-being and environmental conservation (Pinillos et al., 2016).

References

- Anders, N., Eide, I., Lerfall, J., Roth, B., & Breen, M. (2020). Physiological and flesh quality consequences of pre-mortem crowding stress in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *PLoS one*, 15(2), e0228454.
- Anders, N., Breen, M., Skåra, T., Roth, B. & Sone, I. In review. Effects of capture-related stress and pre-freezing holding in refrigerated sea water (RSW) on the muscle quality and storage stability of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) during subsequent frozen storage. Submitted to *Food Chemistry* 22 June 22.
- Breen, M. and Cook, R. (2002). Inclusion of Discard and Escape Mortality Estimates in Stock Assessment Models and its likely impact on Fisheries Management. *ICES CM 2002/V: 27*, 15pp.
- Breen, M. and Catchpole, T. (Eds.). 2021. *ICES guidelines for estimating discard survival*. ICES Cooperative Research Reports No. 351. 219 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8006>
- Breen, M., Huse, I., Ingolfsson, O.A., Madsen, N., and Soldal, A.V. 2007. *Survival: An assessment of mortality in fish escaping from trawl codends and its use in fisheries management*. Final Report on EU contract Q5RS-2002-01603, 300 pp.
- Breen, M., Anders, N., Homborstad, O.-B., Nilsson, J., Tenningen, M. and Vold, A. (2020): Catch welfare in commercial fisheries. In *The Welfare of Fish* (eds. T. Kristiansen, A. Fernö, M. Pavlidis and H. van de Vis). Springer, Heidelberg, Germany, pp 439-462.



- Browman, H. I., Cooke, S. J., Cowx, I. G., Derbyshire, S.W. G., Kasumyan, A., Key, B., et al. (2019). Welfare of aquatic animals: where things are, where they are going, and what it means for research, aquaculture, recreational angling, and commercial fishing. *ICES J. Mar. Sci.* 76, 82–92. doi: 10.1093/icesjms/fsy067
- Brown J, Macfadyen G (2007) Ghost fishing in European waters: impacts and management responses. *Mar Pol* 31:488–504
- Buhl-Mortensen L, Aglen A, Breen M, Buhl-Mortensen P, Ervik A, Husa V, Løkkeborg S, Røttingen I, Stockhausen HH (2013) Impacts of fisheries and aquaculture on sediments and benthic fauna: suggestions for new management approaches. *Fisken og Havet* 3, 69 pp
- Chopin F, Inoue Y, Arimoto A (1996) Development of a catch mortality model. *Fish Res* 25:377–382
- Digre, H., Hansen, U.J. & Erikson, U. 2010. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* *Fisheries Science* (2010) 76: 549. doi:10.1007/s12562-010-0254-2
- Eigaard OR, Bastardie F, Breen M, Dinesen GE, Hintzen NT, Laffargue P, Mortensen LO, Nielsen JR, Nilsson HC, O'Neill FG, Polet H, Reid DG, Sala A, Skóld M, Smith C, Sørensen TK, Tully O, Zengin M, Rijnsdorp AD (2015) Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. *ICES J Mar Sci* 73:i27. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv099>
- Eurogroup for Animals, 2021. Catching Up: Fish Welfare in Wild Capture Fisheries. https://www.eurogroupforanimals.org/files/eurogroupforanimals/2021-12/2021_01_12_eurogroup_for_animals_wild_fisheries_report_updated.pdf
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Freeling BS and Connell SD (2021). Animal Minds, Social Change, and the Future of Fisheries Science. *Front. Mar. Sci.* 8:684841. doi: 10.3389/fmars.2021.684841
- Glas, Z.E., Getson, J.M. & Prokopy, L.S. (2019) Wildlife value orientations and their relationships with mid-size predator management, *Human Dimensions of Wildlife*, 24:5, 418-432, DOI: 10.1080/10871209.2019.1622820
- Gilman E, Suuronen P, Hall M, Kennelly S (2013) Causes and methods to estimate cryptic sources of fishing mortality. *J Fish Biol* 83:766–803. <https://doi.org/10.1111/jfb.12148>
- HLPE (2014) Sustainable fisheries and aquaculture for food security and nutrition. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome 2014. <http://www.fao.org/3/a-i3844e.pdf>
- Huse, I. and Vold, A. 2010. Mortality of mackerel (*Scomber scombrus* L.) after pursing and slipping from a purse-seine. *Fish Res.*, 106(1), pp.54–59.
- ICES (2005) Joint report of the study group on unaccounted fishing mortality (SGUFM) and the workshop on unaccounted fishing mortality (WKUFM). ICES CM 2005/B:08
- Ingolfsson, O. A., Soldal, A.V., Huse, I., Breen, M., 2007. Escape mortality of cod, saithe and haddock in a Barents Sea trawl fishery. *ICES J. Mar. Sci.* 64, 1836–1844.
- Kaiser, M.J. & Huntingford, F.A., 2009. Introduction to papers on fish welfare in commercial fisheries. *J. Fish Biol*, 75, 2852-2854.
- Karlsson-Drangsholt, A., Svalheim, R.A., Aas-Hansen, Ø., Olsen, S.H., Midling, K., Breen, M., Grimsbø, E. & Johnsen, H.K. (2017). Recovery from exhaustive swimming and its effect on fillet quality in haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Fish Res.*, 97, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.09.006>.
- Kennelly, S. J., and Broadhurst, M. K. (2021). A review of bycatch reduction in demersal fish trawls. *Rev. Fish Biol. Fish* 31, 289–318. doi: 10.1007/s11160-021-09644-0
- Kristoffersen S., Tobiassen T., Steinsund V. & Olsen R.L. 2006. Slaughter stress, post-mortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Int. J. Food Sci. & Tech.*, 41, 861-864.



- Lundberg, P., Vainio, A., MacMillan, D.C., Smith, R.J., Veríssimo, D. and Arponen, A. (2019), The effect of knowledge, species aesthetic appeal, familiarity and conservation need on willingness to donate. *Anim Conserv*, 22: 432-443. <https://doi.org/10.1111/acv.12477>
- Macfadyen G, Huntington T, Cappell R (2009) Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. UNEP regional seas reports and studies, no. 185. FAO fisheries and aquaculture technical paper, no. 523. Rome, UNEP/FAO, 115 p
- Metcalf, J.D., 2009. Welfare in wild capture marine fisheries. *J. Fish Biol*, 75, 2855-2861.
- Morzell, M., Sohler, D. and Hans Van de Vis, H. 2003. Evaluation of slaughtering methods for turbot with respect to animal welfare and flesh quality. *J. Sci. Food Agric.*, 82, 19–28 DOI: 10.1002/jsfa.1253
- Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L. H. & Turnbull, J. F. (Eds.) (2018). *Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare* 351pp.
- Norwegian Government (2009). *Animal Welfare Act [2009]*. Ministry of Agriculture and Food. Enacted 10July2009. <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/animal-welfare-act/id571188/>
- Olsen, S. H., Sørensen, N. K., Larsen, R., Elvevoll, E. O., & Nilsen, H. 2008. Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) measured chemically and by visible and near-infrared spectroscopy. *Aquaculture*, 284(1), 90-97.
- Pinillos, R.G., Appleby, M.C., Manteca, X., Scott-Park, F., Smith, C. and Velarde, A. (2016), One Welfare – a platform for improving human and animal welfare. *Veterinary Record*, 179: 412-413. <https://doi.org/10.1136/vr.i5470>
- Poli BM, Parisi G, Scappini F, Zampacavallo G. 2005. Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquac Int*. 2005; 13: 29–49. <https://doi.org/10.1007/s10499-004-9035-1>
- Reis, G.G., Molento, C.F.M. & Souza, A.P.O. 2021. Governance and Standardization in Fish Value Chains: Do They Take Care of Key Animal Welfare Issues?. *J Agric Environ Ethics* 34, 30 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10806-021-09870-3>
- Roth, B., & Skåra, T. (2021). Pre mortem capturing stress of Atlantic herring (*Clupea harengus*) in purse seine and subsequent effect on welfare and flesh quality. *Fisheries Research*, 244, 106124
- Shephard S, Minto C, Zölk M, Jennings S, Brophy D, Reid D (2014) Scavenging on trawled seabeds can modify trophic size structure of bottom-dwelling fish. *ICES J Mar Sci* 71:398–405
- Sogn-Grundvåg, G., Asche, F., Zhang, D. & Young, J.A. (2019). Eco-labels and product longevity: The case of whitefish in UK grocery retailing, *Food Policy*, Volume 88, 2019, 101750, ISSN 0306-9192, <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.101750>.
- Sopinka, N. M., Donaldson, M. R., O'Connor, C. M., Suski, C. D., & Cooke, S. J. (2016). Stress indicators in fish. In *Fish physiology* (Vol. 35, pp. 405-462). Academic Press.
- Stien L., Hirmas E., Bjørnevik M., Karlsen Ø., Nortvedt R., Rørå, A.M.B., Sunde J. & Kiessling A. 2005. The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor chilled farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research*, 36, 1197
- Suuronen P (2005) Mortality of fish escaping trawl gears. FAO fisheries technical paper, 478, 72 p
- Tenningen, M., Vold, A., Olsen, R.E., 2012. The response of herring to high crowding densities in purse-seines: survival and stress reaction. *ICES J. Mar. Sci.* 69: 1523-1531.
- Watson, R.A. & Tidd, A. 2018 Mapping nearly a century and a half of global marine fishing: 1869–2015, *Marine Policy*, Volume 93, 2018, Pages 171-177, ISSN 0308-597X, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.023>.
- Veldhuizen, L. J. L., Berentsen, P. B. M., de Boer, I. J. M., van de Vis, J. W. & Bokkers, E. A. M. (2018). Fish welfare in capture fisheries: A review of injuries and mortality. *Fisheries Research* 204, 41–48.